Heft 87
Neubiberg, 2012

Festschrift für Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner

anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst

Herausgegeben von

Dieter Beineke,
Otto Heunecke,
Thomas Horst,
Uwe G. F. Kleim

SCHRIFTENREIHE

INSTITUT FÜR GEODÄSIE

Universität der Bundeswehr München

Heft 87
Neubiberg, 2012

Festschrift für
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner

anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst

Herausgegeben von

Dieter Beineke,
Otto Heunecke,
Thomas Horst,
Uwe G. F. Kleim

SCHRIFTENREIHE

INSTITUT FÜR GEODÄSIE

der Bundeswehr
Universität München

Der Druck dieses Heftes wurde aus Haushaltsmitteln der Universität der Bundeswehr München gefördert.

Auflagenhöhe: 150

Hergestellt an der Professur für Kartographie und Topographie des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München.

Redaktion:
Dr.-Ing. DIETER BEINEKE / Dr. phil. THOMAS HORST, M.A. / Dipl.-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM

Textverarbeitung und Layout:
Dipl.-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM

Bildverarbeitung:
Dr.-Ing. DIETER BEINEKE / Dipl.-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM

Druck:
Rechenzentrum der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

Einbanddruck:
Böckmann & Burgstaller GbR, Putzbrunn

Bindearbeiten:
Buchbinderei Volkmar Leibl, Planegg

Herausgeber der Schriftenreihe:
Institut für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München

Die inhaltliche Verantwortung der einzelnen Beiträge dieser Veröffentlichung liegt bei den jeweiligen Autoren.

Bezugsnachweis:

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften
Institut für Geodäsie
D - 85577 Neubiberg

ISSN 0173 - 1009

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort 9

Kurt Brunners Lebensweg – Vom Lehrling zum Professor 11

Fachbeiträge

Beineke, Dieter

Die Loxodromen auf Gerhard Mercators Erdglobus von 1541 –
Eine Genauigkeitsanalyse 15

Buchroithner, Manfred

Cogito ubi sum
Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten (und deren Benutzung !) 31

Caspary, Wilhelm

Der Bruchpunkt von Schätzern 39

Eissfeller, Bernd

Real Time Kinematic and Precise Point Positioning – Status and Trends 47

Forstner, Gustav

Die Grenzen des Herzogtums Kärnten in alten Karten 59

Hafeneder, Rudolf

Der Beitrag des Militärs zur Kartographie Deutschlands
im 19. und 20. Jahrhundert 73

Hell, Günter

Interaktive Präsentationsformen von 3D-Visualisierungen in Echtzeit 85

Heunecke, Otto

Raum- und zeitkontinuierliche Ansätze zur messtechnischen Erfassung
von Deformationsprozessen 95

Horst, Thomas

Der Memminger Arzt Jakob Stopel († 1535)
und sein humanistisch geprägtes Umfeld
Kulturhistorische Betrachtungen zum *„Repertorivm in Formam Alphabeticam”* von 1519 109

Seite

Kleim, Uwe G. F.

Untersuchung kartographischer Darstellungen auf Briefmarken der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel von Weltkartenmotiven 131

Krack, Klaus

Lösung traditioneller Einschneideaufgaben mithilfe der Wissensdatenbank von *Mathematica*® 149

Mayer, Helmut

Von Photogrammetrie und Fernerkundung zu Visual Computing 157

Musall, Heinz

Augustin Lubins *„Mercure géographique“* von 1678 167

Reichenbacher, Tumasch

Kartographie in der mobilen digitalen Welt 179

Reinhardt, Wolfgang

Zur Qualität und Usability von Geo Web Services 189

Rickenbacher, Martin / Kager, Helmut

Geometrische Bildanalysen am Beispiel des *„Prospect Geometrique“* von Micheli du Crest von 1754 197

Schulz, Siegmund

Van der Grintens Erdabbildungen in Weltatlanten 213

Strasser, Ulrich

AMUNDSEN – ein physikalisch basiertes Simulationsmodell für hydroklimatologische Prozesse in Hochgebirgs-Einzugsgebieten 223

Svatek, Petra

„Rei contra Turkas gestae anno MDLVI brevis descriptio“
Eine Geschichtskarte des Wolfgang Lazius aus dem Jahre 1557 237

Thiemann, Karl-Heinz

Zur verfassungsrechtlichen Einordnung von § 40 FlurbG 249

Török, Zsolt Győző

From Expeditions Cartography to Topographic Mapping: Italian Military Maps of the Southern Libyan Desert from the 1930s 259

Welsch, Walter M.

Das Juneau Icefield Research Program 275

Seite

Anhang

Schriftenverzeichnis Prof. Kurt Brunner 289

Vortragsverzeichnis Prof. Kurt Brunner 301

Von bzw. unter der Leitung von Prof. Kurt Brunner
bearbeitete / herausgegebene Karten 307

Von Prof. Kurt Brunner betreute Dissertationen 311

Von Prof. Kurt Brunner betreute Diplomarbeiten 313

Wissenschaftliche Veranstaltungen
unter der Leitung von Prof. Kurt Brunner 315

Prof. Kurt Brunners Mitgliedschaften und Mitarbeit
in wissenschaftlichen Gremien und Vereinen 321

Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München 323

Vorwort

Das Ausscheiden von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER aus dem aktiven Dienst an der Universität der Bundeswehr München im September 2012 gibt Anlass, seinen Lebensweg zu umreißen und sein Schaffen mit einer Festschrift zu würdigen.

Wenn KURT BRUNNER im September 2012 in den Ruhestand geht, liegen mehr als 50 Berufsjahre als Kartograph mit Leib und Seele hinter ihm. Ab 1979 war er zunächst Professor für Kartographie an der Fachhochschule Karlsruhe, bevor er 1988 in der Nachfolge von GUSTAV NEUGEBAUER den Ruf auf die Universitätsprofessur für Kartographie und Topographie an der Universität der Bundeswehr München erhielt.

Als das Bundesministerium der Verteidigung Ende 2004 beschloss, den Studiengang Geodäsie und Geoinformation mit Ablauf des Jahres 2012 endgültig einzustellen, erklärte sich KURT BRUNNER sofort bereit, über seinen 65. Geburtstag am 17. September 2010 hinaus die Lehre im Fach Kartographie aufrecht zu erhalten, bis alle Studierenden des letzten Jahrganges Geo 2008 ihr Studium beendet haben. Dieser Zeitpunkt ist nun erreicht und so geht KURT BRUNNER an seinem 67. Geburtstag in den wohlverdienten Ruhestand – nach 24 Jahren Dienst an der Universität der Bundeswehr. Dafür ist ihm auf das Herzlichste zu danken, zumal in der letzten Zeit dem Jubilar die Gesundheit große Probleme bereitet hat.

Konsequenz der Entscheidung, den Studiengang Geodäsie und Geoinformation einzustellen, ist, dass die Professur für Kartographie und Topographie nicht nachbesetzt und das Lehrgebiet aufgelöst wird. Im Zuge der organisatorischen Maßnahmen der Einstellung des Studienganges und der Auflösung bzw. Verlagerung einzelner Institute aus diesem Bereich, von dem auch das Institut für Photogrammetrie und Kartographie betroffen war, hat es sich ergeben, dass die Professur für Kartographie und Topographie am 1. Januar 2009 dem Institut für Geodäsie beigetreten ist.

Die Interessensschwerpunkte von KURT BRUNNER sind topographische Karten, insbesondere alte Karten des Alpenraumes und von Gletschern. Von diesen Interessen zeugen Mitgliedschaften in der Deutschen Gesellschaft für Kartographie, in der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Abteilung Glaziologie), in der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung und im Deutschen Alpenverein.

Um die beiden Themengebiete Geschichte der Kartographie und Glaziologie geht es auch in der Mehrzahl seiner Publikationen, wo KURT BRUNNER mit Forschungen zum Klimawandel in alten Karten und Bildern auch beides miteinander zu verbinden versucht, etwa der Dokumentation des Rückzuges von Vergletscherungen in den Alpen seit 1850. Weitere Arbeitsgebiete waren und sind Expeditionskartographie und die Geheimhaltung von Karten im ehemaligen Ostblock, in der letzten Zeit die frühneuzeitlichen Koordinatentafeln, die er wissenschaftlich zu ergründen sucht.

Als Ausdruck ihres Dankes und ihrer Wertschätzung anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst haben Kollegen, Mitarbeiter, Schüler und Freunde von KURT BRUNNER die vorliegende Festschrift mit 22 Beiträgen aus ihren derzeitigen Wirkungsbereichen gestaltet. Dazu gehören neben geodätischen, kartographischen und photogrammetrischen Studien auch wissenschaftliche Beiträge, die die Geschichte des Faches Kartographie und Topographie unter neuen Aspekten beleuchten. Beiträge zur Militär- und Gletscherkartographie runden die Festschrift ab.

Besonderer Dank geht an Dr.-Ing. DIETER BEINEKE, Dr. phil. THOMAS HORST und Dipl.-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM, die die Redaktion dieses Heftes aus der „Grünen Reihe“, nunmehr herausgegeben als Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie, übernommen haben. KURT BRUNNER bleibt zu wünschen, dass ihm noch viele Jahre im Kreise seiner Familie bei guter Gesundheit vergönnt sind.

Neubiberg, im September 2012

Univ.-Prof. Dr.-Ing. OTTO HEUNECKE,
Sprecher des Instituts für Geodäsie

Kurt Brunners Lebensweg

Vom Lehrling zum Professor

KURT BRUNNER kam am 17. September 1945 im oberbayerischen Markt Schwaben (Landkreis Ebersberg), wohin seine Eltern während des Zweiten Weltkrieges evakuiert worden waren, auf die Welt. Nach dem Besuch der Volksschule in München begann er eine Lehre als Landkartentechniker beim Bayerischen Landesvermessungsamt, die er 1964 abschloss. In den folgenden Jahren absolvierte er ein Ingenieurschulstudium der Kartographie an der seinerzeitigen Staatsbauschule München und studierte Vermessungswesen an der Technischen Universität München. Im Anschluss daran wurde er wissenschaftlicher Assistent am Institut für Photogrammetrie und Kartographie bei Prof. Dr.-Ing. ERNST GOTTHARDT. Nach der Einrichtung eines eigenen Lehrstuhls für Kartographie und Reproduktionstechnik an der Technischen Universität München, den der stets an der Geschichte der Kartographie interessierte Prof. RÜDIGER FINSTERWALDER innehatte, führte KURT BRUNNER seine Arbeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter fort. Dazu gehörten vor allem die Bearbeitung topographischer Karten von Alpengletschern, die Erstellung thematischer Karten zur Visualisierung des Gletscherrückzuges am Beispiel des Vernagtferners (man vgl. dazu auch das Verzeichnis der von ihm bearbeiteten bzw. herausgegebenen Landkarten, S. 307-309) sowie erste Versuche zur Nutzung von Orthophotos zur Darstellung von Gletschern. 1977 promovierte KURT BRUNNER schließlich mit einer Dissertation über die Darstellung alpiner Gletscher in großmaßstäbigen Karten zum Dr.-Ing.

Bereits zwei Jahre später wurde er Professor für Kartographie an der Fachhochschule Karlsruhe, wo er bis 1988 tätig war. In dieser Zeit führte BRUNNER seine Bearbeitung thematischer Karten zur Visualisierung des Gletscherrückzuges weiter und beschäftigte sich außerdem mit moderner Kartentechnik (Herstellung von Kartenoriginalen zum Druck in der „kurzen Skala“). Darüber hinaus entstanden erste kartographiehistorische Untersuchungen und Veröffentlichungen.

1988 wurde er zum Professor an die Universität der Bundeswehr München berufen, wo er sogleich an verschiedenen Projekten wie zum Beispiel bei der *„Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition 1990-1992“* mittels Nutzung von Graphik- und CAD-Programmen an Arbeitsplatzrechnern für die Kartentechnik beteiligt war. Diese moderne Technik wurde effektiv von ihm auch in der Aktualisierung der Karten der Alpenvereinskartographie angewandt – Pilotprojekte *„Rofan“* (1993) und *„Zillertaler Alpen“* (1994) –, was sich hier zu einem Standardverfahren entwickeln sollte.

KURT BRUNNER im Alter von 21 Jahren.

Schon bald begann sich auch seine intensive Zuwendung zur Geschichte des eigenen Faches abzuzeichnen. Noch in seiner Karlsruher Zeit hatte er erstmals auf dem dritten Kartographiehistorischen Colloquium in Wien vorgetragen und dort einschlägige Kontakte geknüpft, die ihn verstärkt für die Geschichte der Kartographie sensibilisierten.

Seine wissenschaftlichen Veröffentlichungen ergeben eine stattliche Anzahl von zehn Büchern, rund 120 wissenschaftlichen Beiträgen in Fachzeitschriften sowie zahlreichen weiteren Veröffentlichungen und Lexikonbeiträgen (siehe Schriftenverzeichnis, S. 289-300), von denen rund die Hälfte verschiedenste Aspekte der Kartographiegeschichte zum Thema haben. Gleichfalls ist eine lange Liste von exakt 100 einschlägigen Vorträgen zu verzeichnen (siehe Vortragsverzeichnis, S. 301-306). In diesem Bereich interessierten Professor BRUNNER von Anfang an besonders diejenigen Altkarten, die als Ergebnis originaler Kartenaufnahmen entstanden sind. Diesbezüglich setzte er sich mehrfach mit bemerkenswerten Beiträgen in Fachzeitschriften wie *Cartographica Helvetica* sowie auch auf einschlägigen Kongressen mit der Erforschung von bisher wenig beachteten Randgebieten dieses interdisziplinären Faches auseinander.

Im Wintersemester 1999/2000 hatte Professor BRUNNER zudem eine Gastprofessur am Institut für Geographie und Regionalforschung an der Universität Wien, das damals ein Zentrum der Geschichte der Kartographie bildete, inne.

Bei BRUNNERs kartographischen Arbeiten sind neben der Kartenvisualisierung am Monitor auch seine Studien zur originären Kartierung (insbesondere zu den frühen Darstellungen von vergletscherten Gebieten), seine jüngsten Forschungen zu den lateinischen PTOLEMÄUS-Handschriften sowie vor allem zu den Regionalkarten der frühen Neuzeit (und deren Genauigkeitsanalyse) besonders hervorzuheben. Zudem betreute er einige interdisziplinär angelegte Dissertationen in diesem Bereich (vgl. Liste der Dissertationen, S. 311-312). Auch hat er die Durchführung zur Faksimilierung von Altkarten veranlasst, beispielsweise von frühen Gletscherkarten aus der Zeit um 1900 (Vernagtferner, Gepatschferner, Karlseisfeld, Suldenferner), steht er doch seit über vierzig Jahren in enger Zusammenarbeit mit der Kommission für Glaziologie bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, der er seit 2005 als Mitglied angehört (vgl. auch das Verzeichnis seiner Mitgliedschaften und Mitarbeit in wissenschaftlichen Gremien und Vereinen, S. 321).

Seine „Lieblingskarte“ stellt zweifelsohne – wie zahlreiche Vorträge belegen – die *„Carta Marina“* des OLAUS MAGNUS (1490-1557) aus dem Jahre 1539 dar,wenngleich er auch die Altkarten seiner bayerischen Heimat grundlegend erforscht hat. Außerdem lieferte Professor BRUNNER wegweisende Beiträge zur Expeditionskartographie des 19. Jahrhunderts, wo er vor allem die Altkarten der Polargebiete, aber auch die Karten Ostafrikas, insbesondere des Kilimandscharo genauer untersucht hat.

Zudem griff Prof. BRUNNER bei seinen Forschungen stets aktuelle Fragestellungen auf und brachte diese mit Karten in Verbindung: Nach dem Zusammenbruch der DDR setzte er sich mit den grundsätzlichen Fragen der Geheimhaltung und Verfälschung von Karten aus militärischen und politischen Gründen auseinander; ein Themenschwerpunkt, den er in letzter Zeit auch auf Altkarten ausdehnte, was zu weiteren Veröffentlichungen führte. Seit 2002 beschäftigt er sich intensiv mit der Dokumentation von Kälteperioden in Landschaftsbildern und der Druckgraphik und konnte dabei nachweisen, dass Altkarten durchaus als Proxydaten für die Klimageschichte herangezogen werden können. Hierzu konzipierte er an der Universität der Bundeswehr und in der Kunstbibliothek der Staatlichen Museen Berlin zwei Ausstellungen zum Thema *„Kartographie und Kunst als bunte Klimazeugen“* (vgl. Wissenschaftliche Veranstaltungen, S. 315-319). Seine diesbezüglichen Erkenntnisse sind insofern von Bedeutung, weil dieser Bereich von der Klimageschichte nur marginal betrachtet wurde.

KURT BRUNNER im Alter von 35 Jahren.

In jüngster Zeit richtete sich sein Hauptinteresse auf die Erforschung von frühen Orts- und Koordinatentafeln, ein Themengebiet, dessen Ergebnisse sehr vielversprechend sind. Aus gesundheitlichen Gründen konnte KURT BRUNNER einen weiteren Höhepunkt seiner Karriere, das 15. Kartographiehistorische Colloqium, das auf seine Initiative hin vom 2. bis 4. September 2010 erfolgreich in München stattgefunden hat, leider nicht auskosten.

Ihm sei auf diesem Wege zu seinem 67. Geburtstag, womit nun sein wohlverdienter Ruhestand beginnt, aufs Herzlichste gratuliert. Hierzu sei ihm stellvertretend für alle Beitragenden dieser Festschrift, die sich spontan bereit erklärt haben, ihm zu Ehren einen wissenschaftlichen Fachbeitrag zu verfassen, vor allem die notwendige Gesundheit gewünscht, die ihm in letzter Zeit immer wieder größere Probleme bereitet hat. Es bleibt zu hoffen, dass er seine zahlreichen laufenden Projekte im Bereich der Kartographie auch in Zukunft noch weiter verfolgen wird.

Neubiberg, im September 2012

Dr. phil. Thomas Horst

Fachbeiträge

Dieter Beineke

Die Loxodromen auf Gerhard Mercators Erdglobus von 1541 – Eine Genauigkeitsanalyse

Abb. 1: *GERHARD MERCATORS Erdglobus von 1541 mit einem Durchmesser von 41 cm [Quelle: Van der Krogt, 1994].*

Abb. 2: *Ausschnitt aus GERHARD MERCATORS Erdglobus von 1541. [Quelle: Harvard College Library, o.J.].*

Zusammenfassung

Ausgehend von der Bedeutung der Loxodromen auf MERCATORS Erdglobus und ihrer Eigenschaften, werden die notwendigen Methoden zur Genauigkeitsanalyse (z. B. mathematische Definition der Loxodrome, Kartenprojektion für Globussegmente, Digitale Bildverarbeitung zur Entzerrung der Globussegmente) detailliert beschrieben und mit Grafiken veranschaulicht.

Summary

Based on the importance of the rhumb lines on MERCATOR's terrestrial globe and their characteristics, the necessary methods for an accuracy analysis (e.g. mathematical definition of the rhumb line, map projection for globe segments, digital image processing for correcting the globe segments) are described in detail and illustrated with graphics.

1. Einleitung

GERHARD MERCATOR (1512-1594; auch: GERARDUS MERCATOR, latinisierte Version seines bürgerlichen Namens GERHARD KREMER) wurde am 5. März 1512 in Rupelmonde, Grafschaft Flandern geboren. Im Jahr der Veröffentlichung dieser Festschrift jährt sich somit zum 500. Mal sein Geburtstag. Der Autor möchte daher eine in der Geschichte der Kartographie folgenreichste Innovation MERCATORS in Erinnerung rufen: die Bedeckung seines Erdglobus aus dem Jahre 1541 mit Loxodromen.

In der Literatur wurde schon sehr früh darauf hingewiesen, dass es tatsächlich echte Loxodromen sind, die MERCATOR konstruierte (nach *Kretschmer et al. [1986, Band C/1, S. 496]: „R. HUES 1594*[1]*, J. HONDIUS 1612*[2]*, P. J. H. BAUDET 1871*[3]*, ...“*). Eine erste Genauigkeitsuntersuchung wurde vor fast 100 Jahren von *Wagner [1915a]* durchgeführt. Aus jüngerer Zeit stammt eine Veröffentlichung von *D'Hollander [2005, S. 34-41],* die sich aber weitgehend an *Wagners* Ergebnissen orientiert.

[1] ROBERT HUES (1553-1632).

[2] JODOCUS HONDIUS (1563-1612).

[3] PIERRE JOSEPH HENRY BAUDET (1824-1878).

Mit seiner *„kartometrischen Methode“* überprüfte *Wagner* die Genauigkeit der Loxodromen lediglich an einigen ausgewählten Einzelpunkten. Gegenstand des vorliegenden Beitrages ist es unter anderem, die Abweichungen der Loxodromen MERCATORS von ihrer exakten Lage in ihrem gesamten Verlauf visuell darzustellen.

2. Die Bedeutung der Loxodromen auf Mercators Erdglobus

Ungefähr ein oder zwei Jahre vor der Fertigstellung seines Erdglobus im Jahre 1541 (Abb. 1) fasste MERCATOR den Entschluss, einen neuen Globus herzustellen, in dem er auch die neuesten portugiesischen Entdeckungen der damaligen Zeit in das überwiegend ptolemäisch geprägte Kartenbild einarbeiten wollte. Neben diesen karto- und geographischen Aktualisierungen enthält der Globus aber noch etwas für die späteren Entwicklungen von Seekarten Revolutionäres: über die gesamten Meeresflächen zieht sich, ausgehend von 21 mehr oder weniger regelmäßig verteilter Strichrosen (auch: Windrosen oder Kompass-Scheiben), ein Netz von sich kreuzenden, spiralförmig verlaufenden Linien (Abb. 2), die offenbar als Navigationshilfen gedacht waren, denn sie schneiden alle Meridiane unter dem gleichen Winkel, der in der Seefahrt auch Kurswinkel genannt wird. Die von jeder Strichrose ausgehenden 32 Strahlen wurden bis zum Ende des 16. Jahrhunderts noch Rumblinien (Kursgleichen) genannt. Dabei bedeutet der 1., 2., 3., 4., … Rumbus die Strahlen (oder Striche), die einen Winkel von 11¼°, 22½°, 33¾°, 45°, … mit der Nordrichtung (Meridian) haben. Erst Anfang des 17. Jahrhunderts wurden beliebige Kurswinkel verallgemeinert als Loxodromen bezeichnet *[Van der Krogt, 1993; Wagner, 1915a]*.

Aber waren diese Kursgleichen auf einem Globus wirklich als Navigationshilfen für die Seefahrt gedacht? Das erscheint ziemlich unwahrscheinlich, denn Loxodromen auf einem Globus haben kaum einen praktischen Nutzen für die Steuermänner. Wenn sie von einem Ausgangshafen zu einem Zielhafen segeln wollten, benötigten sie einen konstanten Kurswinkel. Dieser aber konnte ihnen der Erdglobus von MERCATOR nicht liefern, denn die eingezeichneten Loxodromen gingen ja nur von den 21 Strichrosen aus, die meistens mitten in den Weltmeeren verteilt waren. Der Mercator-Erdglobus enthält keine einzige Küstenstadt mit einer Strichrose, von der Loxodrome ausgehen. Eine graphische Übertragung der bestehenden Loxodromen auf einen beliebigen Ausgangshafen würde zudem nur fehlerhafte Ergebnisse liefern, da die Kurvenformen der Loxodromen immer von der geographischen Breite des Ausgangspunktes abhängen. Nach *Van der Krogt [1993]* soll MERCATOR allerdings seine Globen noch mit einem verstellbaren Viertelkreis versehen haben, der es ermöglichte, den Kurs abzulesen bzw. auf der gekrümmten Kugeloberfläche abzutragen. Wie hier aber genau zu verfahren war, erklärt er jedoch nicht. Vermutlich wird die Handhabung die gleiche Art und Weise gewesen sein, wie MERCATOR seine Loxodromen auf dem Globus konstruierte (siehe Kap. 4). Zu diesen praktischen Problemen bei der Navigation mit Hilfe eines Globus führt *Van der Krogt* jedenfalls auch aus, dass ein Globus immer zu klein ist, um noch genügend Details für die Navigation zu enthalten, und immer zu groß und unbequem ist, um an Bord eines fahrenden Schiffes benutzt zu werden. Ein Sturz vom Kajütttisch und der Globus wäre unbrauchbar geworden. Mehr als ein schmückendes Beiwerk an Bord wird er also wohl nicht gewesen sein.

Von der großen Bedeutung der Loxodromen für die Seefahrt wusste auch der portugiesische Mathematiker und Kosmograph PEDRO NUNES (PETRUS NONIUS, 1502-1578), der bereits 1537 – also vier Jahre vor der Herstellung des Mercator-Erdglobus – die geometrischen Eigenschaften der Loxodrome beschrieb und eine erste Entwurfszeichnung anfertigte, die aber nach *Wagner [1915a]* missglückte, denn seine Loxodromen waren in mittleren und niederen Breiten grob fehlerhaft. Außerdem hinterließ er keinerlei Anweisungen, wie diese Rumblinien zu berechnen oder auf Globen zu konstruieren waren. Zudem hatte NUNES auch eine falsche Vorstellung von den Loxodromen, da er sie im Pol zusammenlaufen ließ.

Inwieweit NUNES einen Einfluss auf MERCATOR ausübte ist nicht bekannt und soll dahingestellt bleiben. Aber anscheinend war MERCATOR der Erste, der einen Globus mit richtigen Loxodromen anfertigte. Es dauerte dann fast 30 Jahre, bis MERCATOR im Jahre 1569 erstmals seine berühmte Weltkarte *[Krücken / Milz, 1994]* mit der nach ihm benannten Mercator-Projektion[4] herausbrachte, die nunmehr den besonderen Bedürfnissen der Seeleute in praxi angepasst war. Die Loxodromen konnten jetzt als gerade Linien dargestellt und der Kurswinkel konnte direkt aus der Karte entnommen werden, um einen konstanten Kurs mit dem Schiff zu halten.

In der Literatur ist viel gerätzelt worden, wie MERCATOR seinen Netzentwurf zustande brachte. Auf die Idee eines Seekarten-Entwurfs mit vergrößerten Breiten könnte er nach *Wagner [1915a; 1915b] „durch Auftragung geradliniger Strahlen der Kompaßscheibe und gekrümmter Loxodromen auf ein und dieselbe quadratische Plattkarte“* gekommen sein, wobei er auf die ihm bekannten Koordinaten der Loxodromen zurückgreifen konnte, die er schon für die Übertragung der Loxodromen auf die Druckplatten für die Globussegmente (oder auch: Globusstreifen) seines Erdglobus verwendete. Da viel für einen rein graphisch-geometrisch entwickelten Weltkartenentwurf spricht, liegt die besondere Bedeu-

[4] Besser: **Mercator-Abbildung**, da diese Netzabbildung auf den Zylindermantel keine echte elementar-geometrische „Projektion“ ist. Im englischen Sprachraum wird allerdings für eine Kartennetz-Abbildung generell „map projection“ verwendet.

tung der Loxodromen auf MERCATORs Erdglobus darin, dass sie offenbar auch Ursprung für die Entwicklung seiner bahnbrechenden Weltkarte waren.

3. Die Loxodrome

3.1 Zur Entstehung der Bezeichnung

Weder auf seinem Erdglobus noch in seiner Weltkarte von 1569 verwendet MERCATOR die Bezeichnung Loxodrome. In den Legenden zur Weltkarte nennt er sie *„directio“*, die Schiefläufige, die mit den Meridianen immer den gleichen Winkel bildet. Allgemein wird der niederländische Mathematiker WILLEBRORD SNELLIUS (WILLEBRORD SNEL VAN ROYEN, 1580-1626) als Schöpfer der griechischen Ausdrücke Loxodrome (loxos für „schief“, dromos für „Lauf“, also: „Schieflaufende“) und Orthodrome (orthos für „gerade“, also: „Geradlaufende“) bezeichnet. In dem von ihm 1605 ins Lateinische übersetzte, sehr umfangreiche Werk *„Hypomnemata Mathematica“*[5] des flämischen Mathematikers *Simon Stevin [1605]* (1548-1620) taucht erstmals der Name *„Loxodromia“* auf. Von SNELLIUS erschienen im gleichen Jahr auch die Strichtafeln (*„the Table of Rumbs“ [Wright, 1599]*), die er als *„Canones loxodromici“* bezeichnete *[Wagner, 1915a]*.

3.2 Allgemeine Begriffsbestimmung

Die Loxodrome (siehe Abb. 3) oder Kursgleiche ist im Allgemeinen eine Kurve auf einem Rotationskörper, die alle Meridiane unter einem gleichen Kurswinkel α (auch: Azimut = Winkel gegen die Nordrichtung) schneidet. Breitenkreise ($\alpha = 90°$) und Meridiane ($\alpha = 0°$) sind spezielle Loxodromen. Sie windet sich spiralförmig unendlich oft um den Rotationskörper und nähert sich den Polen dabei asymptotisch, ohne die Pole je zu erreichen. Die Loxodrome für die Kugel wird auch Kugelloxodrome genannt, die aber im Folgenden der Einfachheit halber hier als Loxodrome bezeichnet werden soll.

Im Gegensatz zur Orthodrome (siehe Abb. 3), die in der Luftfahrt von Bedeutung ist (kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten auf der Erdkugel), hat die besondere Eigenschaft der Loxodrome – obwohl sie länger als die Orthodrome ist – speziell für die Navigation auf See eine enorme praktische Bedeutung, da in Seekarten mit Mercator-Abbildung (winkeltreue Zylinderabbildung) die Loxodromen geradlinig verlaufen. Dass die Loxodrome in einer stereographischen Azimutalabbildung (winkel- und kreistreue Abbildung) zu einer logarithmischen Spirale wird, soll hier nur marginal erwähnt werden.

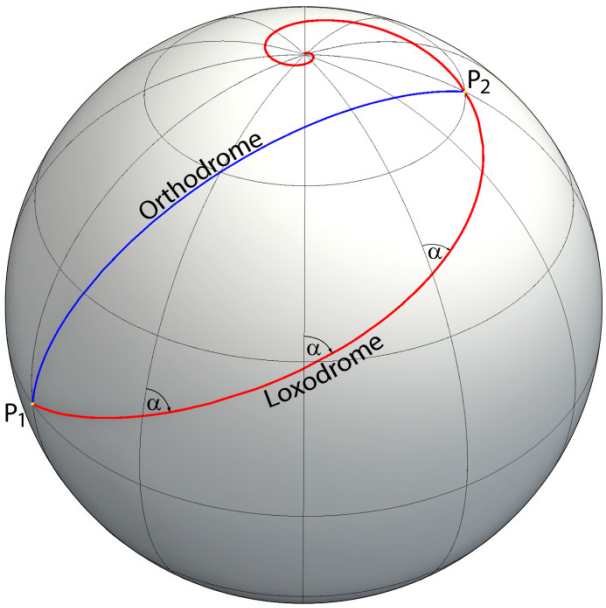


Abb. 3: *Loxodrome und Orthodrome im Vergleich.*

3.3 Die mathematische Definition der Loxodrome

3.3.1 Abriss der historischen Entwicklung

1537 PEDRO NUNES (siehe Kap. 2) beschreibt die geometrischen Eigenschaften der Loxodrome.

1541 MERCATOR konstruiert richtige Loxodrome auf seinem Erdglobus.

1569 MERCATORs Weltkarte in der nach ihm benannten Abbildungsart kommt heraus, in der die Loxodromen geradlinig dargestellt sind.

1599 EDWARD WRIGHT (1561-1615, englischer Mathematiker und Kartograph) beschreibt in seinem Buch: *„Certaine Errors in Navigation ...“ [Wright, 1599]* die mathematische Grundlage der Mercator-Abbildung, die auf dem Ansatz

$$\Delta y_i = \frac{1}{\cos \varphi_i} \Delta\varphi = \sec \varphi_i \, \Delta\varphi$$

mit einem kleinen Intervall $\Delta\varphi$ beruht. Durch fortlaufende Addition der Δy_i (dies entspricht einer numerischen Integration; in moderner Notation:

$$y(\varphi) = \sum_{i=1}^{n} \Delta y_i = \Delta\varphi \sum_{i=1}^{n} \sec \varphi_i$$

$$\text{mit } \varphi_i = i\,\Delta\varphi \text{ und } n = \frac{\varphi}{\Delta\varphi}$$

erstellt er eine Tabelle, die – ausgehend vom Äquator – die y-Abstände der Mercator-Abbildung für eine bestimmte Breite φ enthält[6].

[5] http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?dir=stevi_hypom_529_la_1605;step=thumb
letzter Aufruf: 19.04.2012.

[6] Der Rechenaufwand für ein genaues Ergebnis ist allerdings enorm. Wird das Intervall auf $\Delta\varphi = 1'$ gesetzt, dann sind bis zur Breite von $\varphi = 80°$ insgesamt $n = 4800$ (!) Additionen notwendig. Auf

1614 JOHN NAPIER (1550-1617, schottischer Mathematiker) entwickelt in seinem Buch *„Mirifici Logarithmorvm Canonis Descriptio“ [Napier, 1614; 1618]* die Grundlagen des Logarithmus[7]. Unabhängig davon entdeckt der Schweizer JOBST BÜRGI (1552-1632) ebenfalls die Logarithmen[7].

1646 HENRY BOND (um 1600-1678, englischer Mathematiker) entdeckt zufällig beim Studieren und Experimentieren mit den Tabellenwerten von WRIGHT, dass sie in direkter Beziehung zu der logarithmischen Tangensfunktion

$\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)$ stehen.

1670 ISAAC BARROW (1630-1677, englischer Mathematiker und Lehrer von ISAAC NEWTON) entwickelt die Grundlagen zur Infinitesimalrechnung, die schließlich in den Folgejahren maßgeblich von ISAAC NEWTON (1642/43-1726/27) und GOTTFRIED WILHELM LEIBNITZ (1646-1716) zur modernen Differential- und Integralrechnung ausgebaut wird. Das Problem, die durch reines Ausprobieren gefundene logarithmische Tangensfunktion von BOND zu beweisen, konnte nun gelöst werden: Der *y*-Abstand der Mercator-Abbildung ergibt sich durch Integration des Differenzen- bzw. Differentialansatzes von WRIGHT:

$$y(\varphi)=\int \sec\varphi\, d\varphi=\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right).$$

Neben dieser in der Literatur am häufigsten angegebenen Funktion gibt es noch weitere äquivalente Formeln, so z. B.:

$$y(\varphi)=\sinh^{-1}(\tan\varphi)=\tanh^{-1}(\sin\varphi).$$

3.3.2 Die Gleichungen der Loxodrome

Die *allgemeine Gleichung der Loxodrome* lässt sich am elegantesten durch Integration der Differentialgleichung

$$d\lambda=\tan\alpha\ \sec\varphi\ d\varphi$$

ableiten, die sich aus einem differentiellen rechtwinkligen sphärischen Dreieck ergibt, das als ebenes Dreieck angesehen werden kann:

$$\lambda-\lambda_1=\tan\left[\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_1}{2}\right)\right]. \quad [1]$$

Ist der Anfangspunkt $P_1(\lambda_1,\varphi_1)$ und der Kurswinkel (Azimut) α gegeben, berechnet sich die *geographische Länge* $\lambda=\lambda(\varphi)$ *des Schnittpunktes der Loxodrome mit einem beliebigen Breitenkreis* im Bereich $-90°<\varphi<+90°$ zu:

$$\lambda=\lambda_1+\tan\left[\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_1}{2}\right)\right]. \quad [2]$$

Eine weitere Funktion erhält man durch Umstellung von [1] nach φ. Ist auch hier der Anfangspunkt $P_1(\lambda_1,\varphi_1)$ und das Azimut α gegeben, erhält man die *geographische Breite* $\varphi=\varphi(\lambda)$ *des Schnittpunktes der Loxodrome mit einem beliebigen Meridian* im Bereich $-180°\le\lambda\le+180°$:

$$\varphi=-\frac{\pi}{2}+2\tan^{-1}\left[e^{(\lambda-\lambda_1)\cot\alpha}\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_1}{2}\right)\right]. \quad [3]$$

Für die Genauigkeitsüberprüfung der Loxodromen nicht weiter von Belang, aber der Vollständigkeit wegen sei hier noch die Funktion für den Kurswinkel einer Loxodrome zwischen zwei gegebenen Punkten $P_1(\lambda_1,\varphi_1)$ und $P_2(\lambda_2,\varphi_2)$ angeführt, die man durch Umstellung von [1] nach α erhält:

$$\alpha=\tan^{-1}\left[\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_2}{2}\right)-\ln\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_1}{2}\right)}\right],$$

und die Bogenlänge (s) der Loxodrome für die Einheitskugel (r=1):

$$s=\frac{\varphi_2-\varphi_1}{\cos\alpha}.$$

4. Zur Genauigkeit der graphischen Konstruktion der Loxodromen

Von MERCATOR ist keine Überlieferung bekannt, wie er die Loxodromen auf seinem Erdglobus konstruiert hat. In der Literatur *[Günther, 1879; Wagner, 1915a; D'Hollander, 2005]* gilt aber ein graphisches Näherungsverfahren als anerkannt, das auf *Nunes [1566, S. 168]* und *Stevin [1605]* zurückgeht. Auf einem Globus (siehe Abb. 4) wird zunächst die Kante eines aus biegsamen Metallstreifen hergestellten Winkelhakens an einen Meridian $\overline{\text{ORM}}$ im Ausgangspunkt R gelegt. An der Kante $\overline{\text{RS}}$ wird nun ein kleines Stück $\overline{\text{RX}}$ der Loxodrome abgetragen. Der Winkelhaken wird nun an den nächsten Meridian $\overline{\text{OQM}}$ im Punkt X gelegt und wiederum wird ein kleines Stück $\overline{\text{XY}}$ abgetragen und so weiter. Für jedes Azimut bzw. jede Richtungslinie der Strichrose wird ein eigener Winkelhaken benötigt. Die auf diese Weise auf dem Globus konstruierten Loxodromen müssen jetzt nur noch in die ebenen Globussegmente übertragen werden, wobei die Schnittpunkte der Loxodromen mit den Meridianen und den Parallelkreisen als Anhalt dienen.

Hier stellt sich allerdings die Frage, wie genau dieses graphische Näherungsverfahren ist. Wie klein müssen die Meridian-Intervalle gewählt werden, damit die zwangsläufig immer größer werdenden Abweichungen klein genug gehalten werden können? In der nachfolgenden Tabelle sind die theoretischen Bogenlängen-Differenzen [dφ] in Millimeter zwischen Loxodrome und

---

der Basis seiner Tabelle zur Mercator-Abbildung berechnet WRIGHT im gleichen Jahr seine Strichtafeln *(„Tables of Rumbs“)* für die Konstruktion von Loxodromen, die 1605 von SNELLIUS in der lateinischen Übersetzung als *„Canones loxodromici“* bezeichnet wurden *[Stevin, 1605]* (siehe Kap. 3.1).

[7] Die Basis in den veröffentlichten Logarithmentafeln entspricht dabei aus heutiger Sicht 1/*e*, mit *e* = Eulersche Zahl, wobei sich der Begriff der Basis und die exakte Definition von *e* erst später herausbildeten.

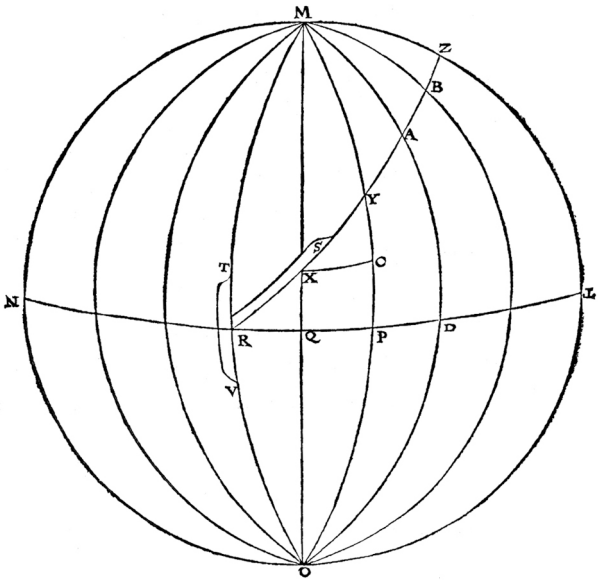


Abb. 4: *Graphische Methode zur Konstruktion von Loxodromen auf einem Globus.*
Aus: Stevin [1605, Tomvs primvs, Secvnda pars, S. 93 (Scanseite 457)].
http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?dir=stevi_hypom_529_la_1605;step=thumb
hier: Scan 457
letzter Aufruf: 20.04.2012.

Annäherung durch kleine Großkreisbögen in Abhängigkeit verschiedener Meridianintervalle und Azimute (die ersten sieben Richtungslinien der Strichrose) wiedergegeben. Diese Differenzen werden – ausgehend vom Äquator – am Ende eines Meridianstreifens von $\Delta\lambda = 30°$ erreicht und gelten für den Erdglobus MERCATORS mit einem Durchmesser nach *Wagner [1915a, S. 306]* von 41 cm.

Tabelle: *Bogenlängen-Differenzen [dφ] in Millimeter am Ende eines Meridianstreifens von $\Delta\lambda = 30°$ zwischen Loxodrome und Annäherung durch kleine Großkreisbögen (Globusdurchmesser = 410 mm, Ausgangspunkt = Äquator).*

Azimut (α)	Konstantes Meridianintervall (δλ)				
	0,5°	1°	2°	5°	10°
11,25°	1,3	2,6	5,0	11,8	21,3
22,5°	0,8	1,7	3,3	7,6	13,6
33,75°	0,4	0,8	1,6	3,7	6,8
45°	0,2	0,4	0,8	1,9	3,5
56,25°	0,1	0,2	0,4	1,0	1,9
67,5°	0,1	0,1	0,2	0,5	1,0
78,75°	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4

Wie klar aus der vorstehenden Tabelle zu erkennen ist, muss das konstante Meridianintervall schon sehr klein gewählt werden, damit der Fehler nicht größer wird als die allgemeine Strichstärke in den Globusstreifen von ca. 0,3 bis 0,4 mm. Auch ist deutlich festzustellen, dass die Abweichungen umso größer werden, je kleiner das Azimut ist. So beträgt z. B. bei einem konstanten Meridianintervall von $\delta\lambda = 1°$ für $\alpha = 22{,}5°$ die Abweichung in der Breite am Ende des Globusstreifens $d\varphi$ = 1,7 mm, während für $\alpha = 67{,}5°$ die Abweichung nur noch $d\varphi$ = 0,1 mm beträgt.

Neben diesen rein geometrisch bedingten Differenzen kommen dann aber noch die sich ständig aufsummierenden, unvermeidbaren Kartierfehler hinzu, die besonders bei kleinen Azimuten wegen der schleifenden Schnitte von Loxodrome und Meridianlinie sehr groß werden können. Das am Anfang des Kapitels beschriebene Verfahren muss also noch etwas modifiziert werden, denn anders lässt sich nicht erklären, wie MERCATOR die relativ hohe Genauigkeit (siehe Kap. 5) bei der manuellen Konstruktion der Loxodromen auf seinem Erdglobus erreichen konnte. Der Autor hat sich Folgendes überlegt:

> *Könnte es nicht sein, dass MERCATOR, anstatt mit konstantem Abstand sehr engmaschige Meridianlinien auf dem Erdglobus zu konstruieren, ein Hilfsinstrument – nennen wir es mal „Meridianlineal" – benutzt hat? Dieses Meridianlineal wäre ein dem Globus eng angepasster, gekrümmter Metallstreifen, der in den beiden Polen verankert ist und sich beliebig in Ost-West-Richtung verschieben lässt. Damit könnten sowohl beliebig kleinste Meridianintervalle für die Konstruktion von Loxodromen mit kleinem Azimut ($\alpha < 45°$), als auch größere Meridianintervalle für die Konstruktion von Loxodromen mit großem Azimut ($\alpha \geq 45°$) abgetragen werden. Der Winkelhaken (etwas modifiziert könnte einer etwa so aussehen: ⌜) wird nach einer Verschiebung des Meridianlineals in Kontakt mit demselben gehalten und an den Endpunkt des zuletzt gezeichneten Loxodromenstückchens verschoben, um dann wieder ein kleines Loxodromenstückchen zu zeichnen, usw.*

Die aufwendige Konstruktion von konstanten Meridianhilfslinien für die Schnittpunkte mit den Loxodromen kann damit vollständig entfallen und die Fehler können kleingehalten werden. Zudem ist das Meridianlineal ein ausgezeichnetes Hilfsgerät zur Konstruktion von beliebigen Meridianlinien auf dem Globus wie z. B. die Mittel- und Grenzmeridiane der Globusstreifen.

Ob MERCATOR tatsächlich so vorgegangen ist, kann nicht gesagt werden. Genauso wenig, wie das am Beginn des Kapitels geschilderte und in der Literatur häufig anführte Verfahren; aber möglich wäre es durchaus.

5. Genauigkeitsuntersuchung der Loxodromen

Im Jahre 1868 tauchten bei einer Versteigerung in der belgischen Stadt Gent (ca. 40 km nordwestlich von Brüssel) die in Kupfer gestochenen 12 Streifen von MERCATORs Erd- und Himmelsglobus auf, welche von der *Königlichen Bibliothek Belgiens* in Brüssel erworben und anlässlich des Geographenkongresses in Paris l875 von der Belgischen Regierung unter dem Titel. „Sphère terrestre et sphère Céleste de Gérard Mercator. Bruxelles 1875“ in 200 nummerierten Exemplaren vervielfältigt wurden *[Oberhummer, 1923]*. Einhundert Jahre nach der Versteigerung brachte *De Smet [1968]* einen Faksimiledruck der Globussegmente (inklusive Polkappen und Horizontring) des Erdglobus von MERCATOR heraus (Abb. 5), der für die vorliegende Studie herangezogen wurde.

5.1 Vorbereitende Schritte und Berechnungsweg

Eine Genauigkeitsuntersuchung über eine reproduzierte Karte hängt allein von ihrem Erhaltungszustand ab. Einige Mängel, wie z. B. der im Laufe der Zeit nicht zu vermeidende Papierverzug, lassen sich allerdings mit mathematischen Methoden (z. B. Affintransformation) weitgehend eliminieren; andere wie z. B. inhomogene geometrische Deformationen in der Regel nicht, da die Ursache dieser Verzerrungen unbekannt ist oder kein Vergleich mit der Originalvorlage möglich ist. Im vorliegenden Fall standen verständlicherweise die original, in Kupfer gestochenen Druckplatten nicht zur Verfügung, sondern nur wie oben schon erwähnt das Faksimile von *De Smet [1968]*, das in digitaler Form verkleinert vorlag.

Um die Abweichungen der Loxodromen von ihrer exakten Lage in ihrem gesamten Verlauf visuell darzustellen, waren zunächst vorbereitende Schritte notwendig:

- Bestimmung eines Näherungsmaßstabes für die Digitalvorlage,
- Auswahl eines repräsentativen Globusstreifens,
- Definition der Kartennetzabbildung für Globenstreifen.

Auf dieser Grundlage wurden alle nachfolgenden Berechnungen von der Koordinatenerfassung bis hin zu den graphischen Darstellungen komplett mit Hilfe des Programms *Mathematica® 8* realisiert:

- Erfassung der IST-Koordinaten aller 30 Netzschnittpunkte des ausgewählten Globusstreifens durch Bildschirmdigitalisierung,
- Berechnung der SOLL-Koordinaten der 30 Netzschnittpunkte mit den Formeln der Kartennetzabbildung für Globenstreifen,
- Digitale Bildentzerrung des Globusstreifens auf die Sollpositionen der Kartennetzabbildung für Globenstreifen,
- Berechnung der exakten Loxodromen für alle Strichrosen des Globusstreifens,
- Visualisierung der Ergebnisse.

5.2 Maßstab und Auswahl eines repräsentativen Globusstreifens

Um den Maßstab der digitalen Vorlage zu bestimmen, wurden zunächst die Globusstreifen mit Hilfe des Linealwerkzeuges im Bildverarbeitungsprogramm *Adobe® Photoshop® CS5* ausgemessen. Dabei zeigte sich, wie auch schon *Wagner [1915a]* bei seinem Untersuchungsexemplar feststellte, dass in allen Globusstreifen sowohl die West-Ost-Strecken ($\Delta\lambda = 30°$) am Äquator als auch die Nord-Süd-Strecken ($\Delta\varphi = 2 \times 70° = 140°$) am Mittelmeridian unterschiedliche Ausdehnungen haben. So ergab die mittlere Ausdehnung in West-Ost-Richtung einen Wert von $\Delta x = 46{,}9$ mm mit einer absoluten Abweichung von $\delta x = \Delta x_{max} - \Delta x_{min} = 1{,}0$ mm. In Nord-Süd-Richtung ergab sich ein mittlerer Wert von $\Delta y = 213{,}1$ mm mit einer absoluten Abweichung von $\delta y = \Delta y_{max} - \Delta y_{min} = 3{,}4$ mm. Setzt man diese Ausdehnungen in Bezug zu den entsprechenden Naturstrecken, so erhält man in West-Ost-Richtung einen mittleren Maßstab von $M_x = 1 : 71$ Millionen und in Nord-Süd-Richtung von $M_y = 1 : 73$ Millionen, so dass sich für die digitale Untersuchungsvorlage ein

Näherungsmaßstab von $M = 1 : 72$ Millionen

ergibt. Da der Originalmaßstab der Globusstreifen bzw. des Erdglobus von MERCATOR nach *Wagner [1915a, S. 306]* rund $1 : 32$ Millionen beträgt, lag die Untersuchungsvorlage somit in ca. 2,3-facher Verkleinerung vor. Aus den beiden unterschiedlichen Maßstäben in x- und y- Richtung ergibt sich zudem, dass die Nord-Süd-Ausdehnung der Streifen gegenüber der West-Ost-Ausdehnung um den Faktor $M_y/M_x = 0{,}97$ verkürzt ist. Ein deutliches Zeichen dafür, dass MERCATOR offensichtlich durch Experimente die Papierausdehnung in Polrichtung (entspricht der Laufrichtung des verwendeten Papiers) durch den Klebstoff berücksichtigt hat.

Aufgrund der ungleichen Dimensionen der Globussegmente wurde deshalb nur ein Streifen exemplarisch ausgewählt, um die Loxodromen in ihrem korrekten Verlauf zu überprüfen. Die Untersuchung auf alle Segmente auszudehnen, ist auch gar nicht notwendig, denn es reicht vollständig aus, die Loxodromen für alle benötigten Strichrosen einmal für den Nordteil eines Globussegmentes zu konstruieren. Die Loxodromen für den Südteil erhält man durch Spiegelung an der Äquatorachse und alle anderen Segmente sind nur Teilkopien dieses Ausgangsentwurfes. Schaut man sich die Verteilung der Strichrosen auf den Globusstreifen an, so kann vermutet werden, dass auch MERCATOR so vorgegangen sein muss, denn zum einen liegen alle Strichrosen (mit einer Ausnahme) auf den Grenzmeridianen, sind also

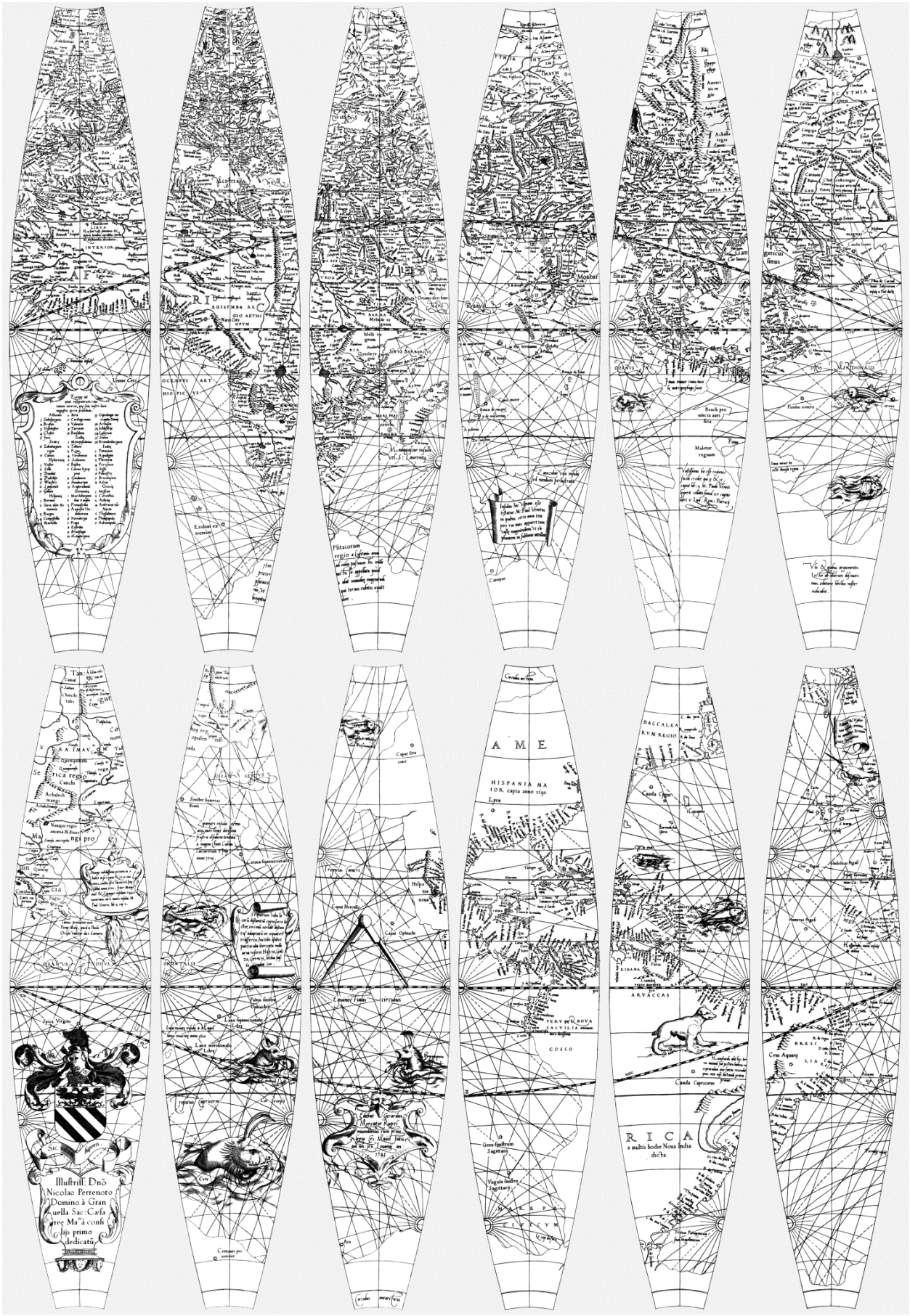


Abb. 5: *Die 12 Globussegmente des Erdglobus von MERCATOR (aus: De Smet [1968], ca. ¼ der Originalgröße).*

um die Mittelmeridiane gespiegelt. Zum anderen findet man mehrere Strichrosen, die um die Äquatorachse bei $\varphi \approx \pm 29°$ gespiegelt sind. Nur für drei von insgesamt 21 Strichrosen sind von MERCATOR individuelle Loxodromen konstruiert worden.

Für die Genauigkeitsuntersuchung wurde daher der Nordteil des 12. Streifens (in Abb. 5 rechts unten) mit dem Mittelmeridian $\lambda_0 = 345°$ und den Grenzmeridianen $\lambda_{west} = 330°$ und $\lambda_{ost} = 360° = 0°$ ausgewählt[8]. Er enthält die meisten Strichrosen und der Verlauf der Loxodromen ist fast vollständig abgebildet. Außerdem enthält dieser Streifen bei $\lambda \approx 358°, \varphi \approx 38°$ die einzige Strichrose, die nicht auf einem Grenzmeridian liegt.

5.3 Zur Definition der Kartennetzabbildung für Globenstreifen

Um die sphärischen Loxodromen rechnerisch in die Ebene übertragen zu können, muss die Netzabbildung für Globenstreifen definiert werden. Dazu lassen sich mehrere Entwürfe anführen, wobei die im Internet von *WIKIPEDIA*[9] unter dem Stichwort *„Globus“* angegebene *„Querachsige abstandstreue Azimutalprojektion“* ganz danebenliegt und wieder einmal beweist, dass man gerade bei *WIKIPEDIA* nichts ungeprüft übernehmen sollte.

Letztlich kommen nur zwei Netzabbildungen in Frage. Zum einen ist das die *„Transversale mittabstandstreue Zylinderabbildung“ [Wagner, 1962, S. 155ff.]*, die auch unter dem Namen *„Cassini-Soldner-Abbildung“* für die Kugel bekannt ist *[Snyder, 1987, S. 92ff.]* und zum anderen der *„Polykonische Netzentwurf“*. Beide Abbildungen liefern für einen Meridanstreifen von 30° Breite fast deckungsgleiche Ergebnisse. Für einen Erdglobus mit einem Radius von r = 205 mm sind die größten Abweichungen in y-Richtung kleiner als 0,07 mm; sie liegen also weit unter der Zeichengenauigkeit.

Für die vorliegende Studie wurde der *„Polykonische Netzentwurf“* mit folgenden Abbildungsformeln *[Snyder, 1987, S. 124ff.; Wagner, 1962, S. 68ff.]* verwendet:

$$\text{für } \varphi = 0°: \begin{cases} x = r\,\lambda \\ y = 0 \end{cases} \qquad [4.1]$$

$$\text{für } \varphi \neq 0°: \begin{cases} x = r \sin(\lambda\ \sin\varphi) \cot\varphi \\ y = r(\varphi + (1 - \cos(\lambda\ \sin\varphi)) \cot\varphi\ ) \end{cases} \qquad [4.2]$$

wobei die Konstante $r = \mathrm{R/m}$ der Maßstabfaktor der Abbildung ist oder der mit dem Maßstab (M = 1 : m) verkleinerte Erdradius. Für die digitale Untersuchungsvorlage ergibt sich mit einem Erdradius von R = 6370 km und dem in Kap. 5.2 angegebenen Näherungsmaßstab von $\mathrm{M} = 1 : 72$ Millionen ein mittlerer Maßstabfaktor bzw. Kugelradius von r = 88,5 mm.

5.4 Vergleich des Polykonischen Netzentwurfes mit dem Globusstreifen

Um zu sehen, inwieweit die geographischen Netzlinien des Globusstreifens mit dem Polykonischen Netzentwurf übereinstimmen, wurde der Globusstreifen (siehe Abb. 6) mit dem Soll-Netz (rot) überlagert, wobei in den Formeln nach [4] wegen der unterschiedlichen Maßstäbe in x- und y-Richtung (s. Kap. 5.2) jeweils ein eigener Maßstabfaktor für die Koordinaten-Hauptrichtungen definiert wurde (r_x = 89,7 mm, r_y = 87,3 mm), damit eine optimale Anpassung an die äußere Form des Globusstreifens erzielt werden konnte.

Wie man aus Abb. 6 erkennen kann, passen MERCATORs Meridanlinien bis auf kleine Abweichungen sehr gut. Anders sieht es dagegen bei den Breitenkreisen aus. Neben einer leichten Verschiebung in Nord-Süd-Richtung fallen sofort die Abweichungen an den Grenzmeridianen auf: die Parallelkreise MERCATORs sind weniger stark gekrümmt. Womöglich liegt hier ein Konstruktionsfehler vor, denn theoretisch müssen sie sich mit den Meridianen im rechten Winkel schneiden, was aber bei genauerer Betrachtung und Ausmessung nicht der Fall ist. An einigen Stellen ist auch in der Bildersammlung der *Harvard College Library*[10] zum Erdglobus von MERCATOR zu sehen, dass kein kontinuierlicher, glatter Übergang der Parallelkreise an den Schnittstellen der Globusstreifen vorliegt.

In diesem Zusammenhang stellt sich hier also auch die Frage, wie denn MERCATOR die Netzabbildung für seine Globusstreifen konstruiert hat. Von den in Kap. 5.3 angeführten möglichen Netzentwürfen konnte er nichts wissen, denn diese sind erst Jahrhunderte nach ihm analytisch entwickelt worden[11]. Da nichts überliefert ist (auch in der gängigen Literatur hat sich bisher noch niemand mit dieser Problematik beschäftigt), können hierzu nur wieder Annahmen gemacht werden. Vermutlich wird er die Konstruktion – wie schon bei den Loxodromen – rein graphisch-manuell, direkt auf dem Erdglobus wie folgt durchgeführt haben:

> *Zunächst wird ein Papierstreifen (Laufrichtung in Nord-Süd-Richtung) in der Größe des nördlichen Teiles eines Globussegmentes (sowie eines kleinen Überlappungsbereiches) vorsichtig durch Handkaschierung*[12] *aufgeklebt. Dann werden auf*

---

[8] Der Nullmeridian des Erdglobus verläuft mitten durch Fuerteventura bei 14° westlicher Länge von Greenwich.

[9] http://de.wikipedia.org/wiki/Globus
letzter Aufruf: 20.04.2012.

[10] http://hcl.harvard.edu/libraries/maps/exhibits/mercator/main.html
letzter Aufruf: 20.04.2012.

[11] Nach *Snyder [1987]*: Die *„Transversale mittabstandtstreue Zylinderabbildung“* wurde 1745 von GIOVANNI DOMENICO CASSINI (1625-1712) und die *„Polykonische Netzabbildung“* von FERDINAND RUDOLF HASSLER (1770-1843) entwickelt.

[12] Ein noch heute bei Globenherstellern übliches Verfahren, wobei die entstehenden Falten an den Rändern des Papierstreifens durch fachmännisches Glattstreichen gestaucht bzw. verborgen werden. Zur Handkaschierung gibt es dazu auf der Web-Seite des Columbus-Verlages (http://columbus-verlag.de/Filme.html) ein sehr informatives Video (z. B.: *„Pro 7 Galileo bei COLUMBUS“*).

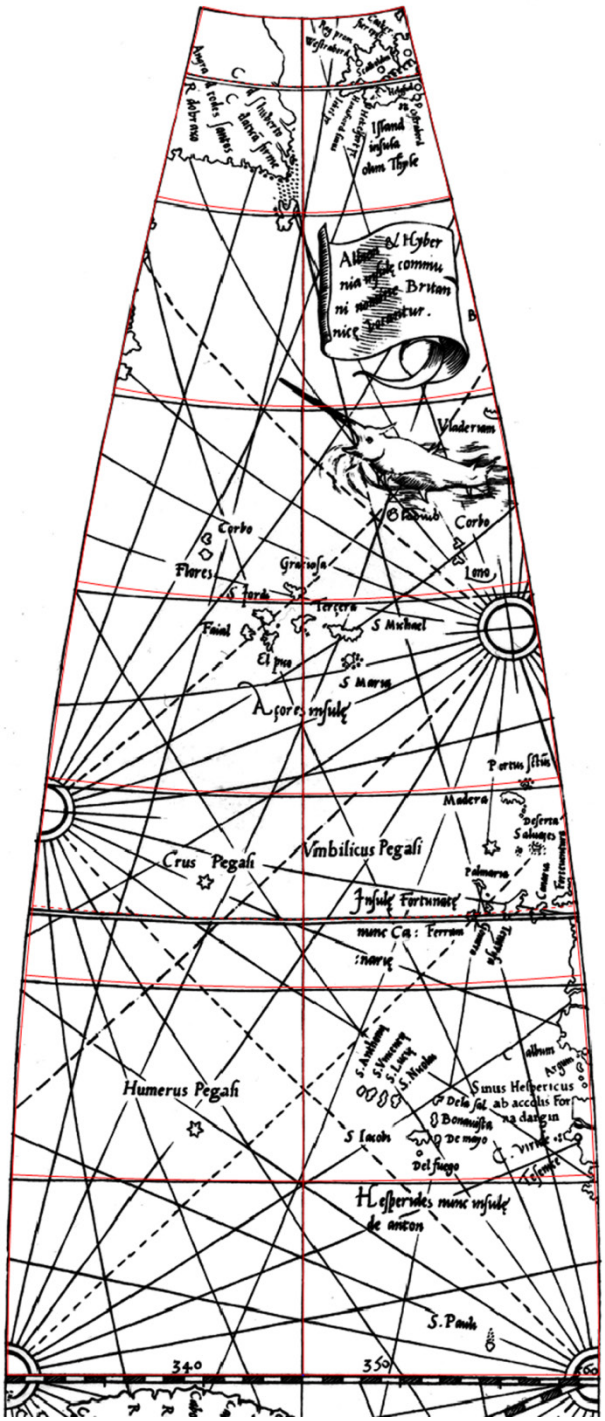


Abb. 6: *Vergleich der Polykonischen Netzabbildung (rot) mit MERCATORs geographischen Gitternetzlinien.*

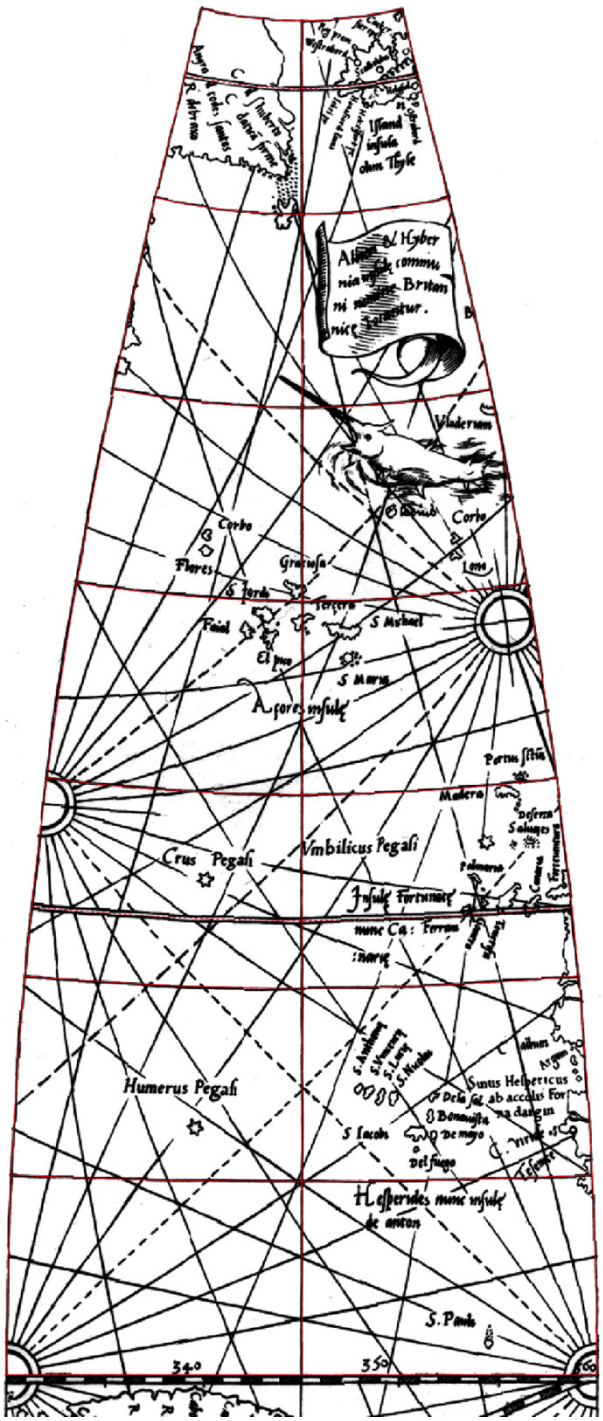


Abb. 7: *Digitale Bildtransformation (Entzerrung) des Globusstreifens mittels multiquadratischer Interpolation in eine Polykonische Netzabbildung.*

dem Erdglobus die Meridiane des Globussegmentes auf dem Papierstreifen eingezeichnet und mit einem großen Zirkel die Parallelkreise vom Pol abgetragen. Anschließend wird der (noch feuchte) Papierstreifen vom Globus gelöst und auf einer ebenen Fläche behutsam glattgestrichen, wobei die gestauchten Ränder nun wieder zurückgedehnt werden.

Man muss bedenken, dass die Ränder des unkaschierten Streifens beim Anlegen auf dem Globus ca. 1 cm von der Oberfläche abstehen. Möglicherweise ist diese Fertigungsweise auch die Ursache für die schwächeren Krümmungen der Parallelkreise MERCATORs, die durch die Handkaschierung auf der Globusoberfläche dann wieder in ihre richtige Position gebracht werden. Eine Anfrage bei einem renommierten Globenhersteller

brachte keine Klarheit, da wegen *„kopiergeneigter Wettbewerber der Markt stark umkämpft ist“* und er diesbezüglich keine nähere Information geben könne.

Da der Papierstreifen durch die Befeuchtung mit dem Klebstoff in Laufrichtung des Papiers auch etwas gedehnt worden ist, müssen die Nord-Süd-Abstände der Parallelkreise um diesen Dehnungsfaktor noch verkleinert werden (siehe dazu auch Kap. 5.2). Auf diese Weise erhält man bei sorgfältiger Ausführung einen Prototyp für das geographische Netzbild des nördlichen Teiles eines ebenen Globussegmentes. Der südliche Teil wird durch Spiegelung an der Äquatorachse gewonnen.

5.5 Digitale Bildentzerrung des Globusstreifens

Bevor die Überprüfung der Lagegenauigkeit der Loxodromen durchgeführt werden konnte, mussten zunächst die Abweichungen der Bildinhalte des Globusstreifens (Abb. 6) von den nach [4] berechneten Referenzpunkten (Netzschnittpunkten) beseitigt werden, damit das Globussegment hinreichend genau dem Netzentwurf einer Polykonischen Abbildung entspricht, in der die exakten Loxodromen eingerechnet und zum Vergleich herangezogen werden können. Eine Voruntersuchung, die Abweichungen mittels einer Affintransformation genügend klein zu halten, brachten aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Deshalb wurde die „Entzerrung“ mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung und dem Programm *Mathematica® 8* realisiert.

Als Transformationsmodell für die Entzerrung (auch: Image Warping [13]) wurde die von *Hardy [1971]* entwickelte *„Multiquadratische Interpolation“* gewählt. Dieses Verfahren [14] ist zwar je nach Anzahl der Referenzpunkte rechenintensiv, aber rechentechnisch einfach umzusetzen und liefert in seiner gesamten Homogenität optimale Ergebnisse. Die Implementierung der multiquadratischen Interpolationsmethode in *Mathematica*-Notebook-Files wurde vom Autor ursprünglich für die Generierung von Verzerrungsnetzen für Altkarten und zur Bestimmung lokaler Abbildungsverzerrungen in Altkarten entwickelt *[Beineke, 2001; 2007]*. Für die vorliegende Studie mussten sie nur für die digitale Bildverarbeitung etwas modifiziert werden, da hier mit Bildkoordinaten (Pixeln) gerechnet wird.

Um die (unbekannten) Transformationsparameter der multiquadratischen Interpolation zu bestimmen, wurden zunächst die IST-Koordinaten (ξ, η) aller $n = 30$ Netzschnittpunkte (vom Äquator bis zur nördlichen Breite von 70°, inklusive Polar- und Wendekreis) des ausgewählten Globusstreifens mittels Bildschirmdigitalisierung erfasst. Anschließend wurden die SOLL-Koordinaten (x, y) der 30 Netzschnittpunkte nach den Formeln der Netzabbildung für Globenstreifen [4] berechnet, wobei die Formeln allerdings noch für Bildkoordinaten angepasst werden mussten (zusätzliche Translation in x- und y-Richtung auf den Schnittpunkt von Mittelmeridian und Äquator im Bildsystem, sowie die Umrechnung der Maßstabsfaktoren in Pixel-Einheiten).

Mit den Komponenten aller Fehlervektoren (Koordinaten-Abweichungen: IST − SOLL)

$$\mathbf{f}_x = \boldsymbol{\xi} - \mathbf{x} \text{ und } \mathbf{f}_y = \boldsymbol{\eta} - \mathbf{y}$$

und der Kernfunktionsmatrix $\mathbf{D}$, deren $n \times n$ Elemente

$$d_{ij} = +\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + G}\,; \; i,j = 1 \cdots n$$

aus den SOLL-Koordinaten der Netzschnittpunkte nach [4] und einem Glättungsfaktor [15] G berechnet werden, ergeben sich die $2 \times n = 60$ Transformationsparameter $(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ wie folgt:

$$\mathbf{a} = \mathbf{D}^{-1}\,\mathbf{f}_x \text{ und } \mathbf{b} = \mathbf{D}^{-1}\,\mathbf{f}_y\,.$$

Die multiquadratische Interpolation eines beliebigen Bildpunktes an der Position $\mathbf{p} = (\xi, \eta)^{\mathrm{T}}$ liefert den Fehlervektor:

$$\mathbf{f} = \begin{pmatrix} f_x \\ f_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}^{\mathrm{T}}\,\mathbf{s} \\ \mathbf{b}^{\mathrm{T}}\,\mathbf{s} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot s_i(\xi, \eta) \\ \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot s_i(\xi, \eta) \end{pmatrix}\,. \qquad [5]$$

Darin ist $\mathbf{s} = \left(s_1, s_2, \cdots s_n\right)^{\mathrm{T}}$ der Streckenvektor, der aus den Distanzen des Interpolationspunktes (ξ, η) zu allen 30 berechneten SOLL-Koordinaten der Netzschnittpunkte $\left(x(\lambda, \varphi), y(\lambda, \varphi)\right)$ unter Einbeziehung des Glättungsfaktors (G) gebildet wird:

$$s_i(\xi, \eta) = +\sqrt{(\xi - x_i)^2 + (\eta - y_i)^2 + G}\,; \; i = 1 \cdots n\,.$$

Die eigentliche Bildtransformation (Entzerrung) wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Für jeden Bildpunkt (ξ, η) der Graustufen-Quelldatei (verzerrter Globusstreifen, Abb. 6) wird der Fehlervektor (f_x, f_y) nach [5] berechnet. Bei einer Bildgröße der Vorlage von $\mathrm{B}_{Pixel} \times \mathrm{H}_{Pixel} = 606 \times 1774$ sind insgesamt 1 075 044 Bildpunkte zu berechnen.
2. Für jeden Bildpunkt (ξ, η) der Quelldatei wird an der auf eine ganze Zahl gerundeten Bildpunktposition [16] $\mathrm{Round}(\mathbf{b})$ mit $\mathbf{b} = \mathbf{p} + \mathbf{f} = \left(\xi + f_x,\ \eta + f_y\right)^{\mathrm{T}}$ der Grauwert entnommen und der Zieldatei (entzerrter Globusstreifen) an der Bildpunktposition $\mathbf{p} = (\xi, \eta)^{\mathrm{T}}$ zugeordnet.

Auf diese Weise werden die an den „fehlerhaften“ Stellen liegenden Graustufenwerte des verzerrten Globus-

[13] Vom englischen „warp“ = verformen, verzerren; hier aber mehr im Sinne von „entzerren“ zu verstehen.

[14] Praktische Anwendungen mit detaillierten Beschreibungen sind zu finden in *Beineke [2001; 2007].*

[15] Hier wurde G = 10 gesetzt. Näheres zum Glättungsfaktor siehe *Beineke [2007].*

[16] Dies ist in der digitalen Bildverarbeitung die einfachste Methode für Farb/Grauwert-Interpolationen und wird als *„Nächster Nachbar“* (engl.: nearest neighbor) bezeichnet.

streifens an die korrekte (Soll-)Position verschoben. Das Ergebnis der gesamten Bildtransformation ist in Abb. 7 dargestellt und zeigt, dass nun die Parallelkreise und Meridiane des Mercator-Globusstreifens mit dem exakten Gitternetzbild nach der Polykonischen Netzabbildung deckungsgleich sind.

5.6 Visualisierung der Genauigkeit der Rumblinien Mercators

Mit den Formeln [2] bzw. [3] und [4] konnten nach der Bildentzerrung (Kap. 5.5) schließlich die exakten Loxodromen in das entzerrte Globussegment integriert werden. In Abb. 8 sind die Loxodromen für die ersten drei Strichrosen dargestellt und in Abb. 9 und 10 die Loxodromen der 4. Strichrose in zwei verschiedenen Variationen. Betrachten wir im Folgenden die von den einzelnen Strichrosen ausgehenden Rumblinien/Loxodromen, wobei die Strahlen der zweiten Strichrose nur das um den Mittelmeridian gespiegelte Abbild der Strahlen der ersten Strichrose sind.

Zur ersten und zweiten Strichrose (Abb. 8):

Die Rumblinien MERCATORs stimmen im Großen und Ganzen in ihrem gesamten Verlauf erstaunlich gut mit den exakten Loxodromen überein. Die leichten Abweichungen im Mittelbereich liegen in der Größenordnung der Zeichengenauigkeit. Nur die Schnittpunkte der zweiten und dritten Rumblinie ($\alpha_2 = \pm 22½°$, $\alpha_3 = \pm 33¾°$) mit dem westlichen bzw. östlichen Grenzmeridian sind deutlich zu weit südlich kartiert worden. Die Abweichung der dritten Rumblinie (ca. 1°) fällt am stärksten ins Auge und hat gravierende Auswirkungen auf die Lage der vierten Strichrose.

Zur dritten Strichrose (Abb. 8):

Die Lage der dritten Strichrose wurde von MERCATOR exakt kartiert. Der Mittelpunkt dieser Strichrose ist der Schnittpunkt der vierten Rumblinie ($\alpha_4 = -45°$) der ersten Strichrose mit dem westlichen Grenzmeridian und liegt bei $\varphi = 28°42'58{,}6"$. So exakt wie die Lage dieser Strichrose auch kartiert wurde, die meisten der davon ausgehenden Rumblinien weichen in ihrem gesamten Verlauf augenscheinlich von der genauen Lage der Loxodromen (blau markiert) ab, wobei die größten Abweichungen allerdings kleiner als 0,5° sind. Insbesondere die ungenaue Kartierung der sechsten Rumblinie ($\alpha_6 = 67{,}5°$) hat spürbare Auswirkungen auf die Lage der vierten Strichrose.

Zur vierten Strichrose (Abb. 9 und 10):

Nach MERCATORs Eintragung ist die Lage der vierten Strichrose der Schnittpunkt der dritten Rumblinie ($\alpha_3 = 33¾°$) der zweiten Strichrose (in Abb. 8 rote Linie) mit der sechsten Rumblinie ($\alpha_6 = 67{,}5°$) der dritten Strichrose (in Abb. 8 blaue Linie) und liegt theoretisch exakt bei $\lambda = 357°42'59{,}0"$ und $\varphi = 38°16'10{,}7"$. Wie aber deutlich aus Abb. 8 hervorgeht, hat MERCATOR den Mittelpunkt der Strichrose zu weit nach Osten kartiert, und zwar bei $\lambda = 358°16'$ und $\varphi = 38°13'$. Das ergibt bei fast der gleichen Breite eine Differenz in der Länge von ca. 0,6°. Geht man von MERCATORs Lage der Strichrose aus und trägt davon die exakten nach [2] bzw. [3] und [4] berechneten Loxodromen ein (Abb. 9), ergeben sich um die Strichrose selber geringe Abweichungen, aber zum Äquator hin treten sichtbar erhebliche Differenzen von bis zu 1° auf. Geht man hingegen von der theoretisch exakten Lage aus (Abb. 10), so treten die größten Abweichungen um die Strichrose selber und nördlich davon auf.

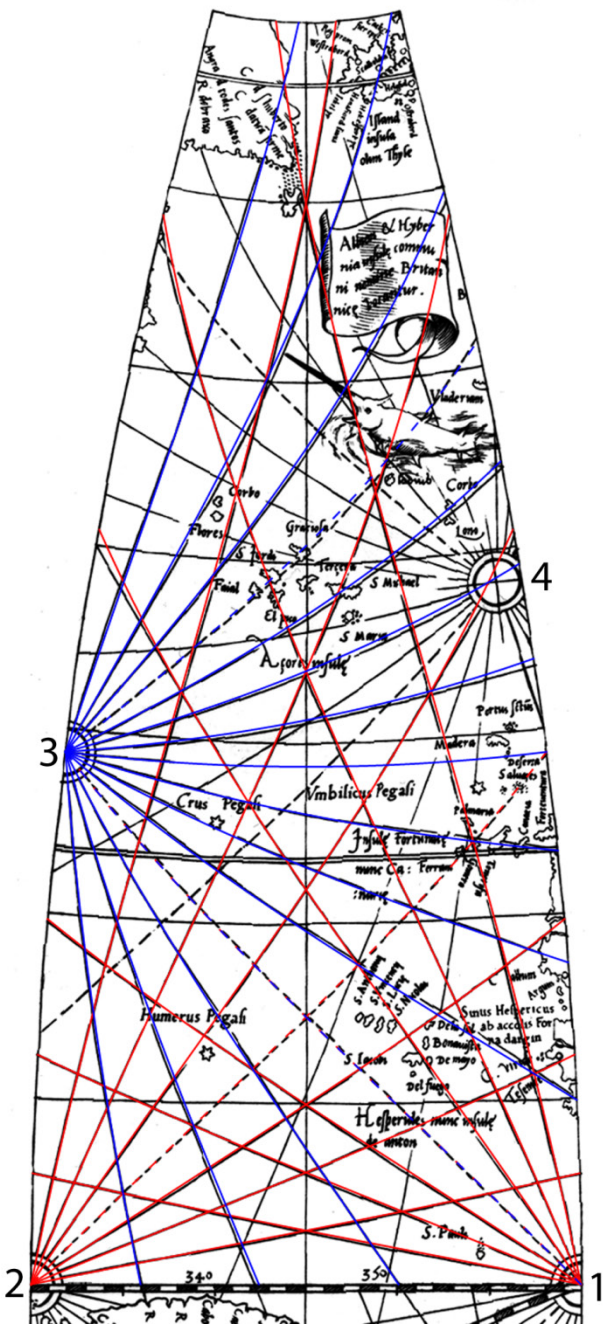


Abb. 8: *MERCATORs Rumblinien der ersten drei Strichrosen im Vergleich zu den exakten Loxodromen (rot, blau)*

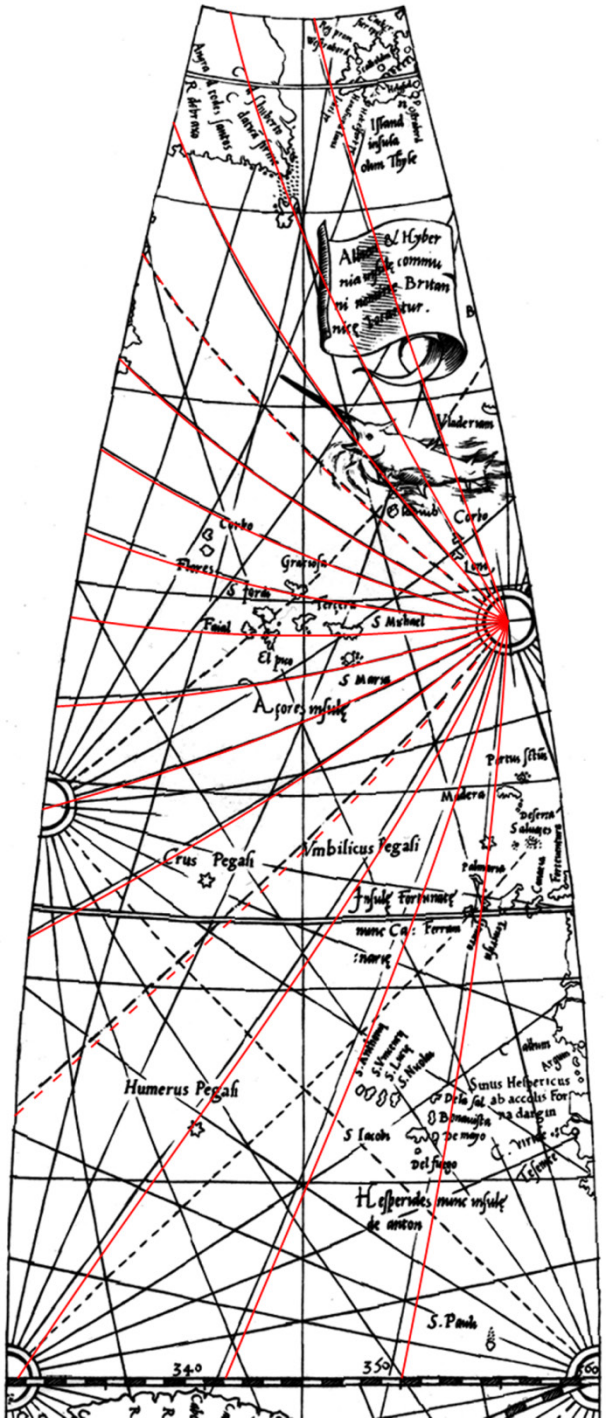


Abb. 9: Die Loxodromen der vierten Strichrose, ausgehend von der tatsächlichen Lage nach MERCATOR.

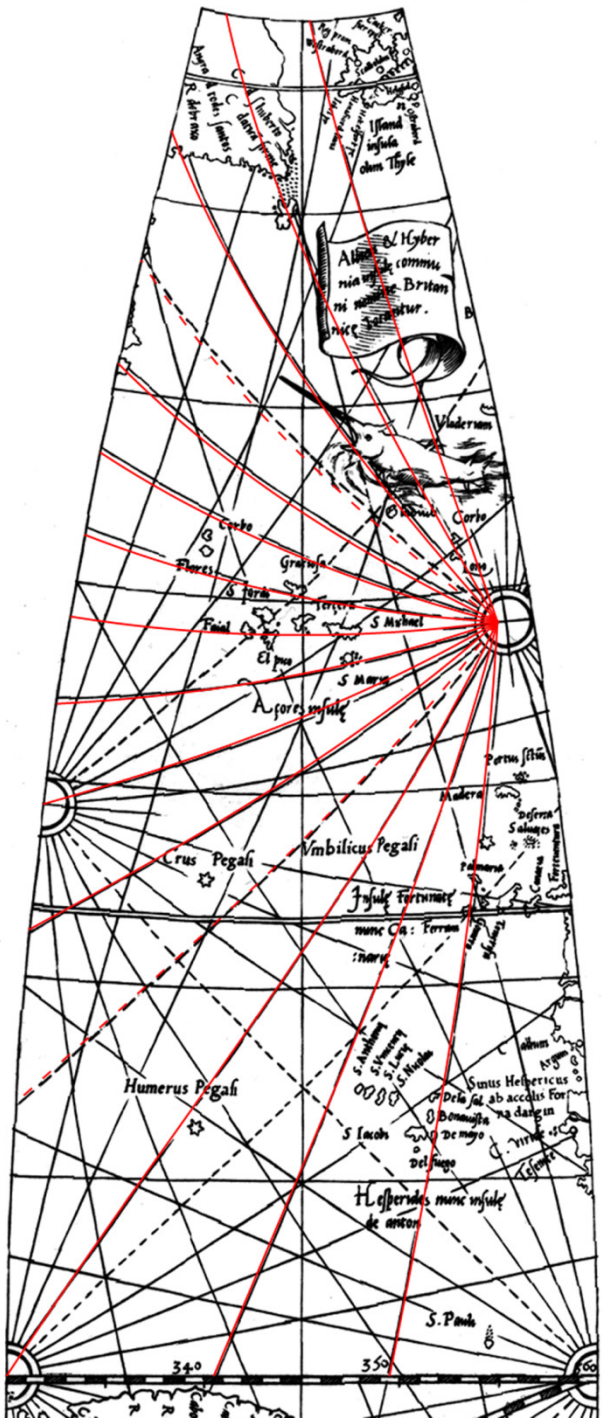


Abb. 10: Die Loxodromen der vierten Strichrose, ausgehend von der theoretisch exakten Lage.

5.7 Fazit

Alle Rumblinien MERCATORs, die vom Äquator ausgehen, sind mit relativ hoher Genauigkeit eingetragen. Alle anderen sind zum Teil hinreichend bis fehlerhaft kartiert. Aber im Großen und Ganzen gesehen ist MERCATOR unter Berücksichtigung der Möglichkeiten seiner Zeit eine erstaunlich gute Konstruktion der Rumblinien bzw. Loxodromen gelungen.

6. Literatur und Quellen

Beineke, Dieter [2001]: Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 71, Neubiberg, 155 S.
ISSN 0173-1009

Beineke, Dieter [2007]: Zur Bestimmung lokaler Abbildungsverzerrungen in Altkarten mit Hilfe der multiquadratischen Interpolationsmethode. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 114. Jhrg., Heft 1, Berlin, S. 19-27.
ISSN 0002-5968

Breusing, Arthur [1869]: Gerhard Kremer gen. Mercator, der deutsche Geograph. Vortrag von Dr. Breusing, Direktor der Steuermannsschule in Bremen, gehalten zu Duisburg am 30. März 1869. Selbstverlag des Comités, Duisburg, 61 S.
http://books.google.de/books?id=a05NAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
letzter Aufruf: 23.04.2012.

Breusing, Arthur [1881]: Zur Geschichte der Kartographie. La toleta de Marteloio und die loxodromischen Karten. In: Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, unter Berücksichtigung des höheren geographischen Unterrichts, Band 2, Weimar, S. 129-133 und S. 180-195.

Bronstein, Ilja N. / Semendjajew, Konstantin A. / Musiol, Gerhard / Mühlig, Heiner[2008]: Taschenbuch der Mathematik. 7., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main.
ISBN 978-3-8171-2007-9 (Buch)
ISBN 978-3-8171-2017-8 (Buch mit CD-ROM)
http://books.google.de/books?id=VnsL9p8hXfQC&printsec=frontcover&dq=Taschenbuch+der+Mathematik&hl=de&sa=X&ei=FvKoT7zoPOvP4QTq3ZGTCQ&ved=0CEQQ6AEwAA#v=onepage&q=Taschenbuch%20der%20Mathematik&f=false
letzter Aufruf: 08.05.2012.

Clark, Kathleen M. / Montelle, Clemency [2010]: Logarithms: The Early History of a Familiar Function. In: The MAA Mathematical Sciences Digital Library (MathDL). Online Publikation.
http://http://mathdl.maa.org/mathDL/?pa=content&sa=viewDocument&nodeId=3495&pf=1
letzter Aufruf: 08.05.2012.

De Smet, Antoine [1968]: Les Sphères Terrestre et Céleste de Gérard Mercator 1541 et 1551. Reproductions anastatiques des fuseaux originaux gravés par Gérard Mercator et conservés à la Bibliothèque royale à Bruxelles. Éditions Culture et Civilisation, Brüssel. 21 S und 10 Bl.

D'Hollander, Raymond [2005]: Loxodromie et projection de Mercator. Avec la collaboration de Henrique Leitão, Bernard Leclerc, Henri Marcel Dufour. Institut océanographique, Paris / Monaco, 239 S.
ISBN 2-903581-31-2

Günther, Siegmund [1879]: Geschichte der loxodromischen Curve. In: *Günther, Siegmund:* Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie, Heft 6. Nebert, Halle an der Saale, S. 333-407.

Hake, Günter / Grünreich, Dietmar [1994]: Kartographie. 7., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Walter de Gruyter, Berlin / New York, 599 S.
ISBN 3-11-013397-0

Hardy, Rolland L. [1971]: Multiquadratic Equations of Topography and Other Irregular Surfaces. In: Journal of Geophysical Research, Band 76, Heft 8, Washington, S. 1905-1915.
ISSN 0148-0227

Hardy, Rolland L. [1972]: Geodetic Applications of Multiquadratic Analysis. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 79. Jhrg., Heft 10, Berlin, S. 398-406.
ISSN 0930-5513

Harvard College Library [o. J.]: An Introduction to The Mercator Globes at Harvard Map Collection. Online-Publikation.
http://hcl.harvard.edu/libraries/maps/exhibits/mercator/main.html
letzter Aufruf: 19.04.2012.

Horst, Thomas [2012]: Die Welt als Buch. Gerhard Mercator (1512-1594) und der erste WeltATLAS. Bildband anlässlich der Faksimilierung des Mercatoratlas von 1595 (2°Kart. B 180 / 3) der Staatsbibliothek zu Berlin - Preußischer Kulturbesitz, mit allen Kartentafeln dieser Ausgabe. Faksimile Verlag / wissenmedia in der inmediaONE] GmbH, Gütersloh / München, 400 S.
ISBN 978-3-577-12499-7

Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz (Bearb.) [1986]: Lexikon zur Geschichte der Kartographie. Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. 2 Bände. Die Kartographie und ihre Randgebiete, Bände C/1 und C/2. Deuticke, Wien, zus. 988 S.
ISBN 3-7005-4562-2

Kretschmer, Ingrid [1993]: Mercators Bedeutung in der Projektionslehre (Mercatorprojektion). In: *Büttner, Manfred / Dirven, René (Hsrg):* Mercator und Wandlungen der Wissenschaften im 16. und 17. Jahrhundert. Referate des 1. Mercator-Symposiums, Duisburg, 8.-9. März 1992. Duisburger Mercator-Studien, Band 1. Brockmeyer, Bochum, S. 151-174.
ISBN 3-8196-0155-4

Krücken, Wilhelm / Milz, Joseph (Hrsg.) [1994]: Gerhard Mercator. Weltkarte ad usum navigantium, Duisburg 1569, verkleinert reproduziert nach dem Originaldruck der Universitätsbibliothek zu Basel. Mercator Verlag, Duisburg.
ISBN 3-87463-211-3

Muris, Oswald / Saarmann, Gert [1961]: Der Globus im Wandel der Zeiten – Eine Geschichte der Globen.

Columbus Verlag Paul Oestergaard, Berlin / Beutelsbach bei Stuttgart, 287 S.

Napier, John [1614]: Mirifici Logarithmorvm Canonis Descriptio, Ejusque usus, in utraque Trigonometria, ut etiam in omni Logistica Mathematica, amplissimi, facillimi, et expeditissimi explicatio. Hart, Edinburgi (Edinburgh), 99, 51 S.

http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN527914568&IDDOC=308989

letzter Aufruf: 19.04.2012.

Napier, John [1618]: A Description of the Admirable Table oe Logarithmes: With A Declaration of the most Plentifull, Easie, and Speedy vse thereof in both kindes of Trigonometry, as also in all Mathematicall Calculations. Invented and published in Latine by that Honorable Lord Iohn Nepair, Baron of Marchiston, and translated into English by the late learned and famous Mathematician Edward Wright. With an addition of the Instrumentall Table to finde the part Proportionall, intended by the Translator, and described in the end of the Booke by Henrie Brigs Geometry-reader at Gresham-house in London. All perused and approued by the Authour, and published since the death of the Translator. Whereunto is added new Rules for the case of the Student. Waterson, London, 22, 89, 91, 8 S.

http://eebo.chadwyck.com/search/full_rec?EeboId=99900419&ACTION=ByID&SOURCE=pgimages.cfg&ID=V152088&FILE=&SEARCHSCREEN=param%28SEARCHSCREEN%29&VID=152088&PAGENO=1&ZOOM=100&VIEWPORT=&CENTREPOS=&GOTOPAGENO=&ZOOMLIST=100&ZOOMTEXTBOX=&SEARCHCONFIG=param%28SEARCHCONFIG%29&DISPLAY=param%28DISPLAY%29

letzter Aufruf: 23.04.2012.

http://www.google.de/#hl=de&gs_nf=1&pq=from%20the%20tomash%20library%20on%20the%20history%20of%20computing&cp=63&gs_id=fw&xhr=t&q=From%20the%20Tomash%20Library%20on%20the%20History%20of%20Computing%20john%20napier&pf=p&sclient=psy-ab&oq=From+the+Tomash+Library+on+the+History+of+Computing+john+napier&aq=f&aqi=&aql=&gs_l=&pbx=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&fp=f31b5362d81c58c5&biw=1302&bih=1029

letzter Aufruf: 08.05.2012.

Nunes, Pedro [1566]: Petri Nonii Salaciensis Opera, qvæ complectvntvr, primvm, dvos libros, in qvorvm priore tractantvr pvlcherrima problemata. In altero traduntur ex Mathematicis disciplinis regulæ & instrumenta artis nauigandi, quibus uaria rerum Astronomicarum *φαινόμενα* circa cœlestium corporum motus explorare possumus. Deinde Annotationes in Aristotelis Problema Mechani cum de Motu nauigij ex remis. Postremo, Anntationes in Planetarum Theoricas Georgii Pvrbachii, quibus multa hactenus perperam intellecta, ab alijsq; præterita exponuntur. Quæ quemadmodum mole exigua uidentur, ita uirtute ingentia, Lector candide, intelliges. Ex officina Henricpetrina, Basileae (Basel), 207 S.

http://digital.slub-dresden.de/id27409276X

letzter Aufruf: 19.04.2012.

Oberhummer, Eugen [1923]: Alte Globen in Wien. In: Anzeiger, Akademie der Wissenschaften in Wien, Philosophisch-historische Klasse, 59. Jhrg. 1922, Wien / Leipzig. S. 87 ff.

ISSN 0378-8652

Snellius, Willebrord [1624]: Tiphys Batavus, sive Histiodromice, de navium cursibus, et re navali. Edita primò Lugduni Batavorum, ex Officinâ Elzevirianâ, Anno Domini 1624; nunc verò demùm impressa in Officinâ Jonæ Davis, Londini, Anno Domini 1795, 271 S.

http://books.google.de/books/about/Tiphys_batavus.html?hl=de&id=RkszJlyJbGAC

letzter Aufruf: 23.04.2012.

Snyder, John P. [1987]: Map Projections – A Working Manual. U. S. Geological Survey Professional Paper 1395. United States Government Print Office, Washington, 383 S.

ISBN 0-318-23562-5

http://www.scribd.com/doc/36982366/Map-Projections-A-Working-Manual-Snyder

letzter Aufruf: 20.04.2012.

Stevin, Simon [1605]: Hypomnemata Mathematica. Tomvs primvs: De Cosmographia. E Belgico in Latinum a Willebrordo Snellio conversa. Patius, Lugdunum Batavorum (Leiden), 343, 188, 335 S.

http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?dir=stevi_hypom_529_la_1605;step=thumb

letzter Aufruf: 19.04.2012.

Scanseite 457 (Secunda partes, Seite 93):
http://archimedes.mpiwg-berlin.mpg.de/cgi-bin/toc/toc.cgi?dir=stevi_hypom_529_la_1605;step=thumb

letzter Aufruf: 19.04.2012.

Van der Krogt, Peter [1993]: Der Erdglobus von Mercator aus dem Jahre 1541. In: *Büttner, Manfred / Dirven, René (Hsrg):* Mercator und Wandlungen der Wissenschaften im 16. und 17. Jahrhundert. Referate des 1. Mercator-Symposiums, Duisburg, 8.-9. März 1992. Duisburger Mercator-Studien, Band 1. Brockmeyer, Bochum, S. 175-183.

ISBN 3-8196-0155-4

Van der Krogt, Peter [1994]: Erdgloben, Wandkarten, Atlanten – Gerhard Mercator kartiert die Welt. In: *Stadt Duisburg – Kulturdezernat (Hrsg.):* Gerhard Mercator, Europa und die Welt: Begleitband zur Ausstellung "Verfolgt, geachtet, universal – Gerhard Mercator, Europa und die Welt" anlässlich des 400. Todestages von Gerhard Mercator im Kultur- und Stadthistorischen Museum Duisburg vom 4. September 1994 bis zum 31. Januar 1995. Duisburg, S. 90.

ISBN 3-89279-043-4

Wagner, Hermann [1915a]: Gerhard Mercator und die ersten Loxodromen auf Karten. In: Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Zeitschrift für Seefahrt und Meereskunde, 43. Jhrg., Heft VII, Hamburg, S. 299-352.
ISSN 0174-8114

Wagner, Hermann [1915b]: Kartometrische Analyse der Weltkarte G. Mercators vom Jahre 1569. In: Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Zeitschrift für Seefahrt und Meereskunde, 43. Jhrg., Heft IX, Hamburg, S. 377-394.
ISSN 0174-8114

Wagner, Hermann [1917]: Die loxodromische Kurve bei G. Mercator. Eine Abwehr gegenüber Senhor Joaquim Bensaude. In: Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Philologisch-Historische Klasse. Göttingen, S. 254-267.

Wagner, *Karlheinz [1962]:* Kartographische Netzentwürfe. 2. Auflage, Bibliographisches Institut, Mannheim, 303 S.

Wikipedia (Hrsg.) [2010]: User: Peter Mercator / Draft for Mercator. Online Publikation.
http://en.wikipedia.org/wiki/User:Peter_Mercator/Draft_for_Mercator
letzter Aufruf: 08.05.2012.

Wright, Edward [1599]: Certaine Errors in Navigation, arising either of the ordinarie erroneous making or vsing of the sea Chart, Compasse, Cross staffe, and Tables of declinations of the Sunne, and fixed Starres detected and corrected. Valentine Sims, London.
With an additional account of the voyage of the Earl of Cumberland to the Azores (1589) and a map of part of Europe and Africa in the exact Mercator projection. A facsimile of the second revised and expanded edition, Kingstō, London, 1610. Facsimile edition by Johnson, Norwood, 1974.
ISBN 90-221-0703-5
ISBN 978-90-221-0703-4

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Dieter Beineke

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, Lehrstuhl für Kartographie und Topographie,
D-85577 Neubiberg

E-Mail: dieter.beineke@unibw.de

Manfred Buchroithner

Cogito ubi sum

Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten (und deren Benutzung !)[1]

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Gefahr, dass die Benutzung von Satellitennavigationssystemen das Potenzial zur Generierung unserer mentalen Karten mittelfristig herabsetzen kann, wird dazu aufgerufen, das „klassische" Kartenstudium vor Gebirgs-Freiluftaktivitäten anstelle des Verfolgens von abgespeicherten GPS-Koordinaten wieder zu beleben. Hierzu sollen allerdings Bild- und Strich-Gebirgskarten vorliegen, die eine entsprechend gute Qualität haben und die leichte Ableitung eines dreidimensionalen „Raummodells" erlauben. Beispiele hierfür werden gegeben.

Summary

There exists a serious threat that the use of satellite-navigation systems might in the medium term decrease our potential to generate mental maps. Against the background of this fact a call is made to revive the „classical" map reading prior to alpine outdoor activities, instead of simply following GPS coordinates stored in a navigation device. This, however, implies image- and line-maps of adequate quality which permit the easy deduction of a three-dimensional „spatial model". Examples of those mountain maps are presented.

1. Prolog

Langsam gleitet unser Langboot durch den dichten Dschungel den Melinau River entlang. *„Sie leben nur linear!"* sagt mein Freund KAZIMIERZ. Mit *„sie"* meint er die auf Borneo lebenden Penan, und er hat einen guten Grund, dies zu sagen, ist er doch Lecturer für Kartographie und Geoinformatik an der Universität in Brunei und weiß aus jahrelanger Erfahrung, dass das Leben in dem immer weniger werdenden Urwald Borneos sich fast nur entlang der Flüsse abspielt und daher auch das Weltbild, die kognitive Landkarte des Lebensraumes der Eingeborenen, primär *„linear"* ist. Die Gipfel des Mulu-Gebirges im Hintergrund liegen außerhalb ihrer streifenförmigen mentalen Karte, weit weg am Horizont. – Doch, geht es mir durch den Kopf, wie ist das denn bei uns in den Alpen, in Europa, wie steht es um die „mental maps" der jungen Generation, vor allem der bergsteigenden?

2. Plädoyer 1: für die „mentale Karte des Bergsteigers"

Nun, bis vor einiger Zeit im allgemeinen noch relativ gut, zumindest was die zweidimensionale Erstellung unserer „virtuellen Landschaft" im Hirn anbelangte (mit dem spontanen Ableiten der dritten Dimension aus Karten ist das schon so eine Sache, wie großangelegte Tests bei Alpinausbildungen zeigten *[Buchroithner, 2007; Buchroithner/Habermann, 2010]*). Doch mit dem Aufkommen des „Allheilmittels" der satellitenbasierten Navigation änderte sich die Sache: unser „Raumwissen", wie es der Bergführer und Psychotherapeut *Martin Schwiersch [2011]* nennt, ist im Schwinden begriffen. Ich nenne es *„den Verlust unserer kognitiven Landkarten"* und kann SCHWIERSCH nur zustimmen. Mit Bezug auf den heute im Gebirge vielfach allgegenwärtigen, Gebrauch von GPS-Instrumenten schreibt er: *„Doch wenn ich mir vor Augen führe, in welche Abhängigkeit wir uns von Strom- und Strahlungsnetzen begeben und dass wir die fehlende mentale Landkarte nicht mal mehr als einen Verlust erleben – dann gruselt es mich: Ich weiß zwar nur grob, wo ich bin, aber das macht nichts. Der Pfeil zeigt mir, dass ich richtig bin. Welt am Draht: Na und?" [Schwiersch, 2011].*

„Cogito ergo sum." – „Ich denke, daher bin ich.", diesen berühmten Satz hat der französische Philosoph, Naturwissenschaftler und Mathematiker RENÉ DESCARTES 1644 geprägt (ursprünglich 1637 auf Französisch *„Je pense, donc je suis."*). Unbeschadet der von JAAKKO HINTIKKA und vor allem RUDOLF CARNAP, auch unter Bezug auf IMMANUEL KANT, geäußerten heftigen Kritik an diesem vielzitierten Satz *[Carnap, 1931]*, gehe ich in Weiterführung dieser Feststellung so weit, zu sagen, dass ich, wenn ich nicht mehr weiß, wo ich mich befinde, *„wo ich bin" („ubi sum")*, meine Existenz, mein Leben, im Gebirge schnell einmal gefährdet sein oder gar ein Ende finden kann. *„Ich behaupte, dass die ‚Welt' für denjenigen, der sich ausschließlich auf Draht und Strahlungssignal verlässt, wieder ein bedrohliche-*

[1] Abgeänderte, aktualisierte und erweiterte Version eines im Frühjahr 2011 erstellten Manuskriptes für das Alpenvereinsjahrbuch *„Berg 2012" [Buchroithner, 2011]*.

rer Ort wird. ... Eine mentale Landkarte, die ich nicht habe, kann mich also auch nicht entspannt aufbrechen lassen. Gelände wird zum großen Unbekannten." erlaube ich mir wieder, *Martin Schwiersch [2011]* zu zitieren. Verlass auf Positionssignale – eine vielleicht trügerische Sicherheit.

„Cogito ubi sum." – „Ich weiß, wo ich bin." sollte heute bei den Betreibern von „Outdoor-Sportarten" wieder mehr Bedeutung gewinnen. Vor dem Antritt einer Tour im alpinen Gelände muss die Tourenplanung mit der papierenen oder elektronischen Landkarte und der Bildung meiner persönlichen mentalen Landkarte, meiner „virtuellen Landschaft im Hirn", wieder an die Stelle des „Ladens" von GPS-Koordinaten auf mein iPhone oder ein sonstiges „mobile device" treten.

3. Plädoyer 2: für praktikable, gute Hochgebirgskarten

Allerdings: Eine Voraussetzung für die Erstellung meiner „mental map", meiner Landschaft im Gehirn, muss es geben: eine Gebirgskarte von adäquater Qualität und ausreichendem Detail. Und hier kommt zweifelsohne der Alpenvereins-Kartographie eine den satzungsmäßigen Auftrag des Alpenvereins bei weitem übersteigende kulturelle Bedeutung zu. Eine gute Landkarte weist in abstrahierter, d. h. aufbereiteter, Form Geo-Information in einem Maße und in einer Weise auf, die es dem Benutzer ermöglicht, sich seine eigene „kognitive 3D-Landkarte" zu machen. Wenn nun der sogenannte Immersionsgrad einer Karte, also die Möglichkeit, möglichst spontan in die „virtuelle Landschaft" einzutauchen, hoch sein soll, dann bieten sich Farbluftbilder oder – heute aufgrund ihrer extrem hohen Auflösung in zunehmendem Maße – Satellitenbilder als Hintergrund an. Auf deren Basis kann, bei überlagerter Strichinformation, auch der im Interpretieren von solchen Fernerkundungsbildern nicht so Versierte in Summe ein Maximum an Information über ein Berggebiet, und das in kürzester Zeit, gewinnen.

Als ein sehr gelungenes Beispiel einer derartigen CIL Map – einer *„combined image-line map"* – aus jüngerer Zeit möchte ich die neue, 2009 von der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e. V. in München herausgegebene Karte des Vulkans Nevado Chimborazo (6.277 m) in Ecuador im Maßstab 1:20.000 anführen. Hier wurden Farbluftbilder mittels modernster digitaler Bildverarbeitungsmethoden zu einem eindrucksvollen Mosaik zusammengesetzt und mit kartographischen Punkt- und Liniensignaturen, nicht zuletzt mit Höhenlinien, ergänzt. Abbildung 1 vermittelt hier den Eindruck von einer guten Mischung von kartographischer Ästhetik und hohem Informationsgehalt.

Gebirgskarten haben es aber nun leider einmal an sich, dass sie – gerade wenn sie vergletschertes Terrain abdecken – in Zeiten der globalen Klimaveränderung relativ rasch veralten. Hier sind heutzutage viel kürzere Aktualisierungszyklen gefragt als in den vergangenen Jahrzehnten oder Jahrhunderten. Und mit den modernen Technologien von luftgetragenem und terrestrischem Laserscanning sowie den modernen ultrahoch aufgelösten Satellitenbilddaten ist man in der Lage, mit unvergleichlich geringerem Aufwand als früher Kartennachführungen zu realisieren. Falsch liegt allerdings, wer meint, dass sich Geländebegehungen für Kartographen damit erledigt hätten: man denke nur an Wege unter Baum- oder Buschbedeckung oder solche, die auf Felsterrain verlaufen und nicht in Fernerkundungsbildern erkannt werden können.

Ein Beispiel, wo in einem Gebirgsmassiv mit geradezu galoppierendem Tempo die Eismassen zurückgingen, ist die Brentagruppe. Über diese „Gruppo di Brenta" kam im Jahre 1908 von dem kongenialen Duo, dem österreichischen Ingenieurtopographen schweizerischer Herkunft LEO AEGERTER (1875-1953) und dem Wiener Akademischen Maler und Karto-Lithographen HANS ROHN (1868-1955), eine erste Karte heraus. Sie kann mit Fug und Recht als das Beste bezeichnet werden, was zum Zeitpunkt ihres Erscheinens auf dem Gebiet der Hochgebirgskartographie weltweit vorhanden war.

Die Publikationsjahre der weiteren vier Neuausgaben, 1938, 1988, 1996 und 2005[2], mögen zeigen, dass sich in letzter Zeit durch den rapiden Gletscherrückgang in diesem Massiv die Notwendigkeit einer immer rascheren Nachführung ergeben hat, die schließlich in der sechsten, dem Jahrbuch 2012 *[Deutscher Alpenverein et al., 2011]* beigegebenen Ausgabe dieser Alpenvereinskarte im Jahre 2011 resultierte. Im Jahre 2008 hat der Verfasser zusammen mit THOMAS HIMPEL mit finanzieller Unterstützung des Alpenvereins bereits für die schon oben erwähnte Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e.V. eine Sonderausgabe anlässlich *„100 Jahre Alpenvereinskarte Brentagruppe/ Gruppo di Brenta"* mit Einzeichnung der Gletscherstände der Erstausgabe im Maßstab 1:15.000 herausgebracht. Dieser etwas gewöhnungsbedürftige Maßstab resultierte aus Bergsteigerbefragungen mit vergrößerten Kopien auf den Schutzhütten während der Nachführungsgeländearbeit *[Buchroithner/Himpel, 2010]*. Er zeigt, dass für bestimmte Gebiete bzw. Wegverläufe, z. B. bei der bekannten Via ferrata des *„Sentiero delle Bocchette"*, auch die Maßstabsfrage neu zu überdenken ist.

Die eben erwähnte Karte stellt auf eine andere Weise eine Besonderheit beim Einsatz moderner Techniken dar: erstens wurden sogenannte „geotagged" (Stereo-)Fotos, also Bilder, bei denen Aufnahmepunkt und -richtung aufgezeichnet wurden, zur Kartennachführung aufgenommen und zweitens wurden mit einem ter-

[2] Des Weiteren erschien 1991 eine *„Wissenschaftliche Ausgabe mit luftperspektivisch wirksamen Farbhöhenstufen des Geländes im vorherrschenden Landschaftsaspekt u.a." [Neugebauer, 1993]*.

Abb. 1: *Ausschnitt aus der 2009 erschienenen Bild-Strich-Karte des Nevado Chimborazo, Ecuador, im Originalmaßstab 1:20.000 [Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e. V., 2009b].*

restrischen Laserscanner mit einer Reichweite von über fünf Kilometern – aus bestimmten atmosphärisch bedingten Gründen nächtens – die Gletscherstände vermessen. Moderne Satellitenfernerkundung und digitale Bildverarbeitung kamen aber auch bei der Ergänzung der durch den Gletscherrückzug entstandenen „weißen Flecken“, in denen Schuttsignatur und Felsdarstellung – möglichst exakt im Duktus von Großmeister HANS ROHN – zu zeichnen waren, zum Einsatz. Hierbei wurden digitale QuickBird-Satellitenbilder mit einer Originalauflösung von ungefähr einem halben Meter entzerrt und mittels verschiedener Kontrastfilter so aufbereitet, dass dann eine optimierte Grundlage für die händische Zeichnung von Geröll und Felsstruktur vorlag: manuelle Darstellungskunst wie vor hundert Jahren und modernste Digitalmethoden, synergetisch eingesetzt zur Herstellung einer anschaulichen, gut lesbaren und ästhetischen Hochgebirgskarte. Wie vom Verfasser versucht wurde, dieses Ziel zu erreichen, mag aus den Abbildungen 2 a und b sowie 3 a bis c ersichtlich sein.

Werden nun Alpenvereinskarten in Zukunft – im Zeitalter kostenloser Geoinformation im Internet – überhaupt noch eine Berechtigung haben? Ich sage: *„Ja*!“ Nur, zweifelsohne sollte man Überlegungen für zeitgerechte, attraktive und benutzerfreundliche Hochgebirgs-

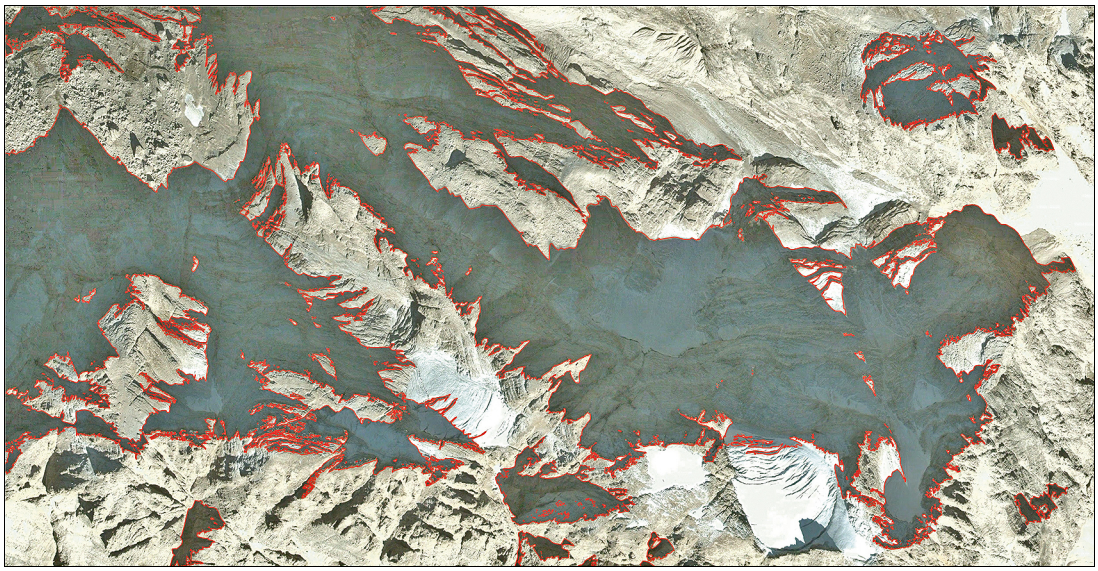


Abb. 2 a: *Kontrast- und kantengefilterte Subszene eines QuickBird-Satellitenbildes vom Sommer 2008 der Nordwand der Cima di Brenta (3.151 m). Die roten Linien markieren markante Felsbänder, aber auch Licht-Schatten-Grenzen. Die Schattenbereiche wurden dann separat bearbeitet.*

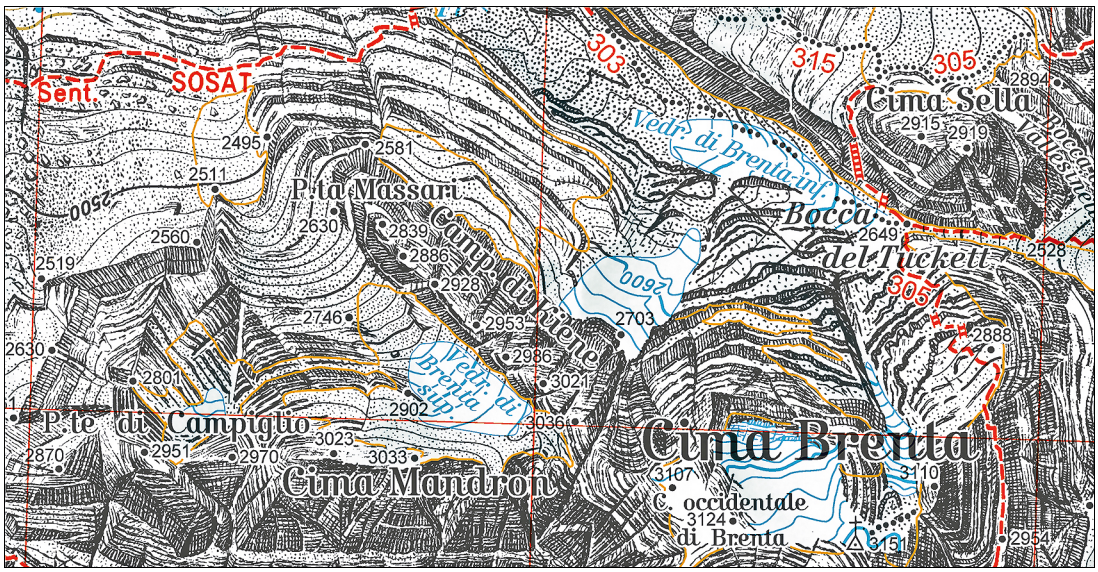


Abb. 2 b: *Identer Bereich in der Jubiläumskartenausgabe der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e. V. von 2009. Man beachte die dem Original nachempfundene Felszeichnung.*

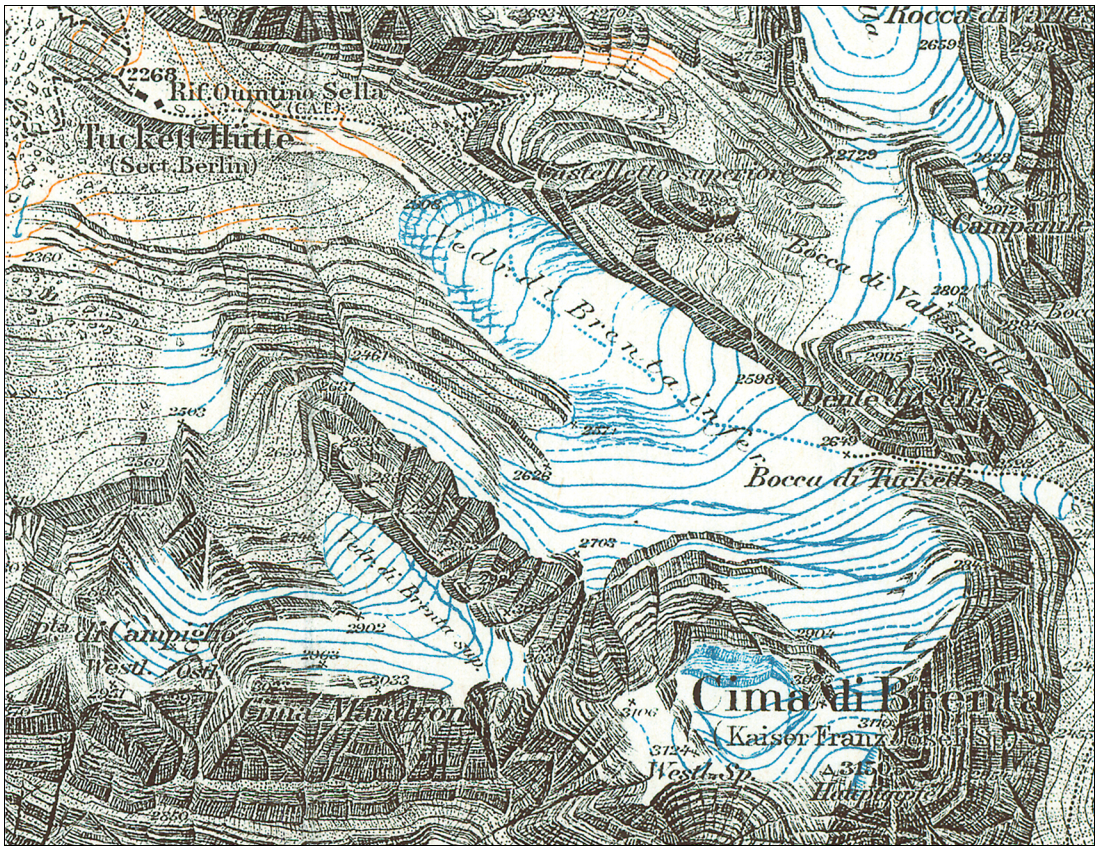


Abb. 3a: *Gipfelbereich der Cima Brenta (3.151 m) im Maßstab 1:15.000, dargestellt in der Originalausgabe von 1908 [Deutscher und Österreichischer Alpenverein, 1908].*

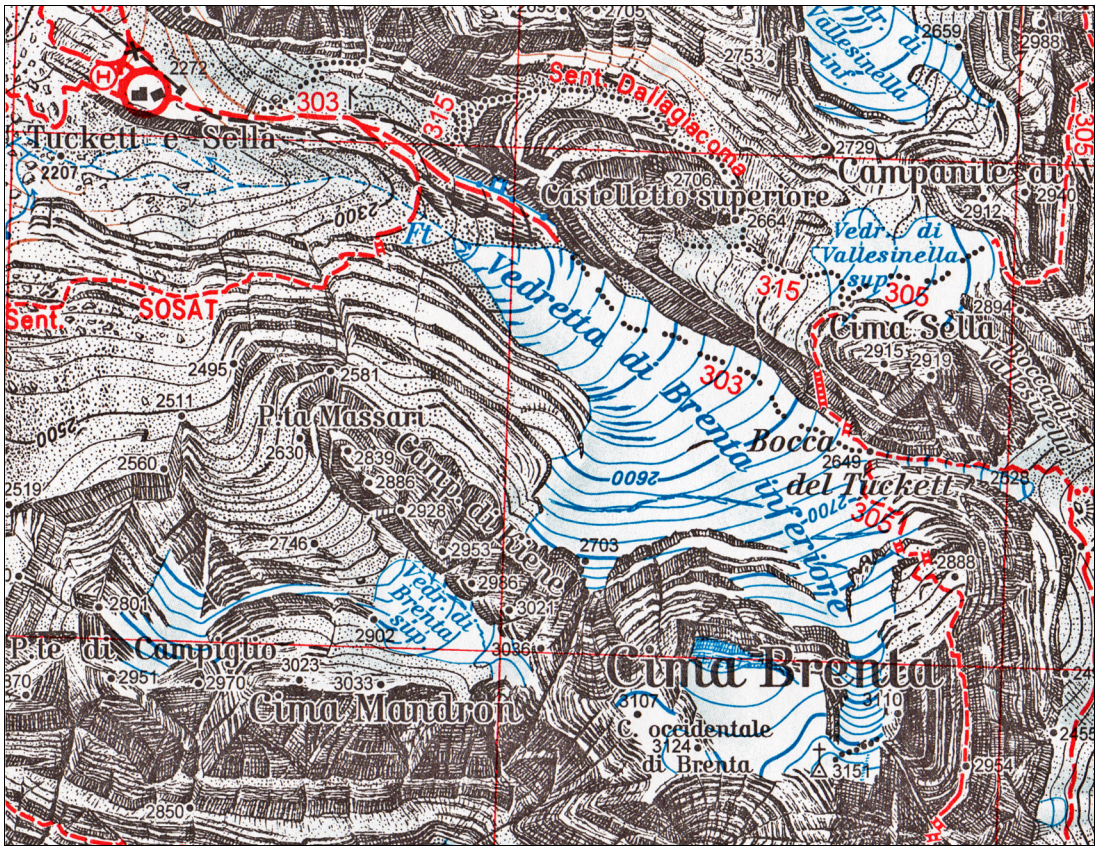


Abb. 3b: *Gipfelbereich der Cima Brenta (3.151 m) im Maßstab 1:15.000, dargestellt in der fünften Ausgabe der Alpenvereinskarte von 2005.*

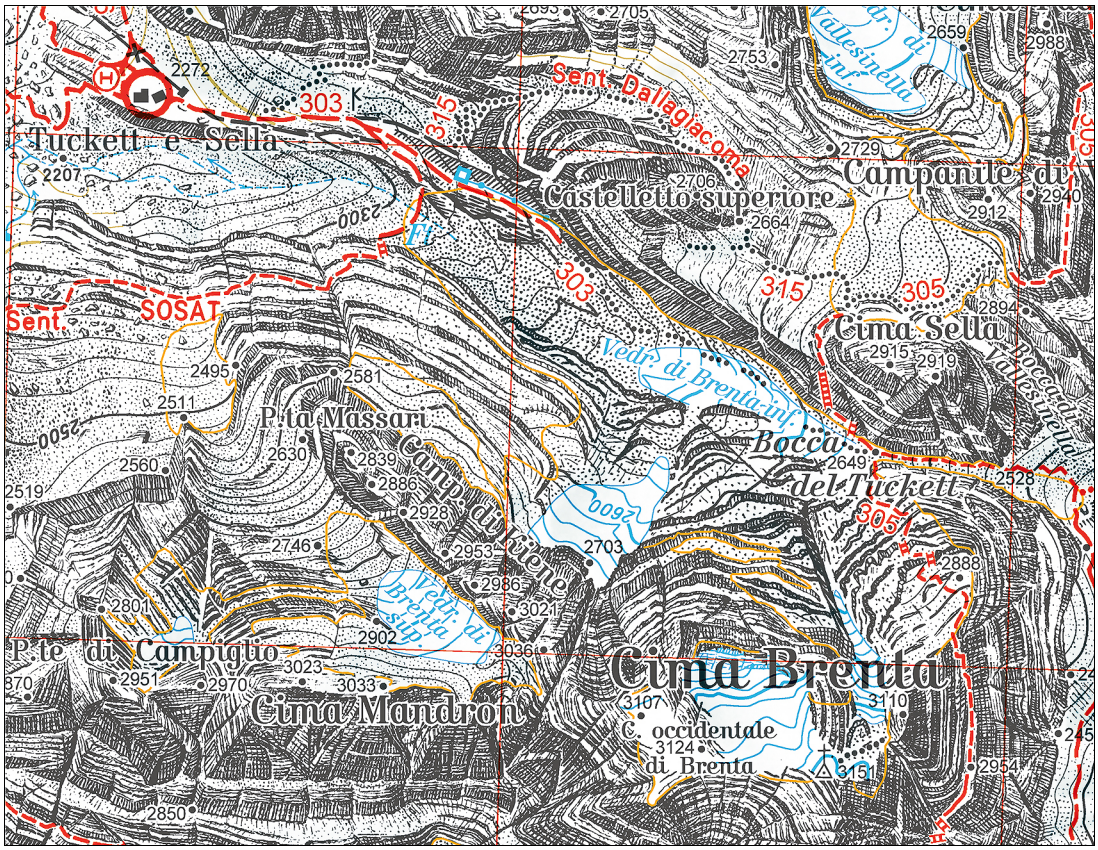


Abb. 3c: *Gipfelbereich der Cima Brenta (3.151 m) im Maßstab 1:15.000, dargestellt in der Jubiläumsausgabe der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e. V. von 2009 (siehe auch Abb. 2b).*

karten anstellen. In welche Richtung die Entwicklungen gehen könnten, wurde bereits mit den gerade vorgestellten Beispielen angedeutet. So wäre sicher zu überdenken, ob man nicht nur die für Bergsteiger wirklich interessanten Bereiche – und diese in einem detailreicheren, größeren Maßstab (etwa 1:20.000) – darstellen sollte und nicht auch entlegene, manchmal uninteressante Randgebiete von Gebirgen. *„Hüttenumgebungskarten"* hieße hier jenes Schlagwort, das heute ja von vielen Alpinisten durch Ausdrucken digitaler Geodaten der „PoIs" (Points of Interest) auf *einem* DIN A4-Blatt in ähnlicher Weise bereits umgesetzt wird. Das Andere wäre die Hinterlegung der Vektor-Strichinformationen mit Raster-Bildinformationen, wie sie bereits von *Jörg Aschenbrenner [1992]* in seiner Dissertation für den Maßstab 1:5.000 vorbildlich konzipiert und bei der oben erwähnten neuen Karte des Vulkans Chimborazo im Maßstab 1:20.000 beispielhaft umgesetzt worden ist (Abb. 1).

Über Konzepte für optimierte kartographische Darstellungen für Bergsteiger haben sich seit den 1970er Jahren verschiedene Kartographen, so der ehemalige Präsident des Österreichischen Alpenvereins ERIK ARNBERGER (unveröffentlichte Skizzen aus einem Nachlass), aber auch der Verfasser *[Buchroithner/Kostka, 1997; Uffmann/Buchroithner, 2010]* und in jüngster Zeit etliche mehr Gedanken gemacht. Darüber wird im nächsten Alpenvereinsjahrbuch zu berichten sein.

4. Epilog

Als ich im Jahre 2004 die damals ganz neue Alpenvereinskarte des Nevado Ojos del Salado-Massivs in Chile/Argentinien in einem Lehrfilm für den DAV vorstellen sollte, wollte ich – *„Die Zukunft ist digital!"* – die elektronische Version auf einem GPS-Gerät zeigen. Ein Bergführerkollege des Summit Club sollte vom Refugio Atacama (5.200 m) mit seinen Leuten Richtung Ojos (6.893 m) losziehen. Prächtiges Wetter, beste Laune bei unserem Filmteam, Kartendaten und Wegkoordinaten auf dem GPS-Gerät geladen. Die Kamera schwenkte zu einem „Close-up" auf das Display des Navigationsgerätes. Und dann: Nichts! Einige Minuten nach dem Abmarsch vom Biwak hatte die Stromversorgung wegen des heftigen Windes und der in dieser Höhe dann trotz strahlenden Sonnenscheins niedrigen Temperaturen den Geist aufgegeben; auch Wärmen unter den Daunenjacken half nicht. Was blieb anderes übrig, als die gute alte Papierversion der Karte in einem Film über den Einsatz topmoderner (Satelliten-)Technologie am Berg zu zeigen …

> *„Wenn der Stecker gezogen ist, erweist sich das eigentliche Raumwissen des Menschen bzw. seine Fähigkeit, sich dieses anzueignen. Keine Pfeile weisen den Weg; ich muss selbst schauen, wo es lang geht. Hierzu kann ich Routenbeschreibungen und Karten zu Rate ziehen, sehe*

Wegverläufe und -spuren, komme an Wegweisern vorbei, kann Ansässige, andere Wanderer befragen. Die Außenwelt ist dann nicht nur widerständige Kulisse, sondern ich muss sie ‚befragen', um mir aktiv ein Bild zu machen, um Entscheidungen treffen zu können. Entscheidungen, die mir ansonsten der Pfeil abnimmt." *[Schwiersch, 2011]*.

… und das Szenario, dass der *„Stecker einmal gezogen"* sein kann, ist durchaus nicht an den Haaren herbeigezogen. Jeder Handybesitzer kann – zumindest grob – geortet werden. Ein Segen bei Bergunfällen; doch will jeder immer und überall, nicht nur im Gebirge, lokalisiert werden können? Berufskraftfahrer setzen bereits zusehends sogenannte „jammer", also Störsender, die das GPS-Signal „übertönen", ein, um von den „Flottenmanagern" nicht bei kleinen Umwegen oder einem kurzen Nickerchen erwischt zu werden. Doch machen sich nicht nur Militärs, sondern auch Land- und vor allem Seebehörden Gedanken, was sein sollte, wenn mit riesigen GPS-Jammern ganze Regionen „positionierungsmäßig lahmgelegt" werden. Das Anti-Störer-Netzwerk *J-Loc* der US-Streitkräfte registriert bereits derzeit (Sommer 2011) über tausend Jammer-Zwischenfälle täglich. *„Viele Störsignale stammen dabei schlicht von defekten Elektrogeräten." [Schmundt, 2011]*.

„Es wäre unverantwortlich, sich weiterhin nur auf Satellitensignale zu verlassen", sagt DAVID LAST, einer der maßgeblichen GPS-Experten Europas *[Schmundt, 2011]*. Und: *„Der defizitäre Aufbau eines mentalen Raummodells, der infolge der Nutzung von Navigationssystemen entsteht, ist vorerst der Preis für eine vergleichsweise mühelose Routensuche zwischen zwei Orten"* meinen *Dickmann/Kestermann [2011]*.

Daher: *„Cogito ubi sum" – „Ich weiß, wo ich bin"* muss heute bei den Bergsteigern wieder jene Bedeutung des klassischen „Karten-Lesens" und des Gewinnens von „Raum-Wissen" im wahrsten Sinne des Wortes bekommen. *„Die Notwendigkeit, mir ein Bild zu machen, verändert meine Wahrnehmung und bringt mich mit meiner Umgebung enger in Kontakt. Wer so reist, bildet sich. Und wer sich so bildet, bei dem geht das Abendland auch dann nicht unter, wenn er ein GPS mitführt.*", so *Schwiersch [2011]*. Und dem habe ich nichts hinzuzufügen.

5. Literatur und Quellen

Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e.V. (Hrsg.) [2009a]: Gruppo di Brenta 1:15000. Special Edition on the Occasion of the 100th Anniversary of the First Edition. Technische Universität Dresden.

Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e.V. (Hrsg.) [2009b]: Nevado Chimborazo, Ecuador, Trekking/Orthophotokarte, 1:20000. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Technische Universität Dresden.
ISBN 978-3-86780-141-6

Aschenbrenner, Jörg [1992]: Orthophoto und Monoplotting in der Gletscherkartographie. Die Herstellung von Kartengrundlagen für die Hochgebirgsforschung am Beispiel des Stubacher Sonnblickkees, Hohe Tauern. Dissertation. Salzburger Geographische Arbeiten, Nr. 21. Institut für Geographie der Universität Salzburg, Salzburg, 89 S., 4 Kartenbeilagen.

Buchroithner, Manfred F. [2007]: Echtdreidimensionalität in der Kartographie: Gestern, heute und morgen. In: Kartographische Nachrichten, 57. Jhrg., Heft 5, Bonn-Bad Godesberg, S. 239-248.
ISSN 0022-9164

Buchroithner, Manfred F. [2011]: Cogito ubi sum – Ein Plädoyer für gute, aktuelle Gebirgskarten und deren Benutzung. In: *Deutscher Alpenverein / Österreichischer Alpenverein / Alpenverein Südtirol (Hrsg.) [2011]:* Alpenvereinsjahrbuch Berg 2012. Zeitschrift Band 136. Tyrolia, Innsbruck, S. 182-185.
ISBN 978-3-937530-61-1 (Deutschland)
ISBN 978-3-7022-3159-0 (Österreich)

Buchroithner, Manfred F. / Habermann, Klaus [2010]: The Art of Autostereoscopic Relief Representation in Cartography. In: *Gartner, Georg / Ortag, Felix (Hrsg.)*: Cartography in Central and Eastern Europe. Selected papers of the 1st ICA Symposium on cartography for Central and Eastern Europe, 2009, Vienna. Springer-Verlag, Heidelberg, S. 251-262.
ISBN 978-3-642032-93-6

Buchroithner, Manfred F. / Himpel, Thomas [2010]: The Centennial Edition of the 1908 Alpenverein Map of the Brenta Massif, Italy. In: Erdkunde, 62. Jhrg., Heft 2, Bonn, S. 195-202.
ISSN 0014-0015
http://www.erdkunde.uni-bonn.de/erdkunde/
dort unter: „Archive", „2010"
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Buchroithner, Manfred F. / Kostka, Robert [1997]: Conceptional Considerations on High-Mountain Cartography and Spaceborne Remote Sensing. In: *Ottoson, Lars (Hrsg.):* Proceedings of the 18th International Cartographic Conference, ICC 97, Stockholm, 23-27 June 1997, Vol. 4, Swedish Cartographic Society, Gävle, S. 2056-2059.
ISBN 91-630-5536-8

Carnap, Rudolf [1931]: Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache. In: Erkenntnis, Band 2, Heft 1, Dordrecht, S. 219-241.
ISSN 0165-0106

Deutscher Alpenverein (Hrsg.) [2005]: Karte der Bren-

tagruppe 1:25 000. AV-Karte Nr. 51, 5. Ausgabe, München.
ISBN 3-928777-04-1

Deutscher Alpenverein / Österreichischer Alpenverein / Alpenverein Südtirol (Hrsg.) [2011]: Alpenvereinsjahrbuch Berg 2012. Zeitschrift Band 136. Tyrolia, Innsbruck, 256 S., 1 Kartenbeilage.
ISBN 978-3-937530-61-1 (Deutschland)
ISBN 978-3-7022-3159-0 (Österreich)
ISBN 978-3-928777-04-9 (Karte)

Deutscher und Österreichischer Alpenverein (Hrsg.) [1908]: Karte der Brentagruppe 1:25 000. Kartographische Anstalt Freytag & Berndt, Wien.

Dickmann, Frank / Kestermann, Eva [2011]: Der Einfluss von Stadtplänen und Fahrzeug-Navigationssystemen auf die Entwicklung mentaler Raummodelle. In: Kartographische Nachrichten, 61. Jhrg., Heft 4, Bonn-Bad Godesberg, S. 183-190.
ISSN 0022-9164

Neugebauer, Gustav (Hrsg.) [1987]: Brenta-Monographie. Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Hochgebirgskartographie mit Beitragen von: D. Beineke, H. C. Berann, W. de Concini. G. Hell, D. Herm, H. Immel, U. Kleim, G. Neugebauer, K. Ringle. Schriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Heft 24, Neubiberg, 187 S.
ISSN 0173-1009

Neugebauer, Gustav [1993]: Die Hochgebirgskarte der Brentagruppe 1:25 000 als Forschungskarte. Beispiel einer naturähnlichen Kartengestaltung. In: Kartographische Nachrichten, 43. Jhrg., Heft 1, Bonn-Bad Godesberg, S. 16-20.
ISSN 0022-9164

Schmundt, Hilmar [2011]: Kriegsschiffe auf der Wiese. Vom Handy bis zum Geldautomaten – überall sind GPS-Chips versteckt. Jetzt warnen Experten: Wenn Störsender die Navigationssignale verwirren, spielt die Technik verrückt. In: Der Spiegel, Heft 26/2011, Hamburg, S. 128-129.
ISSN 0038-7452
http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-79175805.html
letzter Aufruf: 02.11.2011.

Schwiersch, Martin [2011]: denn sie wissen nicht, wo sie sind. In: bergundsteigen, 19. Jhrg., Heft 1, Innsbruck, S. 28-31.
ISSN 2072-960X

Uffmann, Jeremias / Buchroithner, Manfred F. [2010]: Konzept für die Nachführung des Nepal-Kartenwerkes der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung. In: *Arbeitskreis Hochgebirge in der Deutschen Gesellschaft für Geographie e.V. (Hrsg.):* Aktuelle Forschung in Gebirgsräumen. Abstract-Band. Gemeinsame Tagung der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung und des AK Hochgebirge der Deutschen Geographischen Gesellschaft, Bayreuth, 03.-06. Juni 2010, München, S. 14.
http://www.phil.uni-passau.de/fileadmin/dokumente/geo/Personal/Fickert/ARGE_AKH_2010_Abstractband.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Anschrift des Verfassers:

Eur.-Ing., Dipl.-Geol., Dr. phil. habil. Manfred Buchroithner
Ordinarius für Kartographie an der TU Dresden,
Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie,
D-01062 Dresden
E-Mail: manfred.buchroithner@tu-dresden.de

Wilhelm Caspary

Der Bruchpunkt von Schätzern

Zusammenfassung

Der Bruchpunkt gibt an, ab wann die Belastung eines Schätzers durch Ausreißer in den Daten so groß ist, dass den Schätzergebnissen nicht mehr getraut werden kann. Die übliche Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung bricht schon zusammen, wenn nicht entdeckt wird, dass ein Messwert grob falsch ist. Die robuste Statistik hält eine Reihe von Schätzern bereit, die erst dann versagen, wenn 50% der Beobachtungen Ausreißer sind. Allerdings wird diese Eigenschaft durch zum Teil hohen Verlust an Effizienz erkauft. Auch für den Fall, dass neben den Beobachtungen die Elemente der Designmatrix Ausreißer enthalten, sind Schätzer verfügbar, deren Bruchpunkt bei 50% liegt. Neben dem Effizienzverlust tritt bei diesen Schätzern das zusätzliche Problem auf, dass ihre Berechnung extrem rechenintensiv ist.

Summary

The breakdown point of an estimator is defined as the smallest ratio of contaminated observations, which leads to extremely aberrant results. The conventional estimators for the mean and the standard deviation of a sample fail already, when a single observation is an unnoticed outlier. Robust statistics offers a number of estimators, which can cope with close to 50% outliers in the observations. But this attractive property comes with a high loss of efficiency. There are also estimators for linear models with a breakdown point of 50% for the case, that the observations and the designmatrix are contaminated. This estimators suffer also from low efficiency and their computation requires extremely complex and extensive numerical methods.

1. Einleitung

Wenn eine Beobachtungsreihe, die zur Schätzung der Parameter eines Modells durchgeführt wurde, unerkannte grobe Fehler enthält, kann dies dazu führen, dass die Schätzergebnisse völlig unbrauchbar sind. Man sagt dann, der Schätzer ist zusammengebrochen. Dieses altbekannte Problem hat zu unzähligen Versuchen geführt, ein schlüssiges Entscheidungskriterium festzulegen, nach dem verdächtige Beobachtungen als noch akzeptabel oder aber als unbrauchbar gekennzeichnet werden können. Eine allgemeine Lösung für dieses Problem kann es wohl nicht geben, da die Vielfalt der Aufgabenstellungen und der beobachteten Phänomene zu einer ebensolchen Vielfalt unterschiedlicher Eigenschaften der Daten führt. Eine sachgerechte Entscheidung erfordert daher immer das Zusammenspiel von statistischen Entscheidungsregeln und fundiertem Fachwissen.

Wenn die richtige Entscheidung getroffen wurde, ergibt sich ein neues Problem, denn dann muss festgelegt werden, wie mit den zweifelhaften und den als Ausreißer markierten Daten weiter verfahren werden soll. In Anbetracht der Wichtigkeit, eine saubere Lösung zu finden, und der Schwierigkeit, das Problem in den Griff zu kriegen, wundert es nicht, dass es zu dieser Problematik eine schier unüberschaubare Zahl von Veröffentlichungen gibt. Als höchst informative Darstellungen der historischen Entwicklungen und des aktuellen Standes der Wissenschaft zum jeweiligen Veröffentlichungszeitpunkt seien die Arbeiten von *Hawkins [1980]*, *Beckman / Cook [1983]* und *Barnett / Lewis [1994]* genannt. In der Geodäsie wurde die Auseinandersetzung mit dieser Thematik insbesondere durch die Arbeiten von *Baarda [1968]* und *Pope [1976]* angestoßen, denen zahlreiche weitere Veröffentlichungen folgten, in denen die Ausreißersuche (data snooping) zu einem bewährten Verfahren ausgebaut wurde. Während diese Werke das Thema eher aus Sicht der Mathematischen Statistik behandeln und Ausreißertests in den Mittelpunkt stellen, findet man in *Schendera [2007]* eine breite Diskussion des Phänomens Ausreißer in Datenerhebungen der unterschiedlichsten Art, einschließlich ihrer Aufdeckung mit vorwiegend heuristischen graphischen Methoden, ihrer Interpretation und Regeln zur weiteren Behandlung.

Die Behandlung der Ausreißer folgt in der Regel einer der folgenden drei Strategien:

(1) Für eine hypothetische Verteilung der Beobachtungen und eine gewählte Irrtumswahrscheinlichkeit wird eine Teststatistik berechnet. Beobachtungen, die diese Statistik überschreiten, gelten als Ausreißer. Dienen die Beobachtungen zur Schätzung von Modellparametern, so werden die Ausreißer gestrichen, um eine systematische Verfälschung der Schätzwerte zu verhindern. Gleichwohl enthalten sie oft wichtige Informationen und werden sorgfältig analysiert. Sie können auf Schwächen des Beobachtungsverfahrens oder instrumentelle Probleme hinweisen. Bei manchen Aufgabenstellungen wie

z. B. der Deformationsanalyse stellen sie sogar das eigentliche Messergebnis dar.

(2) Die Ausreißer werden als Zeichen dafür gewertet, dass das Modell das beobachtete Phänomen nicht adäquat abbilden kann. Eventuell muss das Modell modifiziert oder erweitert werden. Oder es ist ein vollkommen anderes Modell erforderlich. Am Beispiel von Pegelmessungen an der Isar kann dies veranschaulicht werden. Aus den regelmäßigen Pegelablesungen soll ein Zeitreihenmodell für den Jahresverlauf der Wasserstände entwickelt werden. Nun tritt sporadisch Hochwasser auf. Die dann ermittelten Pegelablesungen sind im Vergleich mit den üblichen Werten Ausreißer. Sie sind aber natürlich keine groben Fehler, sondern eher von besonderem Interesse, obwohl sie das Zeitreihenmodell erheblich stören. Eine Lösung könnte in diesem Beispiel die Verwendung von zwei Modellen sein. Eines, das die normalen Wasserstände repräsentiert, und ein zweites, das das seltene Ereignis Hochwasser abbildet.

(3) Man vermeidet es, die ohnehin fragwürdige und letztlich willkürliche Markierung von Beobachtungen als Ausreißer vorzunehmen. Stattdessen werden Schätzverfahren eingesetzt, die auch beim Vorhandensein von Ausreißern noch zuverlässige Schätzergebnisse liefern. Diese robusten Schätzverfahren, die in großer Zahl zur Verfügung stehen, haben allerdings einen Haken. Der Schutz vor Ausreißern reicht nur bis zum Bruchpunkt des Schätzers und muss mit einem Verlust an Effizienz bezahlt werden. Das bedeutet, wenn die Beobachtungen ausreißerfrei normalverteilt sind, weisen die Schätzergebnisse größere Varianzen auf als optimale Schätzungen nach der Methode der kleinsten Quadrate. Und je robuster der Schätzer ist, desto höher ist der Effizienzverlust.

2. Der Bruchpunkt bei einfachen Stichproben

Zunächst soll der Fall von einfachen Beobachtungsreihen betrachtet werden, die bei gleichgenauen Wiederholungsmessungen entstehen. Das Ziel der Messungen ist die Ermittlung einer möglichst genauen Schätzung der Messgröße. In der Terminologie der Statistik sind der Lage- und der Streuungsparameter der Stichprobe zu schätzen. Wenn die Beobachtungen normalverteilt sind, so ist bekanntlich die Methode der kleinsten Quadrate (MkQ) das optimale Schätzverfahren, das folgende Ergebnisse für den Lageparameter $(\hat{x})$ und den Streuungsparameter (s) einer Beobachtungsreihe (l) liefert:

$$l = (l_1, l_2, \dots, l_n)$$

$$\hat{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} l_i \qquad [1]$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{x} - l_i)^2}{n-1}}\ . \qquad [2]$$

Die Schätzwerte sind erwartungstreu und gehen daher für $n \to \infty$ in die wahren Parameter ξ und σ der $N(\xi, \sigma^2)$-verteilen Beobachtungen l_i über.

2.1 Überprüfung der Beobachtungen

Enthält die Beobachtungsreihe Werte, die den Erwartungen widersprechen, so ist dies Anlass, die Messumstände und die Modellvorstellungen zu überprüfen. Eine scharfe Grenze zwischen „normalen“ Beobachtungen und Ausreißern kann mit wissenschaftlichen Methoden nicht gezogen werden. Die Kennzeichnung eines Messwertes als Ausreißer setzt immer eine Hypothese über das erwartete statistische Verhalten der Stichprobe und eine Konvention über die akzeptable Wahrscheinlichkeit einer fehlerhaften Entscheidung voraus. Letztlich ist die Vorgehensweise damit immer subjektiv, auch wenn die Berechnung von Schwellenwerten mit strengen mathematischen Formeln erfolgt.

Wenn keine realistischen Annahmen über die Verteilung der Beobachtungen möglich sind, wird eine Überprüfungsmethode gewählt, die damit beginnt, dass die Werte nach ihrer Größe geordnet werden. Es entsteht dann die geordnete Stichprobe l_o (Ordnungsstatistik), bei der zur Unterscheidung von der ursprünglichen Stichprobe die Indizes in Klammern gesetzt werden:

$$l_o = \left(l_{(1)}, l_{(2)}, \dots\ l_{(n)}\right), \quad l_{(i)} \le l_{(i+1)}\ .$$

Es wird nun lediglich vorausgesetzt, dass die Verteilung symmetrisch zum Lageparameter ist. Die geordnete Reihe wird in drei Abschnitte geteilt. Diese werden durch das untere Quartil Q_u und das obere Quartil Q_o begrenzt. Das sind die Grenzen, die von 25% der Werte unter- bzw. überschritten werden. Zwischen den Quartilen liegt daher die mittlere Hälfte der Beobachtungen. Als Ausreißer werden dann die Werte, die kleiner als $Q_u - k(Q_o - Q_u)$ und größer als $Q_o + k(Q_o - Q_u)$ sind, markiert. Für k wird der Wert 1,5 empfohlen, der sich in der Praxis bewährt hat. Neben diesem einfachen pragmatischen Vorgehen sind für diese Situation zahlreiche graphische Verfahren entwickelt worden.

In der Geodäsie wird in der Regel angenommen, dass die Beobachtungen zumindest näherungsweise eine Normalverteilung besitzen. Es folgt dann, dass die Verbesserungen $v_i = \hat{x} - l_i$ ebenfalls normalverteilt sind. Ihre Standardabweichung hat den Schätzwert:

$$s_v = s\sqrt{\frac{n-1}{n}}\ .$$

Wenn die Schätzungen $\hat{x}$ und s statistisch unabhängig sind, weil sie beispielweise aus zwei unterschiedlichen Beobachtungsreihen berechnet wurden, dann folgt die sogenannte *extern studentisierte* Verbesserung

$$w_i = \frac{v_i}{s_v}$$

einer t-Verteilung mit $f = n - 1$ Freiheitsgraden. Aus den Tafeln der t-Verteilung können dann Grenzwerte t_α entnommen werden, die bei Richtigkeit der Normalverteilungshypothese nur mit α% Wahrscheinlichkeit von den $|w_i|$ überschritten werden.

Normalerweise werden $\hat{x}$ und s aber aus derselben Beobachtungsreihe geschätzt und sind daher stochastisch abhängig. Dann werden die *intern studentisierten* Verbesserungen

$$z_i = \frac{v_i}{s_v} = \frac{v_i\sqrt{n}}{\sqrt{\sum v_i^2}}$$

gebildet, die eine τ-Verteilung mit $f = n - 1$ Freiheitsgraden besitzen. Da Tabellen der τ-Verteilung wenig verbreitet sind, wird der Schwellenwert der τ-Verteilung meist über die Beziehung

$$\tau_f = t_{f-1}\sqrt{\frac{f}{f - 1 + t_{f-1}^2}}$$

aus den vertafelten Werten der t-Verteilung berechnet.

Nach dem Streichen der als Ausreißer identifizierten Werte erfolgt die Parameterschätzung nach der Methode der kleinsten Quadrate (MkQ). Diese Vorgehensweise kann durchaus als robust bezeichnet werden, da sie, wenn nur einzelne Ausreißer vorhanden sind, den „Zusammenbruch“ des Schätzers verhindert.

2.2 Der Bruchpunkt

Wenn die Parameterschätzung in Echtzeit oder automatisch erfolgt oder wenn die Anzahl der Beobachtungen so groß ist, dass individuelle Ausreißersuchmethoden unpraktikabel sind, tritt die Frage auf, wie sich der Schätzer verhält, wenn die Ausreißer nicht eliminiert werden. Liefert er noch sinnvolle Ergebnisse oder bricht er zusammen?

Ähnlich wie in der Elastizitätslehre, wo der Bruchpunkt im Spannungs-Dehnungs-Diagramm angibt, bei welcher Zugbelastung der Prüfkörper reißt, hat jeder Schätzer einen Bruchpunkt, der anzeigt, ab welcher Ausreißerbelastung er versagt.

Nach *Donoho/Huber [1983]* ist der Bruchpunkt, grob gesagt, die kleinste Menge an Kontamination (Ausreißern), die dazu führen kann, dass der Schätzer beliebig große abnorme Werte annimmt. Der Begriff wurde nach *Donoho/Huber [1983]* von *Hampel [1968]* eingeführt und ist seither ein vieldiskutiertes Kriterium der robusten Statistik. Es gibt unterschiedliche Definitionen des Bruchpunktes, die sich vor allem in der Art, wie die Kontamination formalisiert wird, unterscheiden. Sie messen aber alle dieselbe Eigenschaft des Schätzers.

Die einfachste Definition ist das sogenannte Ersetzungsmodell für endliche Stichproben. Sei wieder $l = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ die ursprüngliche Beobachtungsreihe. Eine Untermenge von m Beobachtungen der Reihe wird durch willkürliche Zahlen $z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ ersetzt. Dies ergibt die kontaminierte Stichprobe l^*. Der Anteil kontaminierter Daten (Ausreißer) in der Beobachtungsreihe ist somit $\delta = m/n$. Sei nun $T(L_r)$ ein Schätzer, der für alle Stichproben vom Umfang $r = 1, 2, \dots$ einen Schätzwert liefert, und $T(l)$ das Ergebnis für die Beobachtungsreihe l. Als Bruchpunkt des Schätzers T für die Stichprobe l wird die Größe δ^* definiert, die der kleinste Wert für δ ist, bei dem der Schätzer, wenn er auf die kontaminierte Stichprobe l^* angewandt wird, ein beliebig stark von $T(l)$ abweichendes Ergebnis liefert.

Um diese Definition in Formeln auszudrücken, sei zunächst die maximale systematische Abweichung der Schätzung, die durch δ-Kontamination hervorgerufen werden kann, als

$$B(\delta; T, l) = \sup |T(l^*) - T(l)|$$

bezeichnet, wobei das Supremum über alle δ-kontaminierten Stichproben zu bilden ist. Das bedeutet, dass der ungünstigste Fall der Kontamination von m Beobachtungen anzunehmen ist. Der Bruchpunkt ist dann als

$$\delta^*(T, l) = \inf\left\{\delta = \frac{m}{n} : B(\delta; T, l) = \infty\right\} \qquad [3]$$

definiert.

2.3 Lage- und Streuungsparameter

Um den Bruchpunkt zu veranschaulichen, sei die Schätzung von Lage- und Streuungsparametern der einfachen Stichprobe betrachtet. Es ist sofort einsichtig, dass eine Beobachtung, die den Wert ∞ annimmt, dazu führt, dass sowohl $\hat{x}$ als auch s nach [1] und [2] unendlich groß und damit zu unbrauchbaren Schätzergebnissen werden. Die Schätzer brechen also bereits bei $m = 1$ zusammen und haben daher den Bruchpunkt $\delta^* = 1/n$. Oft wird zur besseren Vergleichbarkeit der Schätzer der asymptotische Bruchpunkt angegeben, der sich auf $n = \infty$ bezieht und für beide Schätzer den Wert $\delta_a^* = 0$ annimmt.

Deutlich robuster sind der Median als Lage- und die Medianabweichung als Streuungsschätzer. Ihre Definition lautet:

$$\textit{Median:}\quad \tilde{x} = \text{med}\{l\}$$

$$\textit{Medianabweichung:}\quad \bar{s} = \text{med}(|l_i - \text{med}\{l\}|)\,.$$

Den Median findet man einfach durch Abzählen in der geordneten Stichprobe l_o bzw. $|l_i - \text{med}\{l\}|_o$. Wenn n eine ungerade Zahl ist ($n = 2\,k + 1$), so ist der Median der in der Mitte stehende Wert: $l_{(k+1)}$. Ist n gerade ($n = 2\,k$), so wird das Mittel der beiden mittleren Werte der geordneten Stichprobe genommen: $\left(l_{(k)} + l_{(k+1)}\right)/2$. Sind die Beobachtungen $N(\xi, \sigma^2)$-verteilt, so ist $\tilde{x}$ ein erwartungstreuer Schätzer für ξ. Der Erwartungswert für $\bar{s}$ ergibt sich jedoch als $0{,}6745\,\sigma$. Deshalb wird statt $\bar{s}$ der Schätzwert $\tilde{s} = \bar{s}/0{,}6745$ benutzt.

Werden k der $n = 2\,k + 1$ Beobachtungen durch willkürliche Werte ersetzt und wird der ungünstigste Fall angenommen, dass sich alle ersetzten Werte (Ausreißer)

auf derselben Seite des Medians befinden, so bleibt der Median trotzdem unverändert. Erst wenn $m = k + 1$ Werte ersetzt werden, kann der Median über alle Grenzen wachsen. Wir finden daher den Bruchpunkt

$$\delta^* = \frac{k+1}{2\,k+1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\,n}$$

und $\delta_a^* = 0{,}5$. Ähnliche Überlegungen für n gerade führen zu

$$\delta^* = \frac{k}{2\,k} = 0{,}5 = \delta_a^*$$

Wenn keine weiteren Informationen genutzt werden können, z. B. für eine Bayes-Schätzung, oder wenn keine Zufallsverteilung der Vorzeichen der Ausreißer angenommen werden kann, kann der Bruchpunkt δ_a^* nur Werte im Intervall $[0;\,0{,}5]$ annehmen. Dies ist auch plausibel. Denn wenn die Hälfte der Werte Ausreißer sind, kann der Schätzer nicht mehr zwischen brauchbaren und unbrauchbaren Werten unterscheiden. MkQ-Schätzer und Median weisen also die beiden möglichen Extremwerte des Bruchpunktes auf. Wie bereits angegeben wird der hohe Bruchpunkt der Medianschätzer durch geringe Effizienz erkauft. Als (relative) Effizienz wird üblicherweise der Quotient aus den asymptotischen Varianzen der zu vergleichenden Schätzer für $N(0,1)$-verteilte Beobachtungen bezeichnet. Hier ergibt der Vergleich von Mittel und Median

$$Eff(\tilde{x}) = \frac{Var(\hat{x})}{Var(\tilde{x})} = \frac{1}{\frac{\pi}{2}} = \frac{2}{\pi} \approx 0{,}64 \ .$$

Nun gibt es eine ganze Reihe von einfachen robusten Schätzern, deren Bruchpunkt zwischen den Extremwerten liegt und deren Effizienz akzeptabel ist. Als Beispiel sei das *h*-getrimmte Mittel genannt, das durch

$$\bar{x} = \frac{1}{n-2\,h} \sum_{i=h+1}^{n-h} l_{(i)} \qquad [4]$$

definiert ist. Es werden also h Werte am unteren und oberen Ende der geordneten Stichprobe gestrichen und von dem Rest das arithmetische Mittel genommen. Für $h = 0$ erhält man wieder das gewöhnliche Mittel und für $h = (n-1)/2$ bzw. $(n-2)/2$ den Median. Der Bruchpunkt beträgt $\delta^* = (h+1)/n$. Durch die Wahl von h hat man es in der Hand, je nach Qualität der Daten, einen hohen Bruchpunkt oder eine hohe Effizienz zu erzielen.

2.4 *M*-Schätzer

Eine weitere Klasse von robusten Schätzern sind die *M*-Schätzer, deren Bezeichnung auf die Verwandtschaft mit den Maximum-Likelihood Schätzern hinweist. Wenn die Verteilung der Beobachtungen, die von den zu schätzenden Parametern $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots)$ abhängen möge, kontinuierlich und bekannt ist, hat man für jede Beobachtung l_i den Wert der Dichtefunktion $f(l_i;\alpha)$. Als Likelihoodfunktion für unabhängige Beobachtungen wird das Produkt $\mathcal{L} = \Pi_{i=1}^{n} f(l_i;\alpha)$ bezeichnet. Die Parameter α werden nun so aus den Beobachtungen geschätzt, dass $\mathcal{L}$ sein Maximum annimmt. Nähere Einzelheiten zu dieser Methode findet man unter anderem in *Caspary / Wichmann [2007]*.

Wenn die Beobachtungen eine $N(\xi,1)$-Verteilung besitzen, so lautet die Dichtefunktion

$$\varphi(l) = \frac{1}{\sqrt{2\,\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}(l-\xi)^2}$$

und die Likelihoodfunktion

$$\mathcal{L} = \left(\frac{1}{\sqrt{2\,\pi}}\right)^n e^{-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}(l_i-\xi)^2} \ .$$

Um diese Funktion bezüglich des zu schätzenden Parameters ξ zu maximieren, wird das Minimum der Funktion

$$-\ln \mathcal{L} = \frac{\sum(l_i-\xi)^2}{2} + K$$

berechnet. Dieses wird erreicht, wenn $\sum(l_i-\xi)^2 = \min$ bzw. $\sum(l_i-\xi) = 0$ ist. Die Summe

$$\frac{\sum(l_i-\xi)^2}{2} = \sum \rho(l_i,\alpha)$$

wird in der Statistik häufig als Verlust und $\rho(l_i,\alpha)$ als Verlustfunktion bezeichnet. Wenn die Beobachtungen keine Normalverteilung besitzen, so ändert sich die Verlustfunktion, die allgemeine Vorgehensweise bleibt aber unverändert. Nach einem Vorschlag von *Huber [1964]* wird eine Verteilung gewählt, die aus einer Stammverteilung und einer kontaminierenden Verteilung zusammengesetzt ist:

$$F_\varepsilon = (1-\varepsilon)\,F + \varepsilon\,H\,, \qquad 0 < \varepsilon < 1\,,\ H \text{ symmetrisch.}$$

So kann z. B. angenommen werden, dass die Beobachtungen die Verteilung $F = N(\xi,\sigma^2)$ besitzen, die von einem kleinen Prozentsatz $\varepsilon \ll 1$ von Ausreißern überlagert ist. Um für eine solche Mischverteilung einen Schätzer mit minimaler asymptotischer Varianz zu erhalten, ist nach *Huber [1981]* für $u = (l-\xi)/\sigma$ folgende Verlustfunktion optimal:

$$\rho(u) = \begin{cases} \frac{1}{2}u^2 & \text{für } |u| < k \\ k|u| - \frac{1}{2}k^2 & \text{für } |u| \geq k \end{cases} ,$$

aus der nach Differentiation die Schätzgleichung

$$\sum \psi(u) = 0 \qquad \text{mit} \quad \psi(u) = \frac{d\rho(u)}{du}$$

$$\psi(u) = \begin{cases} u & \text{für } |u| < k \\ k\ \mathrm{sign}(u) & \text{für } |u| \geq k \end{cases}$$

folgt. Für die Abstimmkonstante k ist ein Wert zwischen 1,5 und 2,0 empfehlenswert. Die Verlustfunktion wächst quadratisch für $-k \le u \le +k$ und außerhalb dieses Intervalls nur noch linear. Dieser Huber-Schätzer hat bei bekannter Varianz den maximalen Bruchpunkt $\delta_a^* = 0{,}5$.

Die Veröffentlichung von *Huber [1964]* hat eine Flut von Arbeiten auf dem damit initiierten Gebiet der robusten Schätzung ausgelöst. Insbesondere wurde das Konzept der *M*-Schätzung von zahlreichen Autoren verallgemeinert, indem gezeigt wurde, dass die Verlustfunktion $\rho(l_i, \alpha)$ nicht mit einer Zufallsverteilung in Verbindung stehen muss, sondern nur bestimmte Eigenschaften aufweisen muss, um zu robusten Schätzfunktionen zu führen. Sie sollte differenzierbar, symmetrisch, konvex und nicht abnehmend sein. Von den vielen Vorschlägen für geeignete ρ-Funktionen sei noch die sehr populäre biquadratische Funktion nach TUKEY angegeben, die zu den robusten *M*-Schätzern mit Verwerfungspunkt gehört. Alle standardisierten Residuen u, die größer als die Abstimmkonstante c ausfallen, werden verworfen. Die Schätzgleichung wird mit

$$\psi(u) = \begin{cases} u\left[1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2\right]^2 & \text{für } |u| \le c \\ 0 & \text{für } |u| > c \end{cases}$$

gebildet. Auch dieser Schätzer hat den maximalen Bruchpunkt von 0,5 .

Die Berechnung der *M*-Schätzung muss iterativ erfolgen, da sie von den Verbesserungen abhängt, die erst nach der Schätzung bekannt sind. Das einfachste Rechenverfahren ist die iterativ nachgewichtete MkQ. Dazu werden mit

$$w(u) = \begin{cases} \frac{\psi(u)}{u} & \text{für } u \neq 0 \\ \psi'(u) & \text{für } u = 0 \end{cases}$$

Gewichte definiert, mit denen die Schätzgleichung umformuliert wird und die Form

$$\sum_{i=1}^{n} w(u_i)\, u_i = 0 \qquad \text{mit} \quad u_i = \frac{l_i - x}{\sigma}$$

annimmt oder nach Einsetzen von u_i die Darstellung als gewogenes Mittel

$$x = \frac{\sum w_i\, l_i}{\sum w_i}$$

erhält. Als Startwert kann der Median oder der Mittelwert gewählt werden.

3. Lineare Modelle

Das lineare (linearisierte) Model hat in der Geodäsie gewöhnlich die Form

$$\boldsymbol{l} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{\varepsilon}\,, \text{ bzw. } \boldsymbol{l} + \boldsymbol{v} = \boldsymbol{A}\hat{\boldsymbol{x}}\,,\ \boldsymbol{P}\,,$$
$$E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \boldsymbol{0}\,,\ Var(\boldsymbol{\varepsilon}) = \boldsymbol{\Sigma}_\varepsilon = \boldsymbol{\Sigma}_l = \sigma_0^2 \boldsymbol{Q}\,, \qquad [5]$$
$$\boldsymbol{Q}^{-1} = \boldsymbol{P}\,.$$

Es sei angenommen, dass die Beobachtungen unabhängig sind und damit $\boldsymbol{P}$ diagonal ist. Um die folgenden Darstellungen zu vereinfachen, denken wir uns das Modell [5] von links mit $\boldsymbol{P}^{1/2}$ multipliziert. Für die so homogenisierten Beobachtungen gilt nun $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{Q} = \boldsymbol{I}$. Da in linearen Modellen neben den Ausreißern in den Beobachtungen auch grob fehlerhafte Werte in der Modellmatrix auftreten können, wird eine Kontamination der Zeilenvektoren $\boldsymbol{w}_i^t = (\boldsymbol{a}_i^t, l_i)$ bei der Definition des Bruchpunktes angenommen.

3.1 Der Bruchpunkt

Wir wollen uns hier an der Terminologie von *Rousseeuw/Leroy [1987]* orientieren und die einfache Definition für Stichprobenmodelle übernehmen: Sei das lineare Modell durch n Datenpunkte

$$\boldsymbol{w}_i^t = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iu}, l_i) \in \mathcal{R}^{u+1}\,, \qquad i = 1{,}2, \dots, n$$

$$\underset{n\times(u+1)}{\boldsymbol{W}} = \left(\underset{n\times u}{\boldsymbol{A}} \mid \underset{n\times 1}{\boldsymbol{l}}\right)$$

gegeben und sei das Funktional $\boldsymbol{T}(\boldsymbol{W}) = \hat{\boldsymbol{x}}$ der Vektor der geschätzten Modellparameter. Wird nun die Stichprobe $\boldsymbol{W}$ kontaminiert, indem in m der Datenpunkte beliebige Werte eingesetzt werden, so entsteht eine neue Stichprobe $\boldsymbol{W}^*$. Der Vektor $\boldsymbol{T}(\boldsymbol{W}^*)$ der mit dieser kontaminierten Stichprobe geschätzten Parameter besitzt die als euklidische Norm definierte systematische Abweichung (Verzerrung)

$$b(\boldsymbol{T}, \boldsymbol{W}) = \|\boldsymbol{T}(\boldsymbol{W}^*) - \boldsymbol{T}(\boldsymbol{W})\|\,.$$

Ziehen wir nun alle möglichen auf diesem Wege kontaminierbaren Stichproben $\boldsymbol{W}^*$ in Betracht und bezeichnen mit

$$B(m; \boldsymbol{T}, \boldsymbol{W}) = \sup_{\boldsymbol{W}_m^*} \|\boldsymbol{T}(\boldsymbol{W}_m^*) - \boldsymbol{T}(\boldsymbol{W})\|$$

die maximal mögliche Verzerrung, die durch beliebige Verfälschung von m Datenpunkten erzeugt werden kann. Nimmt diese Verzerrung den Wert unendlich an, so haben m Ausreißer den Schätzer $\boldsymbol{T}$ am Modell $\boldsymbol{W}$ zusammenbrechen lassen. Als Stichprobenversion δ^* des Bruchpunktes wird nun der kleinste Anteil $m/n = \delta$ der Datenpunkte definiert, der im ungünstigsten Fall den Zusammenbruch des Schätzers verursachen kann. Dies führt in Analogie zu Gleichung [3] zur Darstellung des Bruchpunktes für Schätzer in linearen Modellen:

$$\delta_n^*(\boldsymbol{T}, \boldsymbol{W}) = \inf\left\{\frac{m}{n} = \delta \ge 0\,;\, B(m; \boldsymbol{T}, \boldsymbol{W}) = \infty\right\}.$$

3.2 *M*-Schätzer

Die Methode der kleinsten Quadrate hat natürlich auch in linearen Modellen den Bruchpunkt 0, wie man sich

leicht klarmachen kann. Wenn ein Element eines beliebigen Vektors $\boldsymbol{w}_i$ den Wert ∞ annimmt, erhält man beliebig abnorme Schätzwerte. Etwas komplizierter ist die Situation bei den robusten *M*-Schätzern.

Als *M*-Schätzer werden alle Schätzer für lineare Modelle bezeichnet, die durch die Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^{n} \rho\left(\frac{l_i - \boldsymbol{a}_i^t \boldsymbol{x}}{\hat{\sigma}}\right) = \min$$

und die Schätzgleichung

$$\sum_{i=1}^{n} \psi\left(\frac{l_i - \boldsymbol{a}_i^t \hat{\boldsymbol{x}}}{\hat{\sigma}}\right) \boldsymbol{a}_i = \boldsymbol{0}, \qquad \psi = \rho'$$

definiert sind. Ihre Eigenschaften hängen von der Form der ρ-Funktion ab, für die wieder vorausgesetzt wird, dass sie differenzierbar, symmetrisch, konvex und nicht abnehmend ist. Wenn Ausreißer nur in den Beobachtungen auftreten können, behalten die *M*-Schätzer auch in linearen Modellen ihren hohen Bruchpunkt. Allerdings schneiden die Schätzer mit Verwerfungspunkt unter Robustheitsgesichtspunkten etwas besser ab, da Ausreißer nicht herabgewichtet, sondern komplett gestrichen werden. Gegen Ausreißer in Elementen der Designmatrix $\boldsymbol{A}$ bieten *M*-Schätzer jedoch keinen Schutz. Wenn diese in Betracht gezogen werden müssen, so erhält man den Bruchpunkt 0. Um eine Verbesserung dieser Situation zu erreichen, sind die *M*-Schätzer weiterentwickelt worden.

Ein Maß für den Einfluss einer Zeile $\boldsymbol{a}_i^t$ der Designmatrix auf die Parameterschätzung ist ihr sogenannter Hebelwert h_{ii}. Die Hebelwerte sind die Diagonalelemente der Projektionsmatrix $\boldsymbol{H} = \boldsymbol{A}(\boldsymbol{A}^t\boldsymbol{A})^{-1}\boldsymbol{A}^t$, die alle n-Vektoren orthogonal aus dem Spaltenraum von $\boldsymbol{A}$ abbildet. Da für alle orthogonalen Projektionsmatrizen Spur und Rang gleich sind, erhält man

$$r(\boldsymbol{H}) = sp(\boldsymbol{H}) = \sum_{i=1}^{n} h_{ii} = u\,.$$

Die Hebelwerte h_{ii}, oder besser die Redundanzbeiträge $f_i = 1 - h_{ii}$ und $\sum f_i = f = n - u$, spielen in der Geodäsie als Kenngrößen der Zuverlässigkeit seit Langem eine wichtige Rolle. Sie geben an, wie gut eine Beobachtung durch die anderen Beobachtungen kontrolliert ist.

Um die *M*-Schätzer gegen Ausreißer in den Vektoren $\boldsymbol{a}_i$ unempfindlich zu machen, werden zusätzliche, von f_i abhängende Gewichte eingeführt. Die Funktion

$$\psi\left(\frac{l_i - \boldsymbol{a}_i^t \hat{\boldsymbol{x}}}{\hat{\sigma}}\right) = \psi(u)$$

wird dazu durch die Funktion

$$\phi(\boldsymbol{a}, u) = g_1(\boldsymbol{a})\, \psi\big(u, g_2(\boldsymbol{a})\big)$$

ersetzt, in der g_1 und g_2 mit den Vektoren $\boldsymbol{a}$ gebildete Gewichte sind. Von den vielen Möglichkeiten seien die zwei bekanntesten angegeben. Man erhält verallgemeinerte *M*-Schätzer (*GM*-Schätzer) vom „Mellows-Typ", wenn $g_2 = 1$ gesetzt und für g_1 beispielsweise eine Funktion von f_i^{-1} gewählt wird. Da dieser Ansatz auch Beobachtungen mit kleinen Verbesserungen herabgewichtet, was in der Regel nicht erwünscht ist, wird meist dem *GM*-Schätzer vom „Schweppe-Typ" der Vorzug gegeben. Bei diesem wird $g_1 = g_2^{-1}$ gesetzt und mit $\phi(\boldsymbol{a}, u) = g^{-1}\psi(u, g)$ die Schätzfunktion gebildet. Von den vielen Vorschlägen zur Wahl von g sei die in *Huber [1981]* als für moderate Hebelpunkte optimal abgeleitete Gewichtsfunktion $g = \sqrt{f_i}$ genannt.

In der Literatur findet man zahlreiche weitere Varianten der *GM*-Schätzer, die sich vor allem in der Wahl der Gewichtsfunktionen unterscheiden. Sie besitzen allerdings einen niedrigen Bruchpunkt, der mit wachsender Zahl der Parameter gegen Null strebt, so dass sie, wenn Robustheit gegen extreme Ausreißer erforderlich ist, nicht zu empfehlen sind. In nur geringfügig kontaminierten Modellen, wie sie in der Geodäsie eher zu erwarten sind, können sie allerdings, da sie durch die nachgewichtete MkQ einfach zu berechnen sind, mit Gewinn eingesetzt werden.

3.3 Schätzer mit hohem Bruchpunkt

Als Nächstes sei die Frage behandelt, welche Schätzer erreichen in linearen Modellen einen hohen Bruchpunkt, und gibt es für den Bruchpunkt auch hier eine Obergrenze?

Die Herleitung der Obergrenze für den erreichbaren Bruchpunkt in linearen Modellen findet man in *Rousseeuw / Leroy [1987]*. Wie in der Statistik meist üblich, wird angenommen, dass die Elemente der Designmatrix Realisationen von Zufallsvariablen sind. Man hat es also mit Zufallsvektoren $\boldsymbol{w}_i^t = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iu}, l_i) \in \mathcal{R}^{u+1}$, $i = 1,2,\dots,n$ zu tun. Unter dieser Annahme kann man mit einer Wahrscheinlichkeit nahe eins annehmen, dass die Designmatrix in *regulärer Anordnung* (general position) ist. Das bedeutet, dass jede $u \times u$-Untermatrix, die mit den Zeilen von $\boldsymbol{A}$ gebildet werden kann, vollen Rang besitzt. Unter dieser Voraussetzung erhält man den maximalen Bruchpunkt von

$$\delta^* = \frac{[n/2] - u + 2}{n}$$

wobei $[n/2]$ für die größte ganze Zahl steht, die kleiner als $n/2$ ist.

Bei Anwendungen der Parameterschätzung im Bereich der technischen Wissenschaften hat man es meist mit geplanten Experimenten oder mit geometrischen Größen zu tun, bei denen Modellmatrizen mit festen Koeffizienten auftreten. Man kann bei diesem Design nicht damit rechnen, dass $\boldsymbol{A}$ die reguläre Anordnung besitzt. Insbesondere wenn es um Höhen- oder Positionsschätzungen in der Geodäsie geht, enthält die Koeffizientenmatrix eine große Zahl von Nullen. Die Designmatrix ist dann meist in *singulärer Anordnung* und be-

sitzt zahlreiche $u \times u$-Untermatrizen, die singulär sind. In diesen Modellen beträgt nach *Mizera / Müller [1999]* der maximale Bruchpunkt

$$\delta^* = \frac{\left[\frac{n - \mathcal{N}(\boldsymbol{A}) + 1}{2}\right]}{n} .$$

Hierbei ist $\mathcal{N}(\boldsymbol{A})$ die maximale Anzahl von Vektoren $\boldsymbol{a}_i$, die in einem Unterraum des $\mathcal{R}^u$ liegen:

$$\mathcal{N}(\boldsymbol{A}) = \max_{x \neq 0} \operatorname{card}\{m : \boldsymbol{a}_m^t \boldsymbol{x} = \boldsymbol{0}\} .$$

Wenn $\mathcal{N}(\boldsymbol{A}) = u - 1$ ist, ist das Modell in regulärer Anordnung und man erhält denselben Bruchpunkt wie oben. Leider ist keine direkte Methode zur Ermittlung von $\mathcal{N}(\boldsymbol{A})$ bekannt.

Es gibt mehrere robuste Schätzer für lineare Modelle, die den maximalen Bruchpunkt erreichen und deren Zielfunktionen leicht angegeben werden können. Am bekanntesten ist der *LMS*-Schätzer (least median of squares), der den Median der Quadrate der Verbesserungen minimiert:

$$\operatorname{med}_i(\boldsymbol{a}_i^t \boldsymbol{x} - l_i)^2 \rightarrow \min_x \Longrightarrow \hat{\boldsymbol{x}} .$$

Ein weiterer Schätzer ist eine Verallgemeinerung des getrimmten Mittels für einfache Stichproben [4] und beruht auf folgender Minimierung:

$$\sum_{i=1}^{h} (\boldsymbol{a}^t \boldsymbol{x} - l)_{(i)}^2 \rightarrow \min_x \Longrightarrow \hat{\boldsymbol{x}} .$$

Als *S*-Schätzer wird ein Schätzer bezeichnet, der einen aus den Verbesserungen zu schätzenden Streuungsparameter minimiert:

$$s\{v_1(\boldsymbol{x}), v_2(\boldsymbol{x}), \ldots, v_n(\boldsymbol{x})\} \rightarrow \min_x \Longrightarrow \hat{\boldsymbol{x}} .$$

Der Streuungsparameter wird in der Regel als *M*-Schätzer indirekt durch die Beziehung

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\frac{v_i}{s}\right) = K$$

definiert. Hierin ist $\rho(t)$ eine gerade, zweimal stetig differenzierbare Funktion mit $\rho(0) = 0$, die im Intervall $[0, c]$ streng monoton steigend und in $[c, \infty]$ konstant ist. c ist der Verwerfungspunkt und K eine geeignete Konstante, die meist als $K = E_\Phi\big(\rho(t)\big)$ gewählt wird, um zu erreichen, dass bei normalverteiltem t für s die Standardabweichung erhalten wird.

Der maximale Bruchpunkt, den diese Schätzer erreichen können, wird durch geringe Effizienz und zum Teil durch extremen Rechenaufwand erkauft. Da die Zielfunktionen keine direkten Funktionen der zu schätzenden Parameter sind, kommen zur Berechnung nur rechenintensive Methoden der nichtlinearen Optimierung oder der statistischen Versuche infrage. Mit der mathematischen Optimierung können zur Zeit nur relativ kleine Modelle bewältigt werden. Wenn mit statistischen Versuchen z. B. der *LMS*-Schätzer exakt berechnet werde soll, so müssen $\binom{n}{u}$ Gleichungssysteme der Ordnung $u \times u$ gelöst werden, um das Minimum zu finden. Bei $n = 100$ und $u = 4$ ergibt dies bereits 3.921.225 Gleichungssysteme, und wenn u auf 10 erhöht wird, erhält man die gigantische Zahl $17{,}3 \times 10^{12}$. Daraus folgt, dass statt der exakten Lösung nur eine mit akzeptabler Wahrscheinlichkeit richtige (gute) Lösung berechenbar ist. Der Einsatz von Segmentierungsmethoden und gewisse Vereinfachungen haben schnelle Algorithmen ermöglicht, mit denen heute diese Schätzungen bewältigt werden können.

4. Die Bedeutung der Schätzer in der Geodäsie

Der in der Literatur über robuste Schätzverfahren ausführlich behandelte Bruchpunkt, ist immer dann bedeutsam, wenn mit zahlreichen extremen Ausreißern in den Beobachtungen gerechnet werden muss.

Bei den klassischen geodätischen Messungen zur Höhen- und Positionsbestimmung sind Ausreißer eher selten, da schon im Feld bewährte Methoden der Qualitätskontrolle zum Zuge kommen. Und sollten diese doch einmal versagen, so werden die Ausreißer zuverlässig durch statistische Tests der Verbesserungen aufgedeckt. Dasselbe gilt für Kalibriermessungen im Feld oder im Labor. Die Methode der kleinsten Quadrate, flankiert von Messkontrollen und statistischen Tests, ist für diesen Aufgabenbereich nach wie vor empfehlenswert.

Anders ist die Situation bei der Auswertung von Messungen zur Aufdeckung von Deformationen. Wenn man nicht mit Sicherheit zwischen stabilen und deformationsgefährdeten Punkten unterscheiden kann, bringt der Einsatz robuster Schätzverfahren große Vorteile. Mit ihrer Hilfe sind Punktbewegungen leichter aufzudecken und nachzuweisen. Da die Deformationen selten extrem sind, sind *M*- oder *GM*-Schätzer mit oder ohne Verwerfungspunkt für diesen Zweck sehr geeignet. Ein hoher Bruchpunkt hat hier kaum Bedeutung. Allerdings geht die Entwicklung heute zu permanenten Messverfahren mit automatischer Auswertung. Dies erfordert eine intensive Untersuchung möglicher Fehlerquellen und eventuell darauf basierend eine Neubewertung der Anforderungen an das Schätzverfahren.

Ein weiteres, relativ junges Gebiet der Datenauswertung ist durch die Scannertechnologie, durch Satelliten zur Erdbeobachtung und durch das maschinelle Sehen entstanden. Kennzeichnend sind riesige Datenmengen, aus denen die interessierende Information zu gewinnen ist. Die Auswertemethoden in diesem Bereich sind sehr unterschiedlich, da sie in dem jeweiligen Arbeitsgebiet entwickelt wurden und den Besonderheiten der Aufgabenstellung angepasst sind. Für serielle Daten wurden robuste Filter zur Elimination von Ausreißern entwickelt. Die Parameterschätzung mit den bereinigten Da-

ten erfolgt mit robusten Schätzern. Bei Punktwolken geht es oft darum, Objekte zu erkennen oder parametrisierte Strukturen zu erfassen. Dazu müssen Objektpunkte identifiziert und Parameter geschätzt werden. Wegen der meist großen Zahl von nicht verwertbaren Punkten (Ausreißern) werden Methoden mit hohem Bruchpunkt benötigt. Als Beispiel einer solchen Schätzmethode sei *RANSAC* genannt. In diesem Algorithmus wird eine Strategie realisiert, die mit den numerischen Methoden der *LMS*-Schätzung vergleichbar ist.

5. Literatur

Baarda, Willem [1968]: A testing procedure for use in geodetic networks. Publications on Geodesy, New Series, Vol. 2, No. 5, Rijkscommissie voor Geodesie, Delft.
ISSN 0165-1706

Barnett, Vic / Lewis, Toby [1994]: Outliers in Statistical Data. Third Edition. Wiley series in probability and mathematical statistics. Wiley, Chichester.
ISBN 0-471-93094-6

Beckman, Richard J. / Cook, R. Dennis [1983]: Outlier.....s: discussion paper with comments and response. In: Technometrics, Vol. 25, No. 2, Alexandria, S. 119-163.
ISSN 0040-1706

Caspary Wilhelm / Wichmann, Klaus [2007]: Auswertung von Messdaten. Statistische Methoden für Geo- und Ingenieurwissenschaften. Oldenbourg, München / Wien.
ISBN 3-486-58351-4
ISBN 978-3-486-58351-9

Donoho, David L. / Huber, Peter J. [1983]: The notion of breakdown point. In: *Bickel, Peter J. / Doksum, Kjell A. / Hodges, Joseph L. (Hrsg.):* A Festschrift for Erich L. Lehmann in honor of his sixty-fifth birthday. Wadsworth International Group, Belmont, S. 157-184.
ISBN 0-534-98044-9

Hampel Frank R. [1968]: Contribution to the Theory of Robust Estimation. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Hawkins, Douglas M. [1980]: Identification of Outliers. Monographs on Applied Probability and Statistics. Chapman and Hall, London / New York.
ISBN 0-412-21900-X

Huber, Peter J. [1964]: Robust estimation of a location parameter. In: The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 35, No. 1, Baltimore, S. 73-101.
ISSN 0003-4851

Huber, Peter J. [1981]: Robust Statistics. Wiley Series in Probability and Statistics. 1. Auflage, Wiley & Son, New York u. a., (2. Auflage, 2004).
ISBN 0-471-41805-6 (1. Auflage)
ISBN 0-471-65072-2 (2. Auflage)

Mizera, Ivan / Müller, Christine H. [1999]: Breakdown Points and Variation Exponents of Robust *M*-Estimators in Linear Models. In: The Annals of Statistics, Vol. 27, No. 4, Cleveland, S. 1164-1177.
ISSN 0090-5364

Pope, Allen J. [1976]: The Statistics of Residuals and the Detection of Outliers. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey, Geodetic Research and Development Laboratory, NOAA Technical Report, NOS 65, NGS 1, Rockville. Springfield.

Rousseeuw, Peter J. / Leroy, Annick M. [1987]: Robust Regression and Outlier Detection. Wiley Series in Probability and Statistics. 1. Auflage, Wiley & Sons, New York u. a. (2. Auflage, 2003).
ISBN 0-471-85233-3 (1. Auflage)
ISBN 0-471-48855-0 (2. Auflage)

Schendera, Christian F. G. [2007]: Datenqualität in SPSS. Oldenbourg, München.
ISBN 3-486-58214-3
ISBN 978-3-486-58214-7

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Caspary
Grillparzerstr. 51, D-81675 München
E-Mail: wilhelm.caspary@unibw.de

Bernd Eissfeller

Real Time Kinematic and Precise Point Positioning – Status and Trends

Summary

The paper presents methods for precise GNSS data processing which enable users to enhance the GNSS position accuracy in real-time. This enhancement is achieved by using not only the own GNSS receiver measurements but also auxiliary data like reference station measurements or precise ephemeris. By combining the obtained auxiliary data with the GNSS measurements a user can significantly improve the general positioning performance. Due to this performance improvement it is possible to assess in real-time if an application like aerial imaging meets the requirements.

Zusammenfassung

In dem Aufsatz werden Methoden der präzisen GNSS Positionierung beschrieben. Die hochpräzisen Echtzeitverfahren verwenden lokale, regionale oder globale Korrekturen. Die in den 1990er Jahren entwickelte Standardmethode besteht in der Verwendung aktiver Netzwerke, wie z. B. das deutsche SAPOS® [1] System, um dem Nutzer Korrekturdaten zur Verfügung zu stellen. Ein relativ neuer Trend besteht in der Verwendung globaler Netze mit rund 100 Referenzstationen, einer Zentralstation und Datenverbindungen zum Nutzer über Internet oder geostationäre Satelliten. Diese Methode wird im Gegensatz zu Real Time Kinematic (RTK) als Precise Point Positioning (PPP) bezeichnet. Der Beitrag stellt den Status, die heute ersichtlichen Trends und die verfügbaren Korrektursysteme dar.

1. Introduction

Over the last 30 years satellite navigation has evolved from the pure military-use GPS [2] system to the current multi-constellation GNSS [3]. During this process many civil applications have been developed and the general availability and accuracy have increased significantly. The reason why GNSS measurements usually have only meter level accuracy is given by the fact that several error sources are included within the measurement process. These error sources are comprised of modeling errors like inaccurate broadcast ephemeris or measurement errors due to local multipath effects. As the calculation of the user position therefore is based on biased GNSS measurements the accuracy is degraded. Naturally, to increase the GNSS positioning performance and reliability error corrections have to be applied.

Nowadays several possibilities exist to enhance the GNSS position performance up to decimeter or even centimeter level in real-time. The paper starts with a general description of differential GNSS and continues with an overview and assessment on validated online GNSS data processing services/techniques which are easy to use and easy to be included into a specific application. Finally future developments for real-time GNSS services/applications are presented to demonstrate their potential for further enhancement of the accuracy and usability of GNSS.

2. Differential GNSS

Before coming to real-time GNSS processing this paragraph is intended to give a short introduction to differential GNSS as up to now differential GNSS is the only practical way to reach very high accuracy with GNSS measurements.

In order to achieve a precise positioning result with GNSS signals there are two main enabling factors. On the one hand, by subtracting measurements taken at a reference point with known position several common error sources in the range measurement are eliminated or decreased. On the other hand the position accuracy can be brought to the centimeter level by resolving the ambiguity of the precise but ambiguous differential carrier phase measurements instead of using only code measurements.

In classical single difference positioning a differential positioning is accomplished relative to a well-known reference station (receiver difference), as depicted left hand in Figure 1. This way the satellite clock error is eliminated, since it is contained in both measurements. If one assumes further the distance between user receiver and reference station is not larger than

[1] SAPOS® = Satellite Positioning Service of the German Landesvermessung
http://www.sapos.de/ – last access: 28.03.2012.

[2] GPS = Global Positioning System.

[3] GNSS = Global Navigation Satellite System.

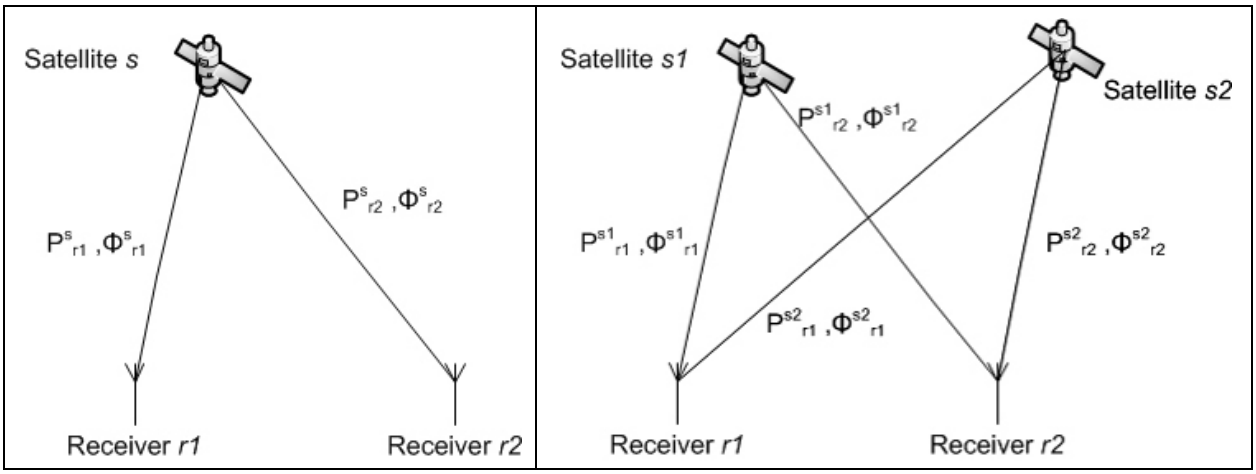


Fig. 1: *Visualization of single- (left) and double- (right) differences.*

about ten kilometers, then an almost identical ionosphere influence can be assumed. Also the differential orbit error can be neglected due to the large distance of the receivers to the satellites. The troposphere is likewise spatially correlated and the remaining error may be neglected, if the height of both receivers is in approximately alike. With consideration of these conditions the remaining error sources are multipath and thermal noise. Ignoring the multipath errors leads to a measurement inaccuracy of the differential measurement which is twice as high as the measuring accuracy of the single measurement.

The positioning algorithm with the single difference model has nonlinear equations, which must be solved for the unknown user receiver coordinates and the combined receiver clock error. For the carrier phase measurement additionally the unknown ambiguity has to be estimated.

When using double differenced observation equations – with the difference of two single differences, as shown right hand in Figure 1 – the advantage is that the unknown combined receiver clock error is eliminated. Again a not too large distance between reference station and user receiver as well as a negligible combined clock drift were presupposed. The disadvantages of the double differenced observation equations are the reinforcement of the measuring noise and the correlation of the double differences *[Hofmann-Wellenhof et al., 1993]*. In practice one obtains a better result over double differenced observation equations than by the positioning with single differentiation. The reason for this lies in the constantly varying combined receiver clock error of the single differences.

The fast, robust and reliable determination of the ambiguities of the carrier phase measurements forms the key in order to obtain centimeter accuracies in real time. The determination of the carrier phase ambiguities in the motion is therefore a substantial heart of the highly exact satellite navigation. If the temporally constant ambiguities are once determined, then a centimeter-level positioning is possible.

The determination of the ambiguities can in general be divided into two substantial sub-problems: finding the correct ambiguity combination, and the validation of the correct ambiguity combination. Nearly all approaches are based on the proposal of *[Hatch, 1991]* and lead to the determination of the ambiguities by a search in the high-dimensional observation area, the phase space, as proposed for example by *[Teunissen, 1994; Euler/Landau, 1992]*.

3. Status of Real-Time GNSS Data Processing

The following subsections give an overview of the current major real-time capable reference-and augmentation-systems, which can be divided into network-based and satellite-based systems.

3.1 Network-Based Services

The market for real-time positioning has been growing fast for the last two decades. The foundation builds the introduction of real-time kinematic measurements (RTK) in the 1990s, which enabled the user to perform precise positioning on centimeter level in real-time. Other than former post-processing techniques, a base station is set up on a known point and generates correction parameters from the difference between the target coordinate and the measured coordinate. These corrections are sent via a radio link to the rover to apply the correction to the positioning solution. The user is able to carry out measurements within a distance of 5-20 km to the base station, for greater distances the ambiguity resolution is unreliable and a precise positioning solution is not achievable *[Wanninger, 2006]*.

3.1.1 Network-Based Approach

As the market demand increased RTK was still an option, but due to the performance limitations the development and installation of a more suitable solution was impelled. The main goal of the network-based approach is the reduction of reference stations on one hand and an area-wide availability of correction parameters on the other. The common distance between the reference stations in a RTK network is 50-70 km to ensure an area-wide coverage. In this case the correction parameters are not derived from one single reference station (as with RTK) but from a network of reference stations, which provide a combined solution (Figure 2). A common correction approach is called "Flaechen-Korrektur-Parameter" (FKP). It is used in the network services provided by *SAPOS®*, a national German RTK network provider, consisting of more than 250 stations. Using data of a minimum of three closest reference stations around the rover, double difference satellite-specific atmospheric corrections are derived by using planar interpolation functions *[Wübbena / Bagge, 1999]*. A similar network approach uses these correction parameters to generate a so called virtual reference station (VRS) close to the user's position. The synthetic observations of the VRS are used to determine the short baseline between VRS and the roving receiver *[Wanninger, 1998]*. Furthermore, there is the master-auxiliary-concept (MAC) consisting of one master reference station, that generates complete observation corrections. The observations of the other reference stations (auxiliary stations) are expressed as correction differences to the master station to limit the amount of data *[Brown et al., 2005]*. For each of the concepts a mobile network (e.g. GSM) is used for the data communication.

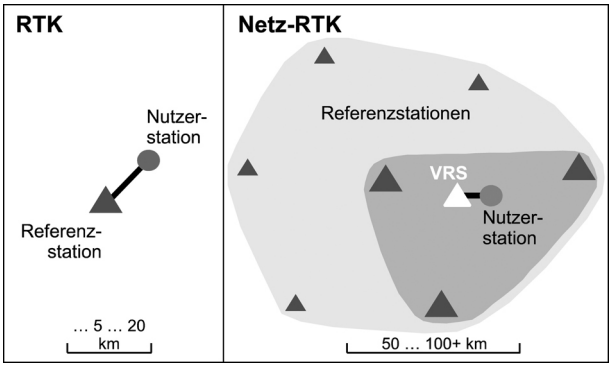


Fig. 2: *Principles of RTK and Network RTK from Wanninger [2006].*

3.1.2 Service Performance

All concepts are in use by different providers at the moment. In Germany for example, there is the national provider *SAPOS®* and the *ascos satellite positioning service* [4], who use FKP and VRS. And there are also *Leica* [5] (MAC) and *Trimble* [6] (VRS), who provide correction data. This constellation shows that the differences between the concepts are rather small for the users. All providers claim an accuracy level of just a few centimeters (horizontal) and an age of data of approximately one second. The age of data may differ depending on the mobile network which is in use and the amount of data, which is to be sent. Where the VRS solution only broadcasts a very small amount of data, FKP and MAC need more bandwidth (and therefore possibly more time) to share information between processing center and rover. The correction data of network-based services are continuously available around the clock, except of maintenance issues such as software updates or hardware changes which are realized during nighttime or weekends.

Figure 3 shows the availability of the *Trimble* network (right) as an example and the coverage of the *Vodafone* mobile network (GSM), which is used as a communication link between rover and processing center. It is visible, that the correction service provider claims a complete coverage of Germany, while the mobile network contains some gaps. As the user needs both for a precise positioning solution, a provision of correction parameters as well as their submission to the rover, the coverage is not necessarily area-wide. Nevertheless, network-based services provide a convenient way to perform precise positioning on centimeter level with reduced equipment – only a GNSS receiver with a GSM connection is needed – and effort.

3.2 EGNOS

One important data source for GPS corrections in the European area is *EGNOS* [7] *(European Geostationary Navigation Overlay Service)* which is a Satellite Based Augmentation System (SBAS). Further possible sources for precise orbit and satellite clock parameters are the SISNeT [8] technology and the precise ephemeris delivered by IGS [9].

SBAS are satellite-based support systems, which send correction signals in real time, so that the GPS users can achieve improved position accuracy. The SBAS conveys these correction signals via satellite. The SBAS Service is standardized and available in several regions around the world other than Europe: United

[4] http://www.ascos.de/ – last access: 28.03.2012.

[5] Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland
http://www.leica-geosystems.com/en/index.html
last access: 28.03.2012.

[6] http://www.trimble.com/ – last access: 28.03.2012.

[7] http://egnos-portal.gsa.europa.eu/ – last access: 28.03.2012.

[8] http://www.egnos-pro.esa.int/sisnet/index.html
last access: 28.03.2012.

[9] IGS = International GNSS Service
http://igscb.jpl.nasa.gov/ – last access: 28.03.2012.

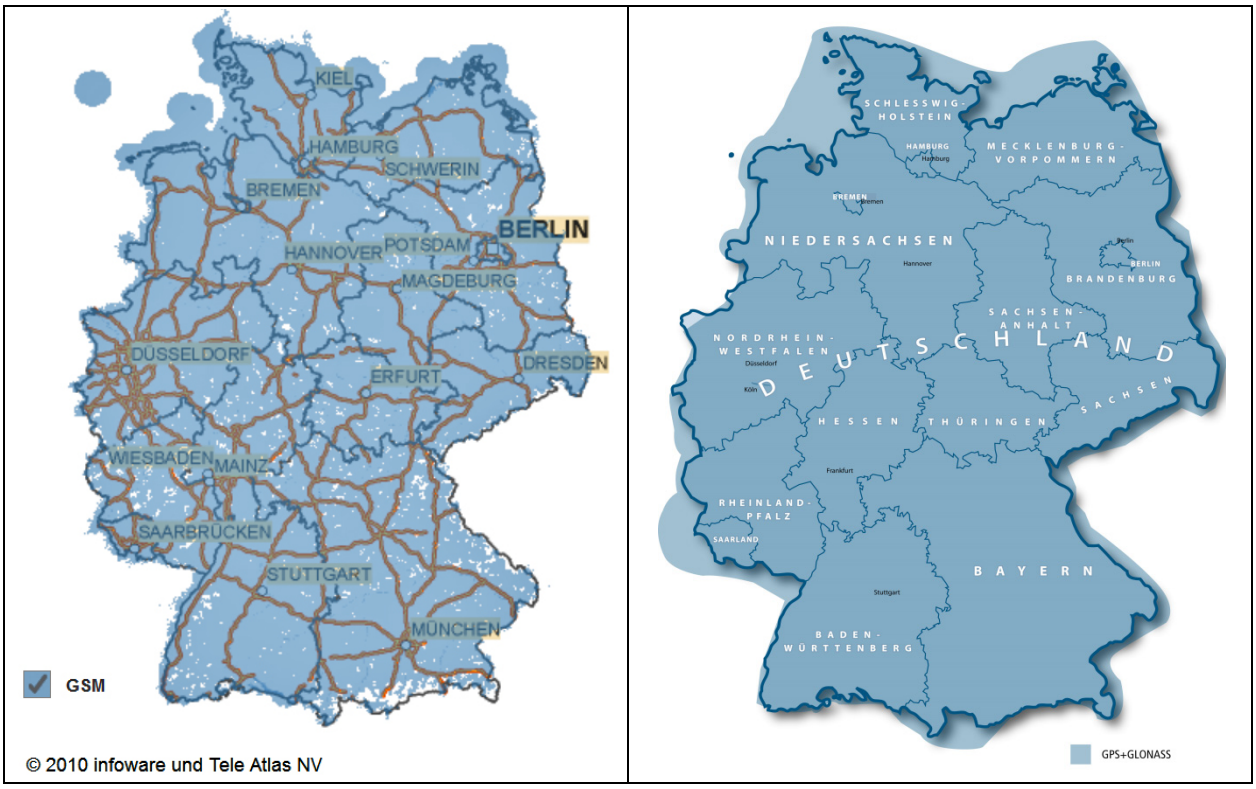


Fig. 3: *Coverage of the Vodafone Germany GSM network (left) and the Trimble network (right).*
[Sources: http://www.vodafone.de *(left);* http://www.trimble.com *(right)]*

States (WAAS [10]), Japan (MSAS [11]), India (GAGAN [12], planned), Russia (SDCM [13], planned), China (SNAS [14], planned). *EGNOS* is the European SBAS and is developed by the *European Space Agency (ESA)*, the European organization for the protection of aviation *EUROCONTROL* and by the *European Commission (EC)*. The goal of *EGNOS* is not only to improve the position accuracy for GPS receivers, but also an improved continuity and integrity. For this *EGNOS* is divided into three segments:

- Space Segment:
  The space segment consists of three geostationary satellites, which radiate the *EGNOS* signal.
- Ground Segment:
  The ground segment consists of different reference stations (Ranging and Integrity Monitoring Station, RIMS), main control stations (Master Control Centers, MCC) and ground stations (Navigation Land Earth Station, NLES). As can be seen in Figure 4, these stations are mainly distributed over Europe, but there are also some stations in other continents. The reference stations receive the GPS signals and pass the measurements on to the main control stations. The main control stations process the data and compute the corrections. The corrections are then sent by means of the ground stations to the geostationary satellites.
- Support Segment:
  The support segment is a mechanism for the support of the system support (Performance Assessment and Check out Facility, PACF) and a mechanism for the assistance of the *EGNOS* user (Application Specific Qualification Facility, ASQF).

According to specifications, horizontal position accuracy should be better than seven meters. In practice, the horizontal position accuracy is at the meter level. The *EGNOS* system consists of three geostationary satellites and a network of ground stations. The system started its initial operations in July 2005, showing outstanding performances in terms of accuracy (better than two meters) and availability (above 99%) – see *EU-US Cooperation Satellite Navigation Working Group C [2010]* for example – and it was certified for use in safety of life applications in March 2011. A commercial service is under test and will also be made available in 2011. *EGNOS* is operational and available for use with both an open service and a Safety-of-Life service for aviation.

EGNOS delivers fast and long term corrections for satellite orbits and clocks, ionospheric corrections which

[10] WAAS = Wide Area Application Services.
[11] MSAS = Multi-functional Satellite Augmentation System.
[12] GAGAN = GPS Aided Geo Augmented Navigation.
[13] SDCM = System of Differential Correction and Monitoring.
[14] SNAS = Satellite Navigation Augmentation System.

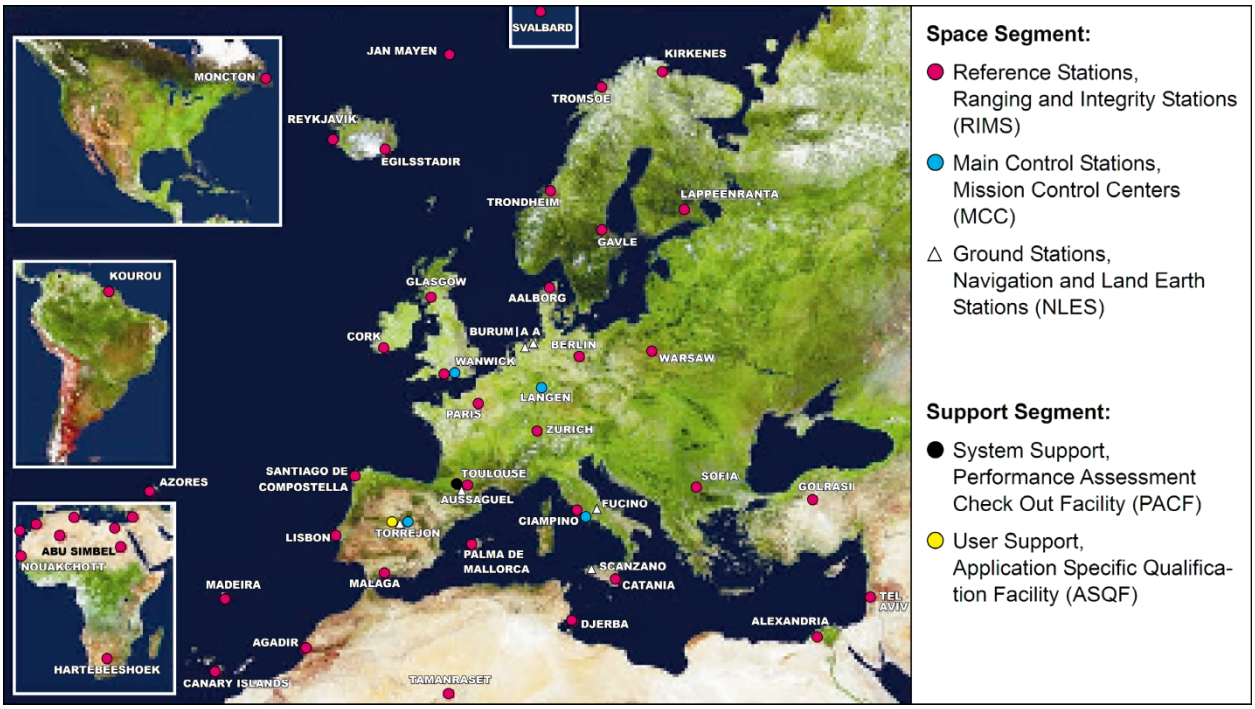


Fig. 4: *Ground- and Support Segment of EGNOS.*

can be computed from a measurement grid over Europe and degradation factors. This information is widely used nowadays, even for handheld consumer receivers, in order to get a less biased position result. For precise positioning applications the EGNOS integrity information can be used to exclude measurements which suffer from too large errors due to satellite errors or strong ionospheric activity.

3.3 OmniSTAR®

OmniSTAR® [15] is a global real-time differential GPS broadcast system providing corrections based on a worldwide network of reference stations. *OmniSTAR®* uses the network of reference stations to measure errors inherent to the GPS system and additionally precise orbit and clock information for every satellite are utilized. The data is up-linked to geostationary satellites, which distribute them over their respective footprints. In April 2011 *Trimble* has acquired certain *OmniSTAR®* assets from *Fugro N.V.* [16]. The acquisition includes agriculture, construction, mapping and Geographic Information Systems (GIS) and survey applications. Within the following the basic properties of the *OmniSTAR®* system are described shortly. The RTX (Real Rime eXtended) positioning solution *[Leandro et al., 2011]* by *Trimble* is making use of the geostationary communication links.

3.3.1 OmniSTAR® data link

As already stated *OmniSTAR®* corrections are broadcasted via several geostationary satellites which are located about 36.000 km above the equatorial plane. The geostationary satellites covering eight regions including most of the landmass of each inhabited continent. Figure 5 shows the footprint and the included region where corrections are provided within Europe and Africa. The red dots are reference stations used within the current network.

The correction data is down-linked within the L-Band near below to the GPS L1 center frequency but the distinct frequency is depending on the individual *Omni-*

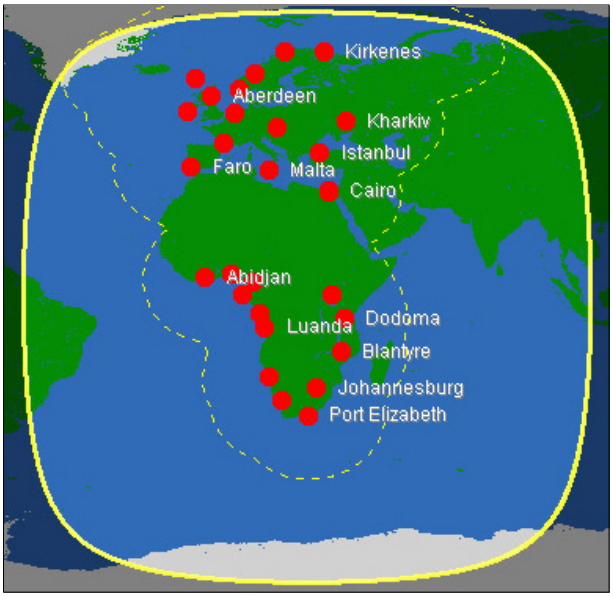


Fig. 5: *OmniSTAR® coverage map for EUSAT/AFSAT from Trimble Navigation Limited [2012].*

[15] http://www.omnistar.com/ – last access: 29.03.2012.
[16] http://www.fugro.com/ – last access: 29.03.2012.

STAR® satellite, e.g. the down-link frequency for the EUSAT is 1537.440 MHz with a data rate of 1200 bps. The near proximity to the GPS L1 signals allows the usage of (appropriately designed) L-Band antennas and therefore avoids the need for additional reception hardware. The general *OmniSTAR*® data link concept is based on a one way communication from the satellites to the user. This passive system design enables an infinite number of users at the same instant of time.

3.3.2 OmniSTAR® services

The *OmniSTAR*® VBS (Virtual Base Station) service is based on GPS L1 Code measurements of reference stations that are used to calculate optimized GPS corrections for the location of the user. These + corrections are passed to the GPS receiver to create an optimized DGPS [17] solution. Accuracy is better than 1 m (2DRMS [18]) horizontal at mid-latitudes inside the reference network.

OmniSTAR® *HP* (High Performance) is a dual frequency DGPS service. The *OmniSTAR*® *HP* broadcast consists of phase and code measurements from the reference station network. Due to the fact that dual frequency measurements are used, the information is already free of ionosphere signal delay errors. After receiving the phase and code measurements from the *OmniSTAR*® satellite broadcast, these information are applied to the raw GPS measurements gathered by the user GPS receiver. The accuracy of this service is in the decimeter level domain.

OmniSTAR® *XP* (Extended Performance) positioning is based on precise orbit and clock information for GPS satellites. Precise satellite orbit information is broadcasted every minute and precise clock information every ten seconds. With a provided satellite position accuracy within 20-30 cm and a satellite clock error within a nanosecond, it is possible to estimate positions up to the decimeter level without the need for a user to work close to one of the *OmniSTAR*® reference stations. This technique is also referred to as "Precise Point Positioning" (PPP).

The *OmniSTAR*® *G2* (GPS and GLONASS [19]) broadcast additionally contains the orbit and clock corrections for the Russian GLONASS system as well as for GPS. *OmniSTAR*® *G2* uses GLONASS orbit and clock corrections derived from a separate independent network of reference station.

OmniSTAR® can combine *HP* and *XP* or *HP*, *XP* and *G2* into a robust positioning solution with a high availability. When a user is working far away from any of the *OmniSTAR*® reference stations the solution relies on precise orbits and clocks information *(XP/G2)*. When working close to the reference stations the solution is improved using the HP network solution *(HP/XP/G2)*. The combination of *OmniSTAR*® *HP* and *XP* is referred to as *OmniSTAR*® *HP*+. The pricing for the different services are dependent of the application and the geographical region. Standard North American subscription pricing for GIS/Mapping applications are:

- *OmniSTAR*® *VBS:* $ 800 per year per receiver,
- *OmniSTAR*® *XP:* $ 1,500 per year per receiver,
- *OmniSTAR*® *HP:* $ 2,500 per year per receiver.

3.3.3 OmniSTAR® performance

Within *Visser [2009]* one can see the development of the standard deviation for a position solution for two *OmniSTAR*® services over time, where the picture is taken from an official *OmniSTAR*® reference (Fig. 6). It is clearly visible that it needs some convergence time to obtain good position solution accuracy.

An evaluation of the *OmniSTAR*® *XP* service for airborne applications in *Booth/Snow [2009]* shows similar results. This paper states that one major drawback of *OmniSTAR*® *XP* is the static initialization time which is needed to get the best result because in case of high (airplane) dynamics the convergence period is prolonged.

3.4 Further Systems

Beside the described RTK, *EGNOS* and *OmniSTAR*® systems there are more services which also provide improved real-time positioning capabilities but shall only be described shortly.

For maritime users *IALA* [20] standard conform DGPS corrections are broadcasted via medium wave and as this service is intended for ships the reference/broadcast station are mostly located at the coast. Due to the medium wave transmission a user needs dedicated equipment to make use of this data.

Ground Based Augmentation System (GBAS) consist of reference receivers located around a central location which normally is an airport. The measurements of the reference receivers are used to derive corrections which are sent via VHF data broadcast to the user receiver. The main drawback of this system for general purpose users is the very local character of the corrections and simultaneously these systems are only installed near to big airports.

StarFire™ [21] is a commercial satellite based augmentation system comparable to the *OmniSTAR*® system. According to *NavCom Technology [2012]* the real-

[17] DGPS = Differential Global Positioning System.

[18] DRMS = Distance Root Mean Square.

[19] GLONASS = Globalnaja Nawigazionnaja Sputnikowaja Sistema.

[20] IALA = International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. http://www.iala-aism.org/ – last access: 29.03.2012.

[21] http://www.navcomtech.com/starfire/ last access: 29.03.2012.

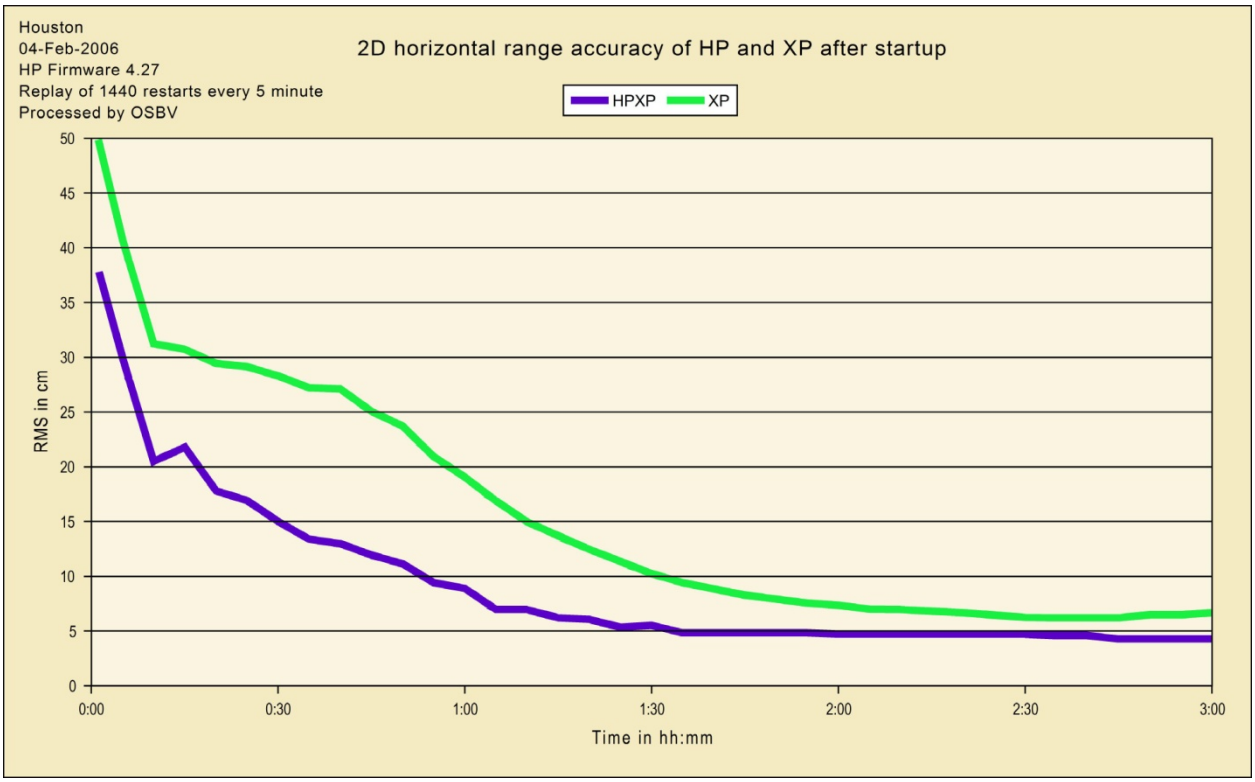


Fig. 6: *Standard deviation of horizontal accuracy after start-up for HP$^+$ (HP/XP) and XP only, according to Visser [2009].*

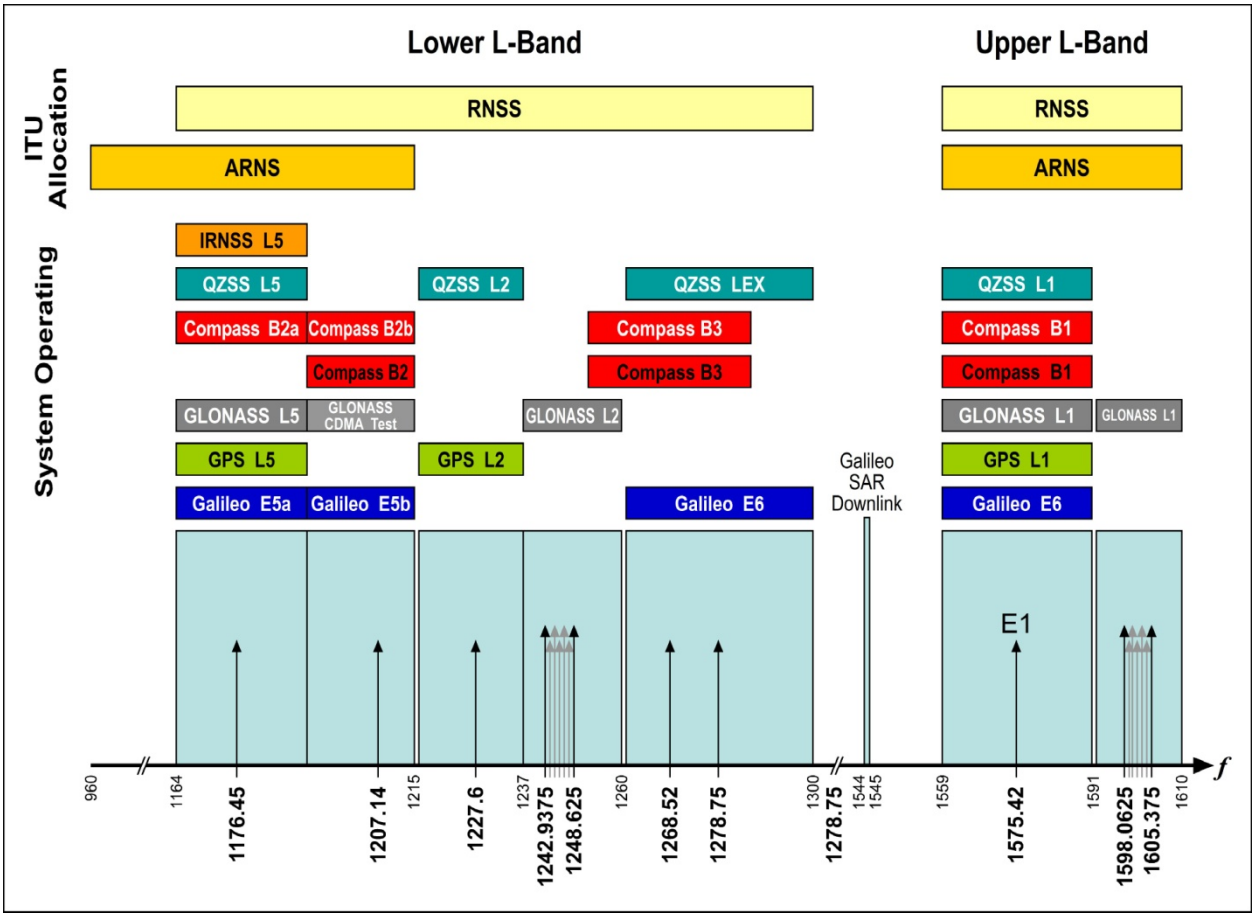


Fig. 7: *Frequency plan for all existing and upcoming regional and global navigation systems.*

time accuracy is on the decimeter level on a worldwide basis. The corrections are broadcast at L-Band frequencies via geostationary satellites.

4. Future Developments and Challenges

4.1 GNSS System of Systems

The near future of satellite navigation will bring a whole bunch of new satellite systems and signals, as can be seen in Figure 7. *GPS* is modernized with the signals L1C and L5, *GLONASS* is adding CDMA[22] signals to the legacy L1/L2 FDMA[23] signals and has already a test signal on L3 with CDMA modulation transmitting since April 2011. *Galileo* is on the way with the very promising E5 AltBOC[24] signal, as well as the Chinese Compass. Also India and Japan are eager to bring their navigation payloads in orbit.

A combined use of the signals in space of the modernized GNSS will drastically reduce the instantaneous ambiguity fail rate on short baselines. The increased success-rate of fixed ambiguity is caused by a higher number of satellites and the resulting improved satellite geometry. By the availability of additional modernized signals the RTK positioning will be more robust and will have a shorter time to first ambiguity fix. Depending on the environment the RTK positioning may be even more precise due to the improved geometry.

4.2 Jamming

One weak point for applications which need precise positioning solutions in low altitudes or on the road is the threat of jammers. Due to the low power levels of the received GNSS signals they are vulnerable to interference. In this case it is intentionally through jamming attempts which is the most serious threat. Jammers are relatively easy to purchase from abroad over the internet and operate them by plugging them into the cigarette lighter of a vehicle. The result is the partial or complete destruction of GNSS signals not only in the vehicle it is operated in, but also within vehicles in the vicinity of about a kilometer.

An analysis of InCar-Jammers (Fig. 8) shows that the primary InCar-Jammer interference types are brute force jammers, transmitting a high power wideband chirp signal *[Bauernfeind et al., 2011]*. Also narrowband continuous wave jammers are available. The modernization of GPS and the upcoming of new satellite navigation systems like *Galileo* include the introduction of new frequency bands for open GNSS services. Some of the upcoming open signals like the additional L5 band for GPS cover wider bands and are therefore not so prone to interference, but also the development of more sophisticated jammers for all used frequency bands and signal types are foreseeable and mitigation techniqes might only bring marginal attenuation of the interference effects.

4.3 New GNSS Signals

Despite the numerous advantages of a multi-system positioning approach a few of the new signals have some interesting properties, first and foremost the *Galileo* E5 broadband signal. It will feature an ultimately low range noise in the centimeter range and an impact of multipath, which is on centimeter level in benign environments and by far smaller than the multipath errors on all other signals in all other environments as well. This development will have important consequences for precise positioning in the future. The drastically increased range precision due to the very low E5 range noise will allow high accuracy measurements for combined code-and-carrier positioning. Unlike current GNSS signals (e.g. GPS L1, L2) only a single-frequency *Galileo* receiver will be needed in the future rather than a (significantly more expensive) multi-frequency device. Therefore, carrier phase and range measurements – in contrast to present GNSS signals – will almost become comparable in terms of accuracy. Such a single-frequency system will additionally be able to eliminate the ionospheric propagation delay, which is a major point in enhancing positional accuracy over long distances by the code-plus-carrier principle. Furthermore, integer ambiguity recovery – often said to be a key issue in precise positioning – will become feasible.

4.4 Future Methods for Precise Positioning in Real-Time

The state of the art positioning technique is without doubt network RTK. It provides the best positioning accuracy currently available and is extensively used in a wide range of applications with significant economic benefits. The main disadvantage of this approach is the need to build up and maintain an extensive reference station network as well as the necessity of a communication link between the processing centre and the roving receiver. In industrialized areas like Europe and most of Northern America a network of reference stations is proficient and mobile communication is almost area-wide available. But the number of areas where a precise positioning solution in real-time is inquired is increasing and either a reference station network or a mobile network is not in sight. The costs for building up and maintaining such networks are out of all proportion for the providers in most undeveloped or rural areas like in Africa or even in parts of Northern America. An option to avoid a reference station network is the precise point positioning (PPP) method. There have been extensive investigations in the past couple of years to analyze the potential and the performance of this method. PPP works

[22] CDMA = Code Division Multiple Access.

[23] FDMA = Frequency Division Multiple Access.

[24] AltBOC = Alternative Binary o set Carrier.

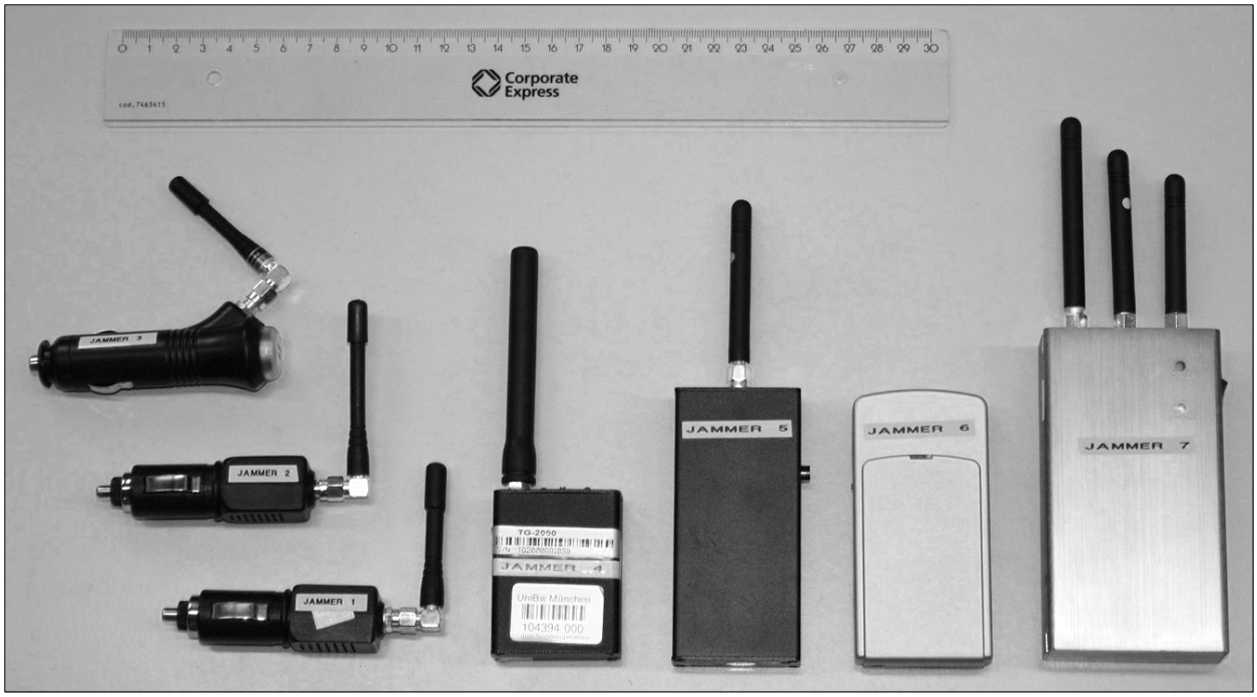


Fig. 8: *Examples for commercial InCar Jammers from Bauernfeind et al. [2011].*

without any differential approach to mitigate common errors like atmospheric delays, receiver and satellite clock errors or ambiguity resolution for carrier phase measurements, but it uses precise GNSS satellite clock and orbit information to achieve an accurate positioning solution. In kinematic post processing mode accuracies on cm-level have been achieved *[Heßelbarth / Wanninger, 2010]* by using the clock and orbit information from the International GNSS Service (IGS), but for most applications, as visible by the success of RTK and network RTK, real-time positioning is desired or even necessary. There are three main challenges for real-time PPP:

- firstly the precise satellite clock and orbit information are predicted (IGS product: ultra-rapid), which reduces the accuracy compared to the post processing method where observed satellite data are used,
- secondly the large convergence time of the PPP method (> 30 min) are to be minimized and
- thirdly the broadcast of the satellite clock and orbit information to the roving receiver in unconnected rural areas has to be assured.

A couple of promising approaches will be presented in the near future. PPP and network RTK methods are connected in *Leandro et al. [2011]* and *Tobias et al. [2011]* to solve the convergence time issues as well as the dependence of a mobile network. In *Chen et al. [2011]* the network RTK approach has been analyzed and its performance has been improved for industrial applications, enabling a correction data service in the problem areas mentioned above.

5. Conclusions

Modern GNSS augmentation services provide real-time accuracy on the decimeter or even centimeter level as depicted in the table on page 56. The real-time solution therefore enables an application to estimate the minimum performance for the final position solution. By using post processing techniques the final accuracy might be further increased. For an aerial flight operation this means for example that already during the flight time the minimum final performance is available and therefore an operator can immediately assess if the requirements are met.

The best accuracy can be obtained by using network RTK solutions but the major drawback of this technique is the prerequisite for an operational reference receiver network within the area of interest. Satellite based systems like *Trimble RTX (OmniSTAR®)* and *StarFire™* have slightly worse accuracy but on the other hand they are available on a nearly world-wide basis. The drawback is given by the eventually long initialization time to reach the best positioning accuracy. *EGNOS* or comparable SBAS systems deliver results in the meter level for single frequency users and the corrections are mostly free of charge. One also has to keep in mind that SBAS systems include integrity information and therefore deliver a trustworthy position solution.

Upcoming new signals like the *Galileo* AltBOC will deliver superior performance and might, depending on the user requirements, even lead to scenarios where very high real-time GNSS positioning performance can be reached without the need for auxiliary correction data.

Table: *Overview of real-time GNSS correction services.*

Service / Type	Accuracy	Areal availability	Fee	Additional equipment	Initialzation time
RTK	few centimeters	local	no	reference station	few minutes
Network RTK	few centimeters	regional	yes	communication link (e.g. GSM)	few seconds
EGNOS	few meters	Europe	no	none	few minutes
Trimble RTX (OmniSTAR®)	one meters to few centimeters	nearly worldwide	yes	suited L-band antenna	depending on mode and operation
StarFire™	few meters to few centimeters	nearly worldwide	yes	suited L-band antenna	depending on operation
GBAS	few meters	local	no	VHF link	few minutes
IALA DGPS	few meters	regional coastal area	no	medium wave link	few minutes

6. References and Sources

Bauernfeind, Roland / Krämer, Isabelle / Beckmann, Hanno / Eissfeller, Bernd / Vierroth, Volker [2011]: In-Car Jammer Interference Detection in Automotive GNSS Receivers and Localization by Means of Vehicular Communication. In: *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (Ed.):* 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS), Vienna, 29 June to 1 July 2011, pp. 376-381.
ISBN 978-1-4577-0992-0
http://http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5973616
last access: 16.04.2012.

Booth, Janet S. / Snow, Robert N. [2009]: An Evaluation of OmniSTAR XP and PPP as a Replacement for DGPS in Airborne Application. In: *The Institute of Navigation (ION) (Ed.):* Proceedings of the 22nd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2009, Sept. 22-25, 2009, Savannah Convention Center, Savannah, Georgia. The Institute of Navigation, Fairfax, CD-ROM, pp. 1188-1194.

Brown, Neil / Keenan, Ryan / Richter, Bernhard / Troyer, Lienhart [2005]: Advances in Ambiguity Resolution for RTK Applications Using the New RTCM V3.0 Master-Auxiliary Messages. In: *The Institute of Navigation (ION) (Ed.):* Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2005, Sept. 13-16, 2005, Long Beach Convention Center, Long Beach, California. The Institute of Navigation, Fairfax, CD-ROM, pp. 73-80.
http://www.machinecontrol.ca/Images/Downloadable%20Papers/White%20Papers/Advances_in_Ambiguity_RTK.pdf
last access: 28.03.2012.

Chen, Xiaoming / Allison, Timo / Cao, Wei / Ferguson, Kendall / Grunig, Simon / Gomez, Victor / Kipka, Adrian / Koehler, Jan / Landau, Herbert / Leandro, Rodrigo / Lu, Gang / Stolz, Ralf / Talbot, Nick [2011]: Trimble RXT, an Innovative New Approach for Network RTK. In: *The Institute of Navigation (ION) (Ed.):* Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2011, Sept. 20-23, 2011, Oregon Convention Center, Portland, Oregon. The Institute of Navigation, Fairfax, CD-ROM, pp. 2214-2219.

Eissfeller, Bernd / Dötterböck, Dominik / Junker, Stefan / Stöber, Carsten [2011]: Online GNSS Data Processing – Status and Future Developments. In: *Fritsch, Dieter (Ed.):* Photogrammetric Week '11. Wichmann, Stuttgart, pp. 111-123.
ISBN 978-3-87907-507-2
http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo11/120Eissfeller.pdf
last access: 02.04.2012.

EU-US Cooperation Satellite Navigation Working Group C (Ed.) [2010]: Combined Performances for SBAS Receivers Using WAAS and EGNOS. Final version, July 19, 2010. 18 p. Online-publication.
http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/egnos/files/combined-waas-egnos_en.pdf
last access: 28.03.2012.

Euler, Hans-Jürgen / Landau, Herbert [1992]: Fast Ambiguity Resolution On-The-Fly for Real-Time Applications. In: Proceedings of the Sixth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Columbus, Ohio, March 17-20, 1992, Vol. 2. Ohio State University, Columbus, pp. 650-659.

Hatch, Ronald R. [1991]: Instantaneous Ambiguity Resolution. In: *Schwarz, Klaus-Peter / Lachapelle, Gérard (Eds):* Kinematic Systems in Geodesy, Surveying, and Remote Sensing, Banff, Alberta, Canada, September 10-13, 1990. International Association of Geodesy Symposia No. 107. Springer, New York, pp. 299-308.
ISBN 3-540-97465-2
ISBN 0-387-97465-2

Heßelbarth, Anja / Wanninger, Lambert [2010]: Performance of GNSS-PPP in Post-Processing Mode. In: Proceedings of the 17th European-based biennial conference of International Federation of Hydrographic Societies "Hydro 2010", Rostock-Warnemünde, 02.-05.11.2010.
http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_geowissenschaften/gi/gg/veroeffentlichungen/hesselbarth_hydro2010.pdf
last access: 02.04.2012.

Hofmann-Wellenhof, Bernhard / Lichtenegger, Herbert / Collins, James [1993]: Global Positioning System, Theory and Practice. 2nd Edition. Springer, Wien / New York, 326 p.
ISBN 0-387-82364-6

Leandro, Rodrigo / Landau, Herbert / Nitschke, Markus / Glocker, Markus / Seeger, Stephan / Chen, Xiaoming / Deking, Alois / Tahar, Mohamed Ben / Zhang, Feipeng / Ferguson, Kendall / Stolz, Ralf / Talbot, Nick / Lu, Gang / Allison, Timo / Brandl, Markus / Gomez, Victor / Cao, Wei / Kipka, Adrian [2011]: RTX Positioning: The Next Generation of cm-accurate Real-time GNSS Positioning. In: *The Institute of Navigation (ION) (Ed.):* Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2011, Sept. 20-23, 2011, Oregon Convention Center, Portland, Oregon. The Institute of Navigation, Fairfax, CD-ROM, pp. 1460-1475.

Navcom Technology (Ed.) [2012]: The StarFire™ Network. Online-publication.
http://www.navcomtech.com/StarFire/StarFireHome.cfm
last access: 02.04.2012.

Trimble Navigation Limited (Ed.) [2012]: OmniSTAR® Coverage Maps. Online-publication.
http://www.omnistar.com/Support/Coveragemaps.aspx
last access: 29.03.2012.

Teunissen, Peter J. G. [1994]: A New Method for Fast Carrier Phase Ambiguity Estimation. In: *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Aerospace and Electronic Systems Society (Ed.):* IEEE 1994 Position Location and Navigation Symposium (PLANS-94), Las Vegas, Nevada, April 11-15, 1994. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, pp. 562-573.
ISBN 0-7803-1435-2 (broschiert)
ISBN 0-7803-1436-0 (gebunden)
http://curtin.academia.edu/PeterTeunissen/Papers/672512/_1994_A_new_method_for_fast_carrier_phase_ambiguity_estimation
last access: 28.03.2012.

Tobias, Guillermo / Garcia, Cristina / Mozo, Alvaro / Navarro, Pedro / Piriz, Ricardo / Rodriguez, Irma / Rodriguez, Daniel [2011]: Filling in the gaps of RTK with Regional PPP. In: *The Institute of Navigation (ION) (Ed.):* Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS 2011, Sept. 20-23, 2011, Oregon Convention Center, Portland, Oregon. The Institute of Navigation, Fairfax, CD-ROM, pp. 2193-2201.

Visser, Hans [2009]: OmniSTAR Satellite Service. Online-publication.
http://www.omnistar.com – (no longer available)
last access: 2010.

Vodafone (Ed.) [2010]: Netzabdeckung. Online-publication.
http://www.vodafone.de/privat/hilfe-support/netzabdeckung.html
last access: 28.03.2012.

Wanninger, Lambert [1998]: Real-Time Differential GPS-Error Modelling in Regional Reference Station Networks. In: *Brunner, Fritz K. (Ed.):* Advances in Positioning and Reference Frames. IAG Scientific Assembly, Rio de Janeiro, Brazil, September 3-9, 1997. International Association of Geodesy Symposia No. 118, pp. 86-92.
ISBN 3-540-64604-3

Wanninger, Lambert [2006]: Netz-RTK. In: *Gordon, Elliot (Hrsg.):* GPS und Galileo – Methoden, Lösungen und neueste Entwicklungen Beiträge zum 66. DVW-Seminar am 21. und 22. Februar 2006 in Darmstadt. Schriftenreihe des DVW, Band 49. Wißner, Augsburg, pp. 59-69.
ISBN 3-89639-521-1
ISBN 978-3-89639-521-4
http://www.wasoft.de/lit/netzrtk_dvw4906.pdf
last access: 28.03.2012.

Wübbena, Gerhard / Bagge, Andreas [1999]: Neuere Entwicklungen zu GNSS−RTK für optimierte Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit: Referenzstationsnetze und Multistations-RTK-Lösungen. In: *Riedl, Gert / Seeger, Hermann (Eds.):* GPS-Praxis und -Trends '97. Beiträge zum 46. DVW-Fortbildungsseminar vom 29. September bis zum 1. Oktober 1997 am Bundesamt für Kartographie und Geodäsie in Frankfurt am Main. Wittwer, Stuttgart, pp. 73-92.
ISBN 3-87919-265-0
http://www.geopp.de/download/dvw97.pdf
last access: 28.03.2012.

Author's address:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Eissfeller

Bundeswehr University Munich, Faculty of Aerial and Space Technology, Institute of Space Technology and Space Applications (ISTA), D-85577 Neubiberg

E-Mail: Bernd.Eissfeller@unibw.de

Gustav Forstner

Die Grenzen des Herzogtums Kärnten in alten Landkarten

Zusammenfassung

Die Untersuchung zeigte, dass die Kartographen der ältesten Karten Kärntens nur unklare Vorstellungen über dessen Grenzen hatten, die handkoloriert eingetragen wurden. Allgemein bekannt scheint jedoch der Verlauf der Südgrenze über die Karawanken und die Karnischen Alpen gewesen zu sein. Ab 1612 stand in der Karte HOLZWURMS eine bessere, gestochene Landesgrenze zur Verfügung, die 1718 von ZAUCHENBERG verbessert und in dieser Form bis zum Ende des 18. Jahrhunderts kopiert wurde. Weitere Verbesserungen erfolgten durch KINDERMANN ab 1790 auf Basis der Josephinischen Militäraufnahme. Diese zeigten aber im Hochgebirge noch immer starke Abweichungen. Durch die Verwendung der Ergebnisse der 2. (Franziszeischen) Landesaufnahme konnten die Grenzen des Herzogtums ab etwa 1840 weitgehend fehlerfrei dargestellt werden.

Summary

It could be shown that the cartographers of the oldest maps of Carinthia had only vague ideas about these borders drawn in colors. But it seems to have been general knowledge that the course of the southern frontier went along the Karawanken mountain range and the Carnic Alps. From 1612 onwards there was in the map of HOLZWURM a better and copper-engraved course of the border available, improved 1718 by ZAUCHENBERG and copied in this version till to the end of the 18th century. Further improvements were carried out by KINDERMANN about 1790, based on the military survey of Emperor JOSEPH II, but showed in the high mountain areas still considerable deviations. By applying the results of the 2nd general survey, initiated by Emperor FRANZ I, it was possible to depict the borders of the dukedom, from about 1840 onwards, largely faultless.

1. Die Grenzen des Herzogtums Kärnten und ihre Darstellungen

Die Gründung des Herzogtums Kärnten als sechstes Reichsherzogtum erfolgte im Jahre 976 auf Kosten des Herzogtums Bayern mit dem Karantanien seit 940 verbunden war. Der Umfang dieses neuen Herzogtums bestand ursprünglich aus einem Kernbereich und einem vorgelagerten Gürtel von Marken, die jedoch bis zum Ende des 12. Jahrhunderts verloren gingen. Die deutschen Könige schenkten, um die Ausbildung einer starken Machtkonzentration zu verhindern, große geschlossene Gebietskomplexe an die Kirche, vor allem an die Bistümer Salzburg und Bamberg, was die Herzöge in der Ausübung der Landeshoheit nachdrücklich behinderte. Diese Situation konnte erst unter MARIA THERESIA (1717-1780) im 18. Jahrhundert bereinigt werden *[Fräss-Ehrfeld, 1984, S. 70]*. Im Westen trat mit der durch Kaiser MAXIMILIAN I. (1459-1519) verfügten Abtretung der Herrschaft Lienz an Tirol der letzte größere Gebietsverlust ein, der endgültig durch das Testament von Kaiser FERDINAND I. (1503-1564) von 1554 entschieden wurde. Damit hatte Kärnten weitgehend natürliche Grenzen, die bis 1919 stabil blieben. Kleinere Grenzregulierungen erfolgten nur noch durch Verträge zwischen Bamberg und Venedig 1756 und 1774 *[Wutte, 1919]*.

Eine temporäre Änderung ergab sich noch im Gefolge der Napoleonischen Kriege. Im Frieden von Schönbrunn musste der Villacher Kreis, d. h. Oberkärnten, 1809 an die Illyrischen Provinzen Frankreichs abgetreten werden; er wurde von Laibach aus verwaltet. Der Klagenfurter Kreis blieb bei Österreich unter der Verwaltung des Guberniums Graz. 1813 gelangte der Villacher Kreis an Österreich zurück, blieb aber dem Gubernium Laibach als Provinz des 1816 gegründeten „Königreichs Illyrien“ unterstellt, wie auch ab 1825 der Klagenfurter Kreis. Erst 1848 wurde Kärnten wieder ein selbständiges Kronland *[Fräss-Ehrfeld, 2008]*.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Landesgrenze vor 1919 wegen ihrer Stabilität während des gesamten Untersuchungszeitraumes hindurch gut für einen Vergleich mit den Vorstellungen der jeweiligen Kartographen eignet. Die Grenzveränderungen, erzwungen durch den Vertrag von St. Germain von 1919, im Kanaltal, im Mießtal und südlich des Loiblpasses, wo Kärnten 792 km^2 verlor, sind nicht berücksichtigt *[Paschinger, 1937, S. 7-11]*.

Im Mittelalter und der frühen Neuzeit waren weder die technischen Möglichkeiten noch die Notwendigkeit für eine scharfe Bestimmung des Grenzverlaufes gegeben. Die Grenzen stellten sich damals eher als Grenzsäume unterschiedlicher Breite dar, die jeweils – bei gegebenem Bedarf – genauer festgelegt wurden. Sie wurden nach Übereinkunft entweder nicht besiedelt oder zur gemeinsamen Jagd benützt. Die Zunahme der Bevölkerung im späten Mittelalter, als die Grenzsäume durch Besiedelung wirtschaftliche Bedeutung erhielten,

führte zur Festlegung markierter Linien in den Grenzsäumen, die so zu Landesgrenzen wurden. Wegen der damit verbundenen wirtschaftlichen Interessen wurden die Grenzen daher in den niedriger gelegenen und verkehrsreicheren Gebieten früher festgelegt als im Hochgebirge, wo sie zum Teil erst im 19. Jahrhundert genau fixiert wurden *[Wutte, 1919; Berger, 1949; Horat 1996]*.

Auch die Darstellung der Grenzen entwickelte sich über die Jahrhunderte. Kommerzielle Überlegungen veranlassten die Verlage, die Karten ihrer Atlanten zu illuminieren. Noch bevor Grenzen in gestochener Form in die Karten eingetragen wurden, traten sie in Form kolorierter (Doppel-)Linien auf oder es wurden die entsprechenden Gebiete flächendeckend mit Wasserfarben bemalt. Dies erfolgte durch verschiedene Bearbeiter, was zur Folge hatte, dass auch bei verschiedenen Exemplaren der gleichen Karte ganz unterschiedliche Grenzen eingetragen sind. Als Beispiel sei hier die verkleinerte Mercator-Karte von PIETER VAN DEN KEERE (PETRUS KAERIUS, 1571 - ca. 1646) angeführt, vgl. Abschnitt 3.3.2, wobei die erste Grenzversion – sie ist in der alten Karte als Doppellinie ausgemalt – der Landesgrenze nur ein sehr kurzes Stück folgt. Die Grenzen der zweiten Version – sie zeigt ein flächendeckendes Kolorit der verschiedenen Gebiete in unterschiedlichen Farben – stellen ein reines Phantasieprodukt dar.

Wurden Grenzen bereits in die Kupferplatten eingraviert, so erscheinen sie zuerst als punktierte Linien, die wahrscheinlich, auch wenn die Grenzen zu jener Zeit sicherlich noch nicht durchgehend markiert waren, Grenzsteine darstellen sollten. Auch wurden die gestochenen Grenzen zusätzlich meist farbig hervorgehoben. Die Illuminierung von Karten entwickelte sich zu einem Gewerbezweig, in dem auch Frauen und Kinder beschäftigt waren. Dieses Gewerbe hielt sich bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts und erst der damals aufkommende Farbdruck verdrängte die manuelle Kolorierung *[Eckert, 1921, S. 395f.]*. Der Verlauf dieser Grenzen konnte vor den flächendeckenden Vermessungsarbeiten Ende des 18./Anfang des 19. Jahrhunderts nur ungefähr in Karten eingetragen werden. Meist behalf man sich damit, die Grenze zwischen Orten unterschiedlicher politischer Zugehörigkeit frei einzuzeichnen, was bei verschiedenen Bearbeitern zu unterschiedlichen Ergebnissen führen musste *[Eckert, 1921]*. Nur kleine Teile der Grenzen – vor allem in wirtschaftlich wichtigen Regionen bzw. strittigen Gebieten und an Grenzübergängen – wurden auch schon früher genau festgelegt.

Alle alten Karten des Herzogtums Kärnten vom 16. bis zum Ende des 18. Jahrhunderts gehen auf nur drei voneinander unabhängige Entwürfe zurück. Eine vierte Darstellung in der Karte von Salzburg von MARCUS SETZNAGEL (ca. 1520-1580) zeigt das Gebiet von Kärnten mit nur wenigen Einzelheiten und übte keinen weiteren Einfluss auf die Kartographie Kärntens aus. Daraus ergab sich für das Bild der Grenzen jedoch zwangsläufig, dass verschiedene Kartographen sich zwar in der Darstellung des Landes einer Vorlage bedienten, die Grenzen jedoch weitgehend nach Gutdünken gestalteten – vor allem bei den älteren Karten mit handkolorierten Eintragungen.

2. Untersuchungsmethoden

2.1 Auswahl der Karten und Untersuchungsgebiet

Vor allem bei den älteren Karten, in welche die Grenzen nur von Hand farbig eingetragen wurden, gibt es zahlreiche nicht illuminierte Exemplare. Um einen möglichst vollständigen Überblick zu erhalten, wurden daher neben den Original- und Faksimileausgaben auch die verkleinerten Abbildungen von Karten aus dem Band *„Salzburg auf alten Landkarten 1551-1866/67“* von *Wilhelm Schaup [2000]* ausgewertet. Bis auf die Feststellungen des Maßstabes konnten diese Abbildungen zur Bestimmung der Grenzen ohne weiteres ausgewertet werden. Die Autoren der untersuchten Karten sind in Abschnitt 4 zusammengestellt. Die Maßstabszahl wurde nur bei den Karten angeführt, die im Originalmaßstab vorlagen.

Die kartographische Darstellung Kärntens erfolgte nur teilweise in Spezialkarten, doch wurde das Gebiet des Herzogtums auch in zahlreichen anderen Karten abgebildet, die einen wesentlich größeren Bereich zeigen. Diese Untersuchung erstreckte sich nur auf den Bereich Kärntens und auch die Maßstabszahlen in Abschnitt 4 wurden nur für dieses Gebiet angegeben. Dies führte bei den Karten größerer Gebiete teilweise zu beträchtlichen Abweichungen zu den aus den Gradrahmen ermittelten Maßstäben. Die Blattschnitte der verschiedenen wichtigen Karten Kärntens zeigt Abbildung 1.

2.2 Koordinatentransformationen

Für die Untersuchung der alten Karten wurden kartenidente Ortspositionen in Kärnten oder in der nächsten Nachbarschaft möglichst gleichmäßig über das zu untersuchende Gebiet verteilt festgelegt. Die Koordinaten der Soll-Werte wurden in dem auf dem Gauß-Krüger-System *[Hubeny, 1953, S. 70f.]* beruhenden Bundesmeldenetz in der Karte 1 : 50.000 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen bestimmt, die ein Rechnen in kartesischen Koordinaten erlauben. Die Koordinaten in den alten Karten wurden mit dem Programm *MapAnalyst* digitalisiert und mittels einer Ähnlichkeitstransformation *[Großmann, 1969, S. 311-317; Finsterwalder, 1991]* in das Koordinatensystem des Bundesmeldenetzes überführt. Die sich aus den Koordinatentransformationen ergebenden Konstanten stellen den Zusammenhang zwischen der alten und der modernen Karte dar und wurden dann dazu verwendet, die punktweise digitalisierte Grenze aus der alten Karte in das heutige Netz zu übertragen.

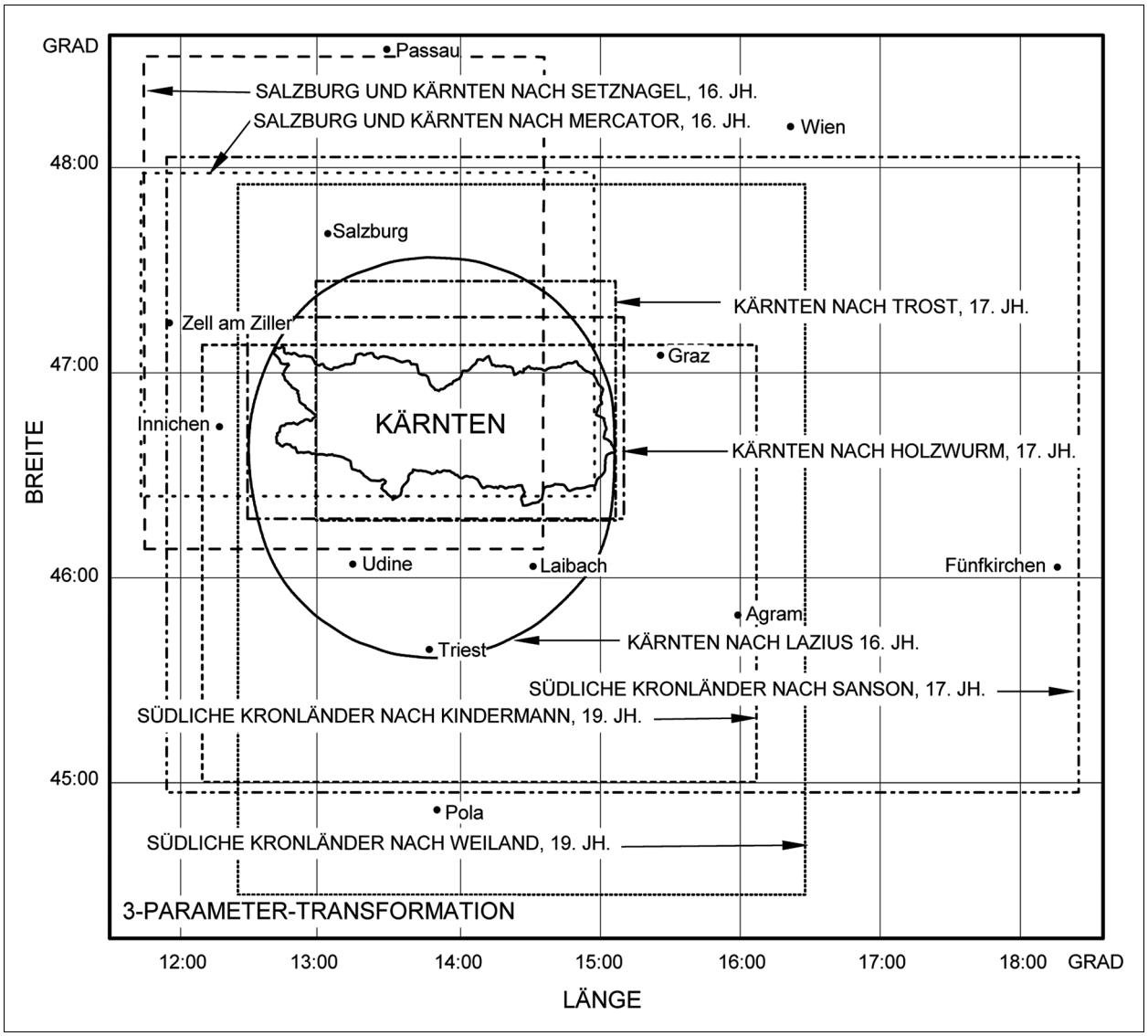


Abb. 1: *Blattschnitt verschiedener Karten des Herzogtums Kärnten vom 16. bis zum 19. Jahrhundert.*

Um den Einfluss der Anzahl der Ortspositionen zu bestimmen, wurden in zwei Karten 20 bis 160 Punkte ausgewählt und die Transformationskonstanten für die unterschiedlich umfangreichen Punktfelder ermittelt. Die mit diesen berechneten Grenzverläufe wiesen keine relevanten Unterschiede auf. Die weiteren Untersuchungen wurden daher mit der Digitalisierung von 20 bis 25 Ortspositionen durchgeführt. Zur allgemeinen Überprüfung der Genauigkeit der Methode, alte Grenzen in ein modernes Koordinatensystem zurückzuführen, wurde die Grenze einer Schulhandkarte im Maßstab 1 : 400.000 digitalisiert und der aktuellen Grenze gegenübergestellt. Der Grenzverlauf war fast deckungsgleich. Allgemein lässt sich aus verschiedenen Untersuchungen der Schluss ziehen, dass die Ergebnisse der Grenzuntersuchungen um so genauer sind, je größer der Kartenmaßstab und je kleiner die Punktlagefehler des untersuchten Gebietes sind.

Da die Kartenrahmen manchmal das Gebiet des Herzogtums schneiden, werden sie – zumindest in diesem Bereich – zusammen mit den Grenzen dargestellt. Die Verdrehung dieser Rahmen im Uhrzeigersinn spiegelt bis weit in das 18. Jahrhundert hinein die Ostaufdrehung des Kartenbildes gegenüber dem Rahmen wider *[Peschel, 1865, S. 196]*. Diese starke Ostaufdrehung kann nicht mit der damals herrschenden magnetischen Deklination erklärt werden.

3. Die Entwicklung der Grenzen des Herzogtums Kärnten

Für einige Karten finden sich teilweise umfangreiche Grenzbeschreibungen in der ersten Gesamtdarstellung der Karten Kärntens von *Martin Wutte [1931]*. Die vollständigen Titel aller untersuchten Karten sind in Ab-

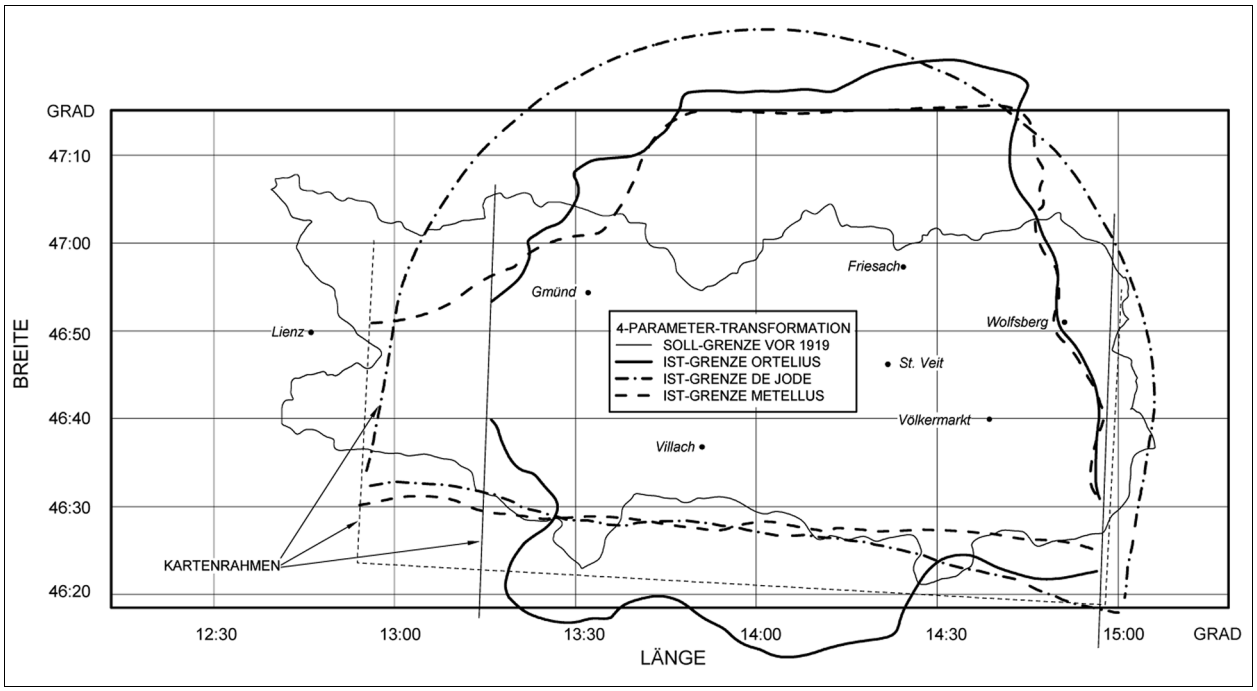


Abb. 2: *Grenzverläufe der Karten „CARINTHIAE DVCATVS, ET GORI: / TIAE …“ von* ABRAHAM ORTELIUS *von 1572/1593, „CARINTHIÆ DVCATVS VEL IVLIARVM / …“ von* GERARD DE JODE *von 1578/1593 und „CARIN / THIA / Karntn / carint / hie“ von* JOHANNES METELLUS *von 1579/80.*

schnitt 4 in alphabetischer Reihenfolge des Kartenherstellers bzw. -herausgebers aufgeführt.

3.1 Kolorierte Grenzen in Karten des 16. Jahrhunderts

Im 16. und 17. Jahrhundert gehen fast alle Karten Kärntens in ihren Grundzügen auf die Karte *„CARINTHIÆ DVCATVS CVM PALATINATV GORICIA“* zurück, die WOLFGANG LAZIUS (1514-1565) in einem Atlas der österreichischen Provinzen 1561 veröffentlichte. Diese Karte wurde in ihren Grundzügen teilweise etwas verbessert bis ins 18. Jahrhundert hinein tradiert. Von ihr wurde kein Exemplar mit eingetragenen Grenzen gefunden, doch weist die verkleinerte Kopie der Karte durch GERARD DE JODE (um 1509-1591) die Grenze durch Flächenkolorit aus. Die lange Nachwirkung dieses Entwurfes erklärt sich nur mit dessen Übernahme durch GERHARD MERCATOR (1512-1594) für seine Karte *„SALTZBVRG / archiepiscopatus / cum ducatu / CARINTHIÆ.“* von 1585, die sehr lange mit all ihren Fehlern direkt kopiert oder auch in andere Entwürfe hinein integriert wurde.

Die nachfolgend dargestellten drei Grenzverläufe von Kärntner Spezialkarten stehen allein und haben die Darstellungen in späteren Karten nicht beeinflusst. Es ist offensichtlich, dass die in die Karten eingemalten Grenzen mit der Realität wenig zu tun hatten (Abb. 2). Nur dass die Südgrenze Kärntens über die Kämme der Karawanken und der Karnischen Alpen verlief, scheint außer ABRAHAM ORTELIUS (1527-1598) allen Kartographen bekannt gewesen zu sein.

ABRAHAM ORTELIUS veröffentliche die Karte *„CARINTHIAE DVCATVS, ET GORI: / TIAE …“* erstmals 1572. Sie wurde im ersten *„Additamentum“* zum *„Theatrum Orbis Terrarum“* eingereiht. Das untersuchte Exemplar aus dem Jahre 1593 zeigt die Kärnten umgebenden Gebiete mit Flächenkolorit und markiert so die Grenze gegen das nicht kolorierte Gebiet von Kärnten. Die Karte schneidet im Westen etwa 35 km des Landes ab. Die Westgrenze verläuft nach Süden zu weit innerhalb Kärntens und dann nach Osten umbiegend tief nach Italien und Slowenien hinein, bis sie bei Eisenkappel wieder auf die Landesgrenze trifft. Die Nordgrenze zieht sich weit in das Erzbistum Salzburg hinein und biegt dann in der Nähe der Ostgrenze wieder nach Süden um.

GERARD DE JODES Karte *„CARINTHIÆ DVCATVS VEL IVLIARVM / …“* in seinen Atlanten von 1578 und 1593 ist eine verkleinerte, aber wesentlich klarer gestochenere Kopie der Ovalkarte von LAZIUS. Bei dem untersuchten Exemplar ist die Fläche bis zum oberen Kartenrand in Grün gehalten, zeigt aber südlich der deutlich hervorgehobenen Grenzgebirge ein hellbraunes Flächenkolorit. Die Karnischen Alpen sind als *„Montes de Mauro“* bezeichnet und südlich von *„Klein Teruiß“* (Tarvis), das aber fälschlicherweise südlich der Grenze liegt, findet sich noch der Schriftzug *„Confinia Austriæ / et Venetorum“*. Weiter nach Osten verläuft die Grenze über *„M Wurczen“* (Wurzenpass), *„Leubl mons“* (Loiblpass) und *„Kappl mons“* (Seebergsattel) bis *„S Iacops berch“* südlich von Unterdrauburg. Die Südgrenze des Herzogtums ist also relativ richtig getroffen.

JOHANNES METELLUS (JEAN MATAL, um 1520-1597) veröffentlichte die kleine Reisekarte *„CARIN / THIA / Karntn / carint / hie“* 1579/80 mit teilweise gestochenen Grenzen, aber mit kolorierter Nordgrenze. Im Norden und Osten verläuft die Grenze wie bei ORTELIUS weit nach Salzburg hinein. Die Südgrenze verläuft realistisch entlang der Karawanken und der Karnischen Alpen und ähnelt der Grenze bei DE JODE. Die eingetragenen Hauptverkehrswege sind durch gestochene, punktierte Doppellinien gekennzeichnet und führen zu drei am Kartenrand eingetragenen Orten: Wien, Augsburg und Trient.

3.2 Die Grenze in den Karten von Marcus Setznagel

Die Karten von MARCUS SETZNAGEL (um 1525-1580) für das Gebiet von Salzburg und Kärnten erschienen seit der Mitte des 16. Jahrhunderts und sind von LAZIUS unabhängig. Sowohl die Karten im ursprünglichem Maßstab als auch die stark verkleinerten Nachdrucke in den Epitomen des ORTELIUS zeigen nur selten kolorierte Grenzen *[vgl. Zaisberger, 1988, S. 21; Schaup, 2000]*. Wur den solche eingetragen, so sind sie allerdings weitgehend irreal, zeigen keine Trennung zwischen beiden Ländern und ziehen damit ganz Kärnten zu Salzburg. Die Südgrenze verläuft manchmal über die Grenzgebirge, manchmal entlang der Drau, die 811 von KARL DEM GROSSEN (747/48-814) als Grenze zwischen dem Erzbistum Salzburg und dem Patriarchat von Aquileia festgelegt wurde. Sie bestand im kirchlichen Bereich bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts und wurde erst durch die Reformen von Kaiser JOSEPH II. (1741-1790) abgelöst.

In der Karte *„SALISBVRGENSIS IVRISDICTIO“*, die 1655 bei Turrini in Venedig erschien, wird die Grenze nur durch das Jaun- und Rosental entlang der Drau markiert, folgt aber im weiteren Verlauf nach Westen der Gail.

3.3 Grenzen der Karten von Salzburg und Kärnten in der Tradition Gerhard Mercators

Die Karte von Kärnten von GERHARD MERCATOR diente sehr lange als Vorlage für spätere Landeskarten und wurden dann auch von NICOLAS SANSON D'ABBEVILLE (1600-1667) und seinen Nachfolgern verwendet. Da sie von MERCATOR nicht mit gestochenen Grenzen versehen wurde, ergab die Einzeichnung der Grenzen von Hand – später auch im Stich – mehrere Varianten der Grenzziehung. Eine Beschreibung aller Karten von Salzburg und Kärnten findet sich bei *Schaup [2000]*.

3.3.1 Mercator-Karten mit West-Grenzen bis ins Zillertal

Da die Karte *„SALTZBVRG / archiepiscopatus / cum ducatu / CARINTHIÆ.“* von GERHARD MERCATOR (1512-1594) von 1585 im Osten nur bis etwa Völkermarkt reicht, wurde die Grenze des östlichen Landesteiles der Karte *„STIRIA“* entnommen und mit Hilfe von 16 Passpunkten in das System der Karte von Salzburg und Kärnten übertragen. Die Karte MERCATORS von Salzburg und Kärnten weist nur kolorierte Grenzen auf, doch ist für den östlichen Teil des Landes, der auf der Karte *„STIRIA“* abgebildet ist, ein kurzes Teilstück der Grenze gegen die Steiermark strichliert gestochen und dann

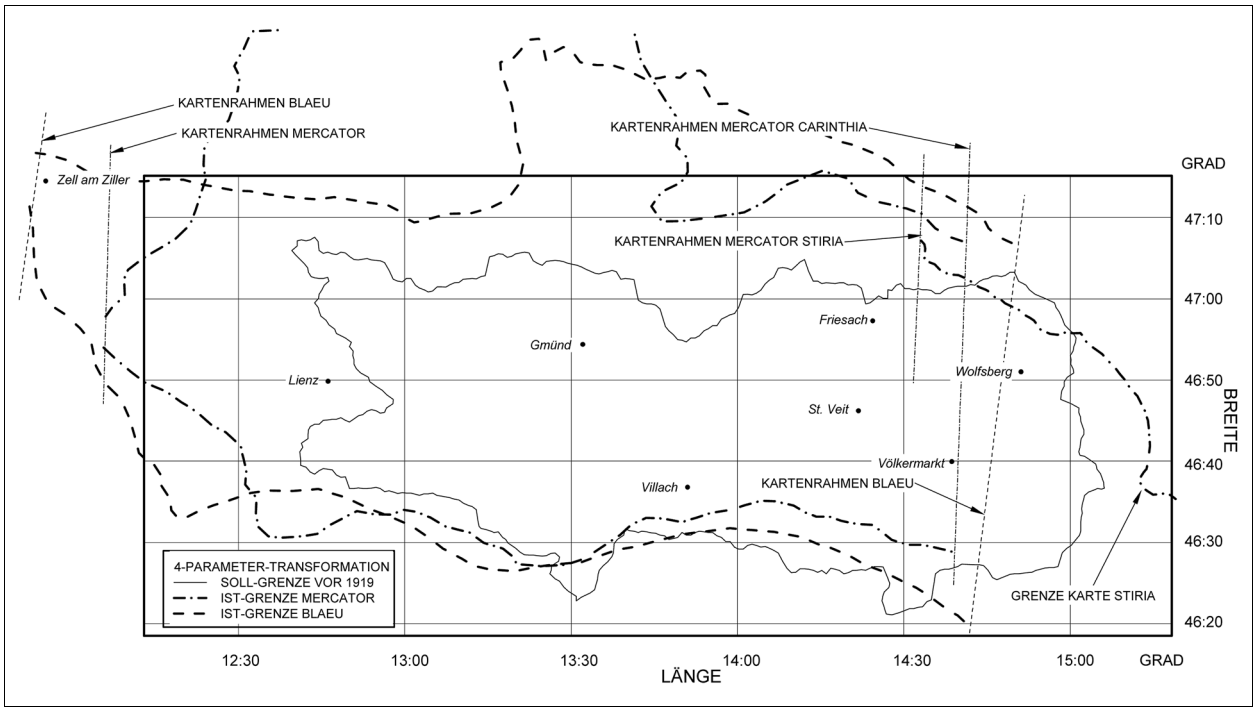


Abb. 3: *Grenzverläufe der Karten „SALTZBVRG / archiepiscopatus / cum ducatu / CARINTHIÆ.“ von 1585 und „STIRIA“ von 1589 von GERHARD MERCATOR (beide Karten erschienen im Atlas von 1595) und „SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS, et CARINTHIA DVCATVS. / ...“ von WILLEM BLAEU von 1634/35 und 1667.*

weiter gegen Kärnten hin koloriert eingetragen. Die Grenzen dieser Karte sind in Abbildung 3 dargestellt. Nur die Süd- und Ostgrenze zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit der Realität, doch weist die Karte keine Nordgrenze auf und zieht damit Kärnten und Salzburg weitgehend zusammen. Im Westen reicht Kärnten bis ins Tiroler Zillertal.

Neben dieser Karte weisen noch eine Reihe weiterer, im Ausschnitt und Inhalt von MERCATOR abhängigen Karten mit mehr oder minder starken Abweichungen eine bis ins Zillertal reichende Westgrenze auf. Es handelt sich dabei um Karten der folgenden Kartographen:

- HENRICUS (1597-1651) und JODOCUS HONDIUS (1563-1612) von 1627 bzw. 1638,
- WILLEM BLAEU (1571-1638) von 1634/35 bzw. 1667; dieser Grenzverlauf wurde ebenfalls in Abbildung 3 eingetragen und zeigt im Gegensatz zu MERCATOR eine, wenn auch weit nach Salzburg hinein verschobene Nordgrenze,
- MOSES PITT (ca. 1639-1697) von 1680/83; auch diese Karte zeigt diesen Grenzverlauf.

3.3.2 Mercator-Karten mit schematischen Grenzen

Wie Abbildung 4 zeigt, weisen zwei Versionen von kolorierten Grenzen in der vor 1620 gestochenen Karte von PETRUS KAERIUS (PIETER VAN DEN KEERE, 1571-ca. 1646) nur die Gemeinsamkeit der fehlenden Südgrenze auf, die, obwohl die südlichen Grenzgebirge Kärntens im Kartenbild angedeutet sind, nicht eingezeichnet wurde. Die Grenzen haben keinen Bezug zur Realität. Dem gleichen Schema folgt die Karte von PIETER VAN DER AA (1659-1733) von 1710; jedoch weist diese Karte bereits gestochene Grenzen auf.

JOANNES JANSSONIUS (um 1588-1664) ließ die Grenzen in zwei seiner Karten von 1647/49 und 1648 – eine davon in Oktav-Ausgabe – weitgehend ähnlich eintragen. Sie erscheinen sehr schematisch, gehen im Westen weit über die Landesgrenze hinaus, liegen jedoch etwas besser als die bis ins Zillertal reichenden Grenzen von MERCATOR und einigen seiner Nachfolger. Auch die Südgrenze ist besser getroffen. In Abbildung 4 ist auch dieser Grenzverlauf eingetragen.

3.4 Der Grenzverlauf bei Nicolas Sanson d'Abbeville und seinen Nachfolgern

NICOLAS SANSON D'ABBEVILLE (1600-1667) integrierte in seiner 1657 erschienenen und ein wesentlich größeres Gebiet abdeckenden Karte der *„HERTZOGTHUBER / STEYER, KARNTEN, KRAIN; &c. / …"* (s. Abb. 5) den Entwurf von GERHARD MERCATOR, anstatt die bedeutend bessere Karte von ISRAEL HOLZWURM (um 1575/80-1617) als Grundlage zu verwenden. So geht auch diese Darstellung Kärntens indirekt auf die damals fast hundert Jahre alte Karte von WOLFGANG LAZIUS zurück. Diese Karte wurde dann mit all ihren Fehlern in zahlreichen Kopien in französischen und niederländischen Atlanten über weitere hundert Jahre tradiert.

Die Darstellung der Grenze, für die unter den älteren Karten keine Vorlage gefunden werden konnte, ist eigenartig. Bei der Grenzziehung unterliefen SANSON schwere Fehler, als er Landbesitz in Nähe der Grenze mit politischen Einheiten verwechselte. So werden z. B. die Ge-

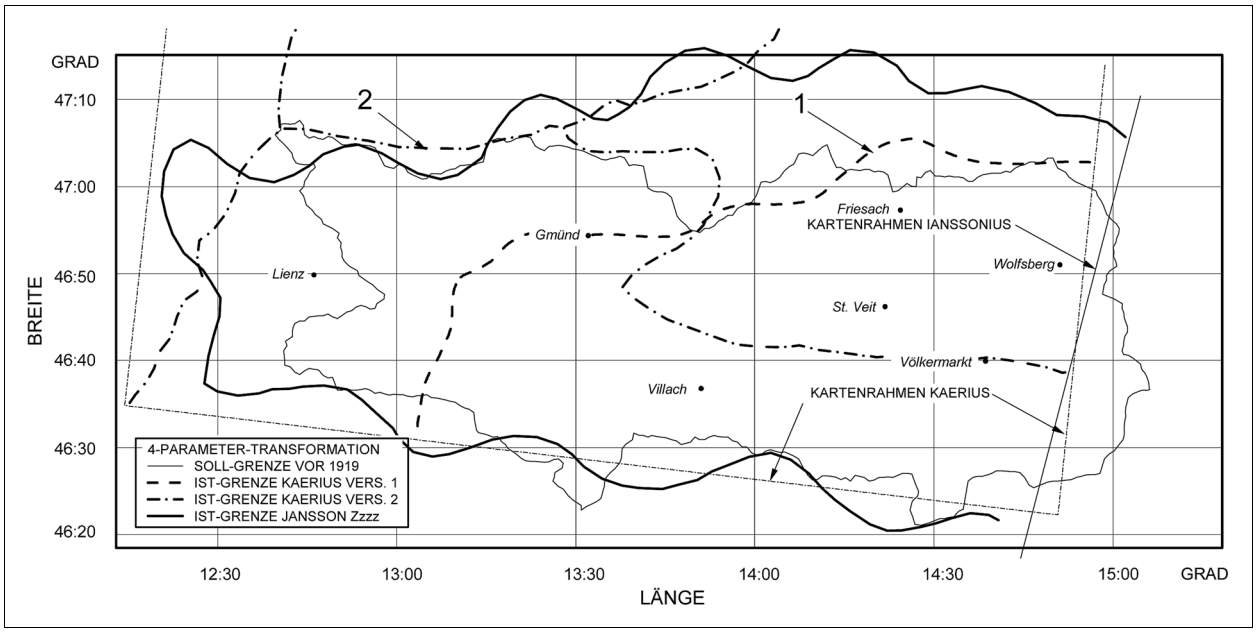


Abb. 4: *Grenzverläufe der Karten „SALTZBURG / archiepiscopatus / cum ducatu / CARINTHIÆ" von PETRUS KAERIUS, gestochen vor 1620, und „SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS. et CARINTHIA DVCATVS. …" von JOANNES JANSSONIUS von 1647/49.*

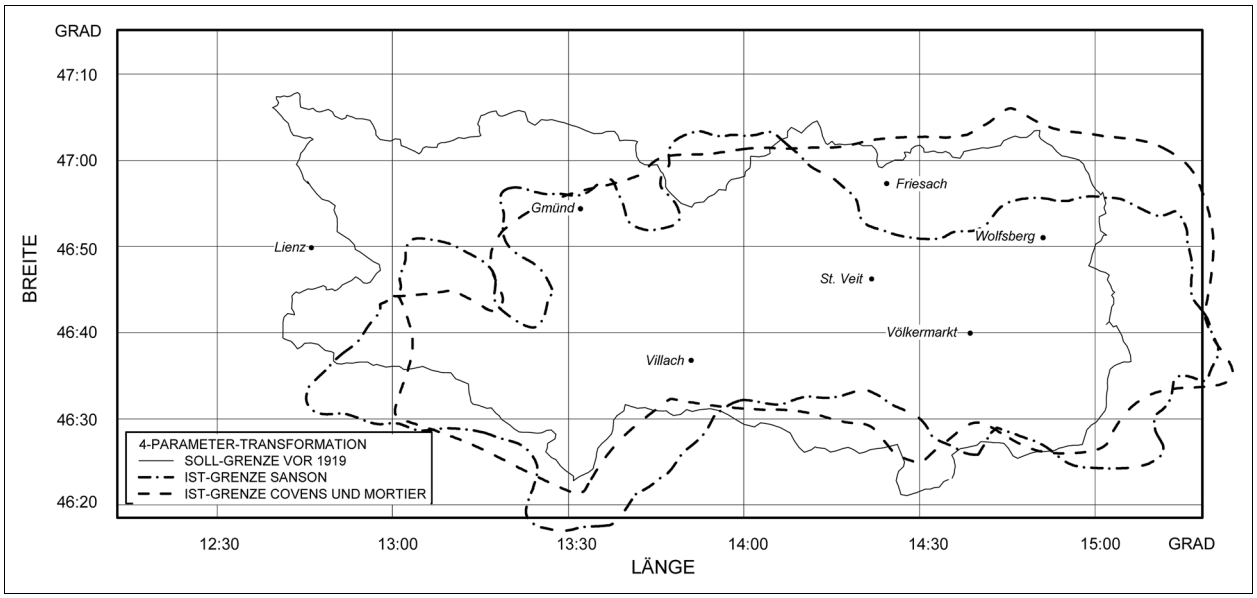


Abb. 5: *Grenzverläufe der Karten „HERTZOGTHUBER / STEYER, KARNTEN, KRAIN; &c. / …" von NICOLAS SANSON D'ABBEVILLE von 1657 und „CERCLE / D'AUTRICHE, / Suivant les / Nouvelles Observations / …" von JOHANNES COVENS und CORNELIUS MORTIER von 1735.*

biete bis südlich von Sachsenburg und Gmünd in zwei fingerartigen Einbuchtungen direkt zu Salzburg gezogen. Auch der Salzburger Besitz im oberen Gurktal mit Metnitz, Friesach und Hüttenberg liegen außerhalb der Grenze Kärntens. Der südöstliche Teil der Grenze ist überraschend gut getroffen und auch die Südgrenze verläuft über die Grenzgebirge. Die starken Abweichungen von der tatsächlichen Grenze in Abbildung 5 sind hauptsächlich auf die schlechte geometrische Qualität der Karte zurückzuführen.

Zum ersten Male wird versucht, zusätzlich zur Außengrenze, den großen Landbesitz des Erzbistums Salzburg und des Bistums Bamberg im Lavanttal um Villach und im Kanaltal mit Binnengrenzen zu erfassen. Insgesamt zeigen diese Binnengrenzen jedoch nur eine sehr ungenaue Vorstellung von der Ausdehnung dieser Besitztümer.

Praktisch deckungsgleich wurde diese Konzeption der Kärntner Außengrenze noch weitere hundert Jahre hindurch verwendet. Es handelt sich hierbei um Karten von:

- NICOLAS SANSON D'ABBEVILLE und ALEXIS JAILLOT (1632-1712) von 169? (nach SANSONs Tod),
- FREDERICK DE WIT (1610-1698), zwischen 1670 und 1694,
- GERARD VALK (ca. 1650-1726), zwischen 1706 und 1714,
- REINIER (1698-1750) und JOSUA OTTENS (1704-1765) von 1740 (?) und
- JOSEPH (GUISEPPE) CARMINE (1749-nach 1822), nach 1783, der die Platte von OTTENS nur unter eigenem Namen weiter verwendete *[Ritter, 2011]*.

Weitere Karten, die einen von SANSON abhängigen, jedoch wesentlich vergröberten und damit noch ungenaueren Grenzverlauf aufweisen, stammen von den Kartographen GERARD VALK und PIETER SCHENK (1660-1718) aus dem Jahr 1697, eine Karte des Mercator-Ausschnittes, aber mit gestochener Grenze, sowie von JOHANN ULRICH MÜLLER (1653-1715) von 1692 und von JOHANNES COVENS (1697-1774) und CORNELIUS MORTIER (1699-1783) von 1735, die einander sehr ähnliche Grenzen aufweisen. Die Grenzen in der letztgenannten Karte sind ebenfalls in Abbildung 5 eingetragen und weisen gegenüber SANSON eine deutlich verbesserte Nordgrenze auf. Einen Sonderfall stellt die Grenze in der Karte von JUSTUS DANCKERTS (1635-1701) von ca. 1690 dar. Von SANSON wurden nur einige Teile der Grenze übernommen, im Westen aber geht die Grenze weit in das Gebiet von Osttirol hinein und erinnert in diesem Bereich – allerdings nicht so ausgeprägt – an den Verlauf in der Karte von SEBASTIAN INNSPRUGGER (16??-1735) / WENZEL KARL VON PURGSTALL (1681-1749) von 1701 (vgl. Abb. 6).

3.5 Die Grenze bei Israel Holzwurm und ihre Verbesserungen im 18. Jahrhundert

ISRAEL HOLZWURM fertigte im Auftrag der Stände 1612 eine im Vergleich zum Entwurf von LAZIUS bzw. MERCATOR wesentlich bessere Karte des Herzogtums an. Seit 1616 existiert auch eine verkleinerte Version dieser Karte. Die lange verloren geglaubte Erstausgabe von 1612 wurde erst kürzlich in der Staatlichen Bibliothek in Regensburg wiederentdeckt *[Meurer, 2006]*. Die Kartenvorräte und die Kupferplatte verbrannten allerdings beim Klagenfurter Stadtbrand von 1636 und daher wurde die Karte 1650 durch HANS SIGMUND OTTO ZU

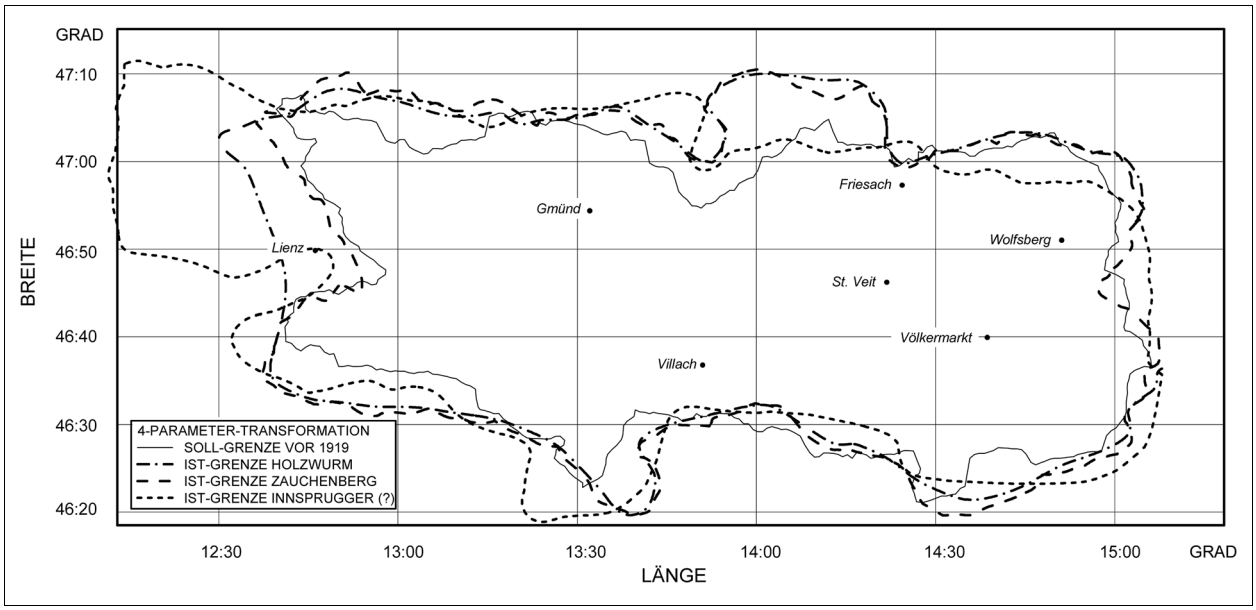


Abb. 6: *Grenzverläufe der Karten „ARCHIDVCATVS CARINTHIÆ FERTILISSIMI …/…“ von ISRAEL HOLZWURM von 1612/16, „NOVISSIMA/CARINTHIÆ/TABULA/…“ von JOHANN BAPTIST ZAUCHENBERG von 1718 und „Ducatus/CARINTHIÆ/Tabula“ von WENZEL KARL VON PURGSTALL / SEBASTIAN INNSPRUGGER (?) / IGNAZ REIFFENSTUELL (?) von 1701.*

GURNITZ († 1666) neu aufgelegt. Wurde diese Karte im 17. Jahrhundert auch von den Kartographen nicht beachtet, so war sie von Beginn des 18. Jahrhunderts an bis zur Josephinischen Militäraufnahme und den Karten von JOSEPH KARL KINDERMANN (1744-1801) die Grundlage aller Kärnten betreffenden Karten *[Wutte, 1931]*.

Die Karte von HOLZWURM zeigt bereits eine gestochene Grenze, die allerdings auf eine 1612 bereits veraltete Grenzbereitung von PAUL STAUDACHER aus dem Jahr 1480 zurückging. Es handelt sich hier um den ersten Versuch, die Grenzen des Herzogtums entsprechend ihrem realen Verlauf darzustellen. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, treten noch immer größere Abweichungen auf: die gravierendsten im Westen und Norden. Im Westen wird die bereits 1554 endgültig verlorene Herrschaft Lienz noch als zu Kärnten gehörig eingezeichnet. Im Norden verläuft die Grenze fälschlicherweise etwas südlich des Großglockners und erreicht aber bald den Kamm der Hohen Tauern. Sie folgt diesem bis etwas östlich des Katschberges, und anstatt sich dort nach Südosten in Richtung des Königstuhles zu wenden, verläuft sie weiter nach Osten durch das Bundschuhgebiet. Die Grenze biegt dann nach Norden um, wo sie bei Ramingstein auf die Mur trifft, der sie etwa 25 Kilometer bis kurz hinter Murau folgt. Dann wendet sie sich nach Südosten, durchquert St. Lambrecht und trifft zwischen Friesach und Dürnstein wieder auf den richtigen Grenzverlauf. Die Südgrenze folgt richtigerweise im Wesentlichen dem Kamm der Karawanken und der Karnischen Alpen – auch wenn die Gebiete des Mieß- und Kanaltales etwas zu weit nach Süden ausgedehnt sind.

GRAF WENZEL KARL VON PURGSTALL legte 1701 seiner Dissertation *[Purgstall, 1701]* eine auf HOLZWURM beruhende Karte von Kärnten bei – wahrscheinlich von SEBASTIAN INNSPRUGGER oder auch von KARL GRANELLI (1661-1739), dem Dekan der Universität Wien, entworfen – die jedoch starke Veränderungen gegenüber der von HOLZWURM vorgegebenen Grenze aufweist. Auch diese Grenzziehung ist in Abbildung 6 dargestellt. In dieser Karte ist erstmals die Grenze zwischen Ober- und Unterkärnten eingetragen. Die Westgrenze zeigt bereits die typische Einbuchtung im oberen Drautal, so dass Lienz knapp außerhalb Kärntens zu liegen kommt. Nördlich von Lienz verläuft die Grenze nach Westen, dreht erst westlich von Virgen nach Norden bis zum Alpenhauptkamm und verläuft dann auf diesem weiter nach Osten. Beim Katschberg dreht die Grenze aber nicht nach Norden in die Steiermark in Richtung Ramingstein, sondern geht nach Süden und verläuft dann etwa bei der Landesgrenze weiter nach Osten. Die Südgrenze ist nur sehr grob getroffen und verschlechtert die Vorlage deutlich. Diese Karte, samt ihrem Grenzverlauf, wurde 1723 von JOHANN CHRISTOPH WEIGEL (1654-1725) kopiert und in seinen Atlas eingebunden.

JOHANN BAPTIST ZAUCHENBERG (frühes 18. Jh.) übernahm 1718 in seiner großformatigen Karte weitgehend die Grenzen von HOLZWURM, korrigierte aber den groben Fehler der Westgrenze. Sie verläuft nun nicht mehr westlich von Lienz bei der Lienzer Klause, sondern richtig im Drautal zwischen Oberdrauburg und Nikolsdorf, und von dort in nordwestlicher Richtung bis zum Alpenhauptkamm. Der Grenzverlauf dieser Karte

ist ebenfalls in Abbildung 6 eingetragen. Der von ZAUCHENBERG tradierte Grenzverlauf wurde bis zum Ende des 18. Jahrhunderts von folgenden Kartographen übernommen:

- JOHANN BAPTIST HOMANN (1664-1724), ca. 1724,
- MATTHÄUS SEUTTER (1678-1757), um 1728-1731,
- TOBIAS CONRAD LOTTER (1717-1777), 1772,
- GEORGES-LOUIS LE ROUGE (um 1707-um 1790), zwischen 1748 und 1756,
- FRANZ JOHANN JOSEPH VON REILLY (1766-1820), 1791 und
- JAN BARENT ELWE (1774-1815), 1791.

Auch zwei Postroutenkarten von Kärnten von JACOB A. JECKL (3. Viertel des 18. Jh.) von 1786 und von IGNAZ HEYMANN (1765-1815) von 1797 hängen von ZAUCHENBERG ab, doch widmen sie – da auf die Darstellung der Postrouten spezialisiert – der Genauigkeit der Karten und Grenzen nur wenig Aufmerksamkeit.

3.6 Die Grenzdarstellung in einigen modernen Karten des 19. Jahrhunderts

JOSEPH KARL KINDERMANN veröffentlichte im letzten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts im sogenannten *„Atlas von Innerösterreich“* zwei neue Karten von Unter- und Oberkärnten aus den Jahren 1790 und 1791. Diese Karten zeigen trotz der noch vorhandenen Fehler starke Verbesserungen gegenüber den älteren Vorlagen und eine bis dahin nicht erreichte Fülle an Details. Auch die Geländedarstellung war modernisiert und erfolgte im Grundriss mit Bergstrich und Kreuzschraffuren bei nordwestlicher Beleuchtung. Die Quelle dieses Materials dürfte in einer kleinen Skizze der streng geheimen Josephinischen Militäraufnahme zu suchen sein, die KINDERMANN nach eigenen Angaben in die Hände fiel *[Dörflinger, 2004, S. 123]*. Der Grenzverlauf dieser beiden Karten ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Grenze ist besser getroffen als bei den zeitgleichen, von ZAUCHENBERG abhängigen Karten, doch zeigen sich, vor allem in den Hochgebirgsregionen des Nordwestens, noch immer starke Abweichungen. In diesen Karten ist erstmals auch die *„Gränzen zwischen der deutschen und windischen Sprache“* eingetragen. Der gleiche Grenzverlauf ist in einer anderen Karte der Südprovinzen der Monarchie von KINDERMANN von 1803 zu finden.

Die Karten von KINDERMANN wurden bis zur Veröffentlichung der Ergebnisse der Franziszeischen Landesaufnahme – Illyrien wurde zwischen 1825 und 1835 aufgenommen *[Kretschmer, 2004, S. 173]* – als Vorlage einer ganzen Reihe von Karten verwendet. Auch in der Karte von JOHANN NEPOMUK DIEWALD (1774-1842) aus dem Jahr 1808 – sie folgt auch sonst genau der Karte KINDERMANNs – ist die Sprachgrenze zwischen den Deutsch und Slowenisch sprechenden Gebieten eingetragen.

Wie Abbildung 7 zeigt, ist auch der Grenzverlauf der Karte des Premier Lieutenant RENNER von 1836 noch von KINDERMANN abhängig.

Da die Geheimhaltung der Militärmappierungen ab Beginn des 19. Jahrhunderts aufgehoben wurde *[Dörflinger, 1986],* standen den Kartographen mit den Ergebnissen der 2. (Franziszeischen) Landesaufnahme wesentlich bessere Unterlagen zur Verfügung. Abb. 8 zeigt die bereits fast fehlerfrei dargestellten Grenzen in zwei vom K. K. MILITÄR-GEOGRAPHISCHEN INSTITUT in Wien

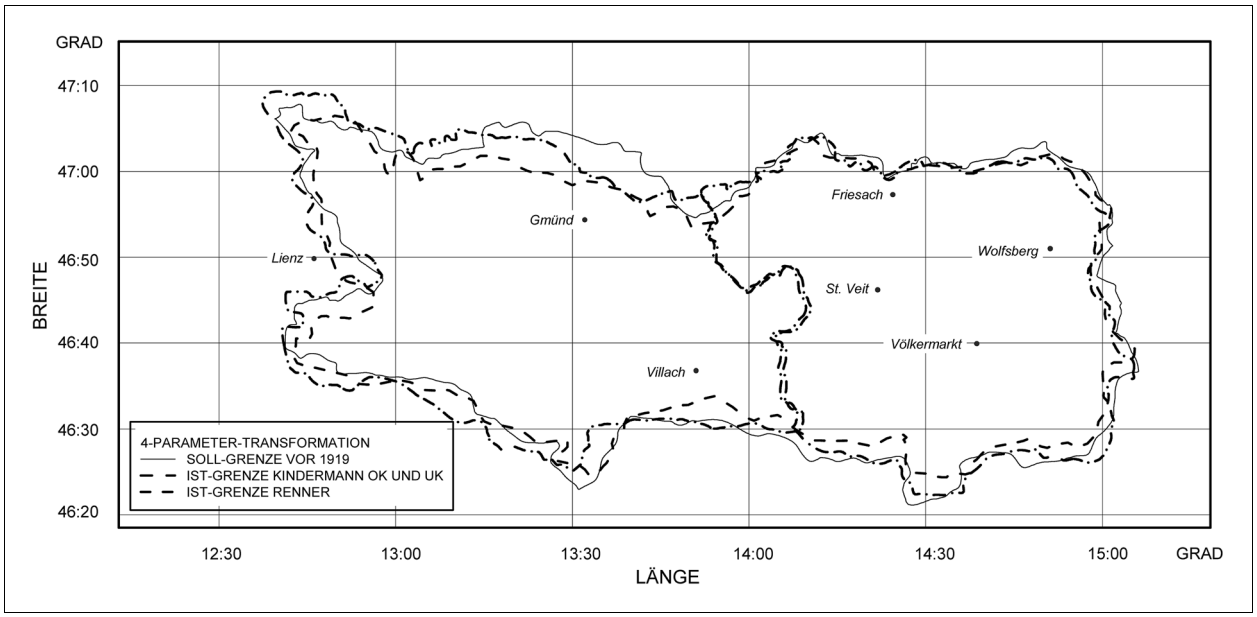


Abb. 7: *Grenzverläufe der Karten „UNTERKÆRNTEN / ODER / DER KLAGENFURTER KREIS / …“ von JOSEPH KARL KINDERMANN von 1790, „OBERKÆRNTEN / ODER / DER VILLACHER KREIS / …“ von JOSEPH KARL KINDERMANN von 1791 und „Königreich Illyrien / Gouvernement Laibach / CHARTE / der Kreise: / Villach / …“ von Premier Lieutenant RENNER von 1836.*

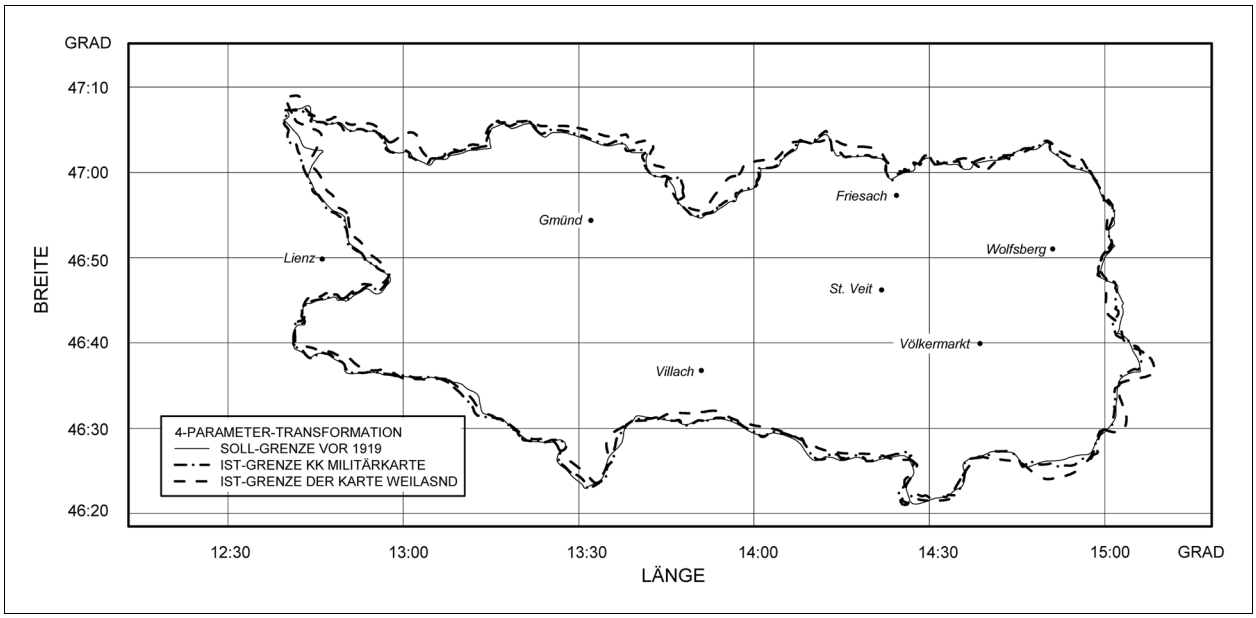


Abb. 8: *Grenzverläufe der Alten Generalkarte „Politische Einteilung / DES / KÖNIGREICHS JLLYRIEN" des K. K. Militär-Geographischen Instituts von 1843 und der Karte „DIE / K. ÖSTERREICHISCHEN KRONLÄNDER / STEIERMARK / KÄRNTEN, KRAIN / UND DAS / KÜSTENLAND / ..." von CARL FERDINAND WEILAND von 1857.*

1843 herausgegebenen Karten von Ober- und Unterkärnten zusammen mit dem Grenzverlauf einer 1857 im Verlag des Geographischen Instituts Weimar von CARL FERDINAND WEILAND (1782-1847) entworfenen Karte. Die Genauigkeit des Grenzverlaufes der alten Generalkarte von 1843 lag nur unwesentlich unter jener einer modernen Schulhandkarte im Maßstab 1 : 400.000 (unter Berücksichtigung der Gebietsverluste von 1919). Die Karte von 1857 zeigte stärkere Abweichungen als jene der Militärkartographen, was zum Teil auch auf den nur etwa halb so großen Maßstab dieser Karte zurückzuführen sein dürfte.

Mit der Veröffentlichung der Ergebnisse staatlicher Landesaufnahmen endete gegen Mitte des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Darstellung der Kärntner Landesgrenzen in topographischen Landkarten.

4. Liste der untersuchten Karten

Die Maßstabsangaben beziehen sich nur auf das Gebiet des Herzogtums Kärnten und können erheblich von den aus dem Gradnetz abgeleiteten Maßstäben abweichen.

Aa, Pieter van der [1710]:
SALTZBURG | ET | CARINTHIE.

Blaeu, Willem [(1634/35) und 1667]:
SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS, et CARINTHIA DVCATVS. Auct. Ger. Mercatore.
BS: Ii, M = 1 : 450.000.

Carmine, Joseph (Guiseppe) [nach 1783]:
DUCATUS | STIRIÆ | et | CARINTIÆ | CARNIOLÆ | CILLEIÆqe COMITATUS, | Nova Tabula | que et Pars est Meridionalior | CIRCULI. AUSTRIACI, | Augustae | apud Ioseph. Carmine.
M = 1 : 493.000, Platte von *Ottens* mit geändertem Verfassernamen.

Covens, Johannes / Mortier, Cornelius [1735]:
CERCLE | D'AUTRICHE, | Suivant les | Nouvelles Observations | de | Mess[rs]. de l'Academie Royale | des Sciences, etc. | Augmentées de Nouveau | A AMSTERDAM | Chez COVENS et MORTIER.
M = 1 : 740.000.

Danckerts, Justus [1690? aber vor 1723]:
CIRCULI | AUSTRIACI | in quo Sunt | ARCHIDUCATUS AUSTRIÆ | DUCATUS | STIRIÆ CARINTIÆ CARNIOLÆ | COMITATUS TIROLIS | et | EPISCOPATUS TRIDENTINI | Novissima Deschriptio | AMSTELODAMI | per | IUSTINUM DANCKERTS | cum Privilegio.
M = 1 : 657.000.

Diewald, Johann Nepomuk [1808]:
DAS | HERZOGTHUM KÄRNTHEN. | nach den vollständigsten und besten Hülfsquellen, | vorzüglich nach den Kindermannschen Spezial- | Charten entworfen und gezeichnet | von | I. N. Diewald. | Nürnberg, bey Homanns Erben. | 1808.
M = 1 : 356.000.

Elwe, Jan Barent / Langeveld, Dirk M. [1791]:
KAART VAN T | HARTOGDOM | CARENTHIEN. | N a de Nieuste Legging | in't Ligt gebragt | te AMSTERDAM | By I. B. ELWE & D. M. LANGEVELD.
M = 1 : 826.000.

Gurnitz, Hans Sigmund Otto zu (von Ottenfels) [1650]:
AIGENTLICHER ABRIS, ODER LANDTCARTEN DES | ERZHÖRZOGTHUMBS KHÄRNDTEN. | Welcher zwar vor disem, auf hochernenter einer Lob: Landtschafft in Khärndten Verlegung und | Uncosten durch Israel HolzWurmb deliniert: in den grundt und auf das Kupffer gebracht: Ie= | … | Anno 1650. | …
M = 1 : 309.000

Heymann, Ignaz [1797]:
Neue | Vollständige | POST-KARTE | vom | Herzogthum | KÆRNTEN || Gezeichnet | von | Ignaz Heymann K.K. Post Offizier | Zu Triest.
M = 1 : 794.000.

Holzwurm, Israel [(1612) 1616]:
ARCHIDVCATVS CARINTHIÆ FERTILISSIMI CARAN | TANIA OLIM ET CARNIA, DICTI, EX DILIGENTI OMNIVM | locorum Perlustratione et Dimensione, noua, vera, | et Exactissima Geographia. Auctore Israele Holtz= | wurm, Carinthio.
M = 1 : 580.000.

Homann, Johann Baptist [ca. 1724]:
Nova et accurata | CAINTHIÆ DUCATUS | Tabula geographica | in SUPERIOREM et INFERIOREM divisa | cum insertis partibus | … | in lucem edita | a | IO. BAPT. HOMANNO S. C. M. Geographo | Norimbergæ | …
M = 1 : 366.000.

Hondius, Henricus / Hondius, Jodocus [(1627) 1638]:
SALTZBURG | Archiepiscopatus | cum Ducatu | CARINTHIÆ.
BS: PPPPP, M = 1 : 471.000.

Ianssonius, Ioannes (Jansson) [1647 oder 1649]:
SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS. et CARINTHIA DVCATVS. Auctore Ger. Mercatore.
BS: Zzzz, M = 1 : 434.000 (M aus identischer Karte mit BS: GGGg).

Ianssonius, Ioannes (Jansson) [1648]:
über dem Kartenrand:
SALTZBURG UND KARNTHEN
in der Maskenkartusche:
SALTZBURG | et | CARINTHIE
BS: Xx, M = 1 : 1.250.000.

Ieckl, Iacob A. [1786]:
POST KARTE | des | HERZOGTHUMS | KÆRNTEN | Iacob A. Ieckl delineavit | herausgegeben u. zu haben bey C. Torricella | in Wien. | C. Priv. S.C.M. 1786.
M = 1 : 1.450.000.

Innsprugger, Sebastian (Entwurf) / Granelli, Karl (in der Literatur als Autor genannt) / Graf Wenzel Karl von Purgstall [1701]:
Ducatus | CARINTHIÆ | Tabula
M = 1 : 714.000.

Jode, Gerard de [(1578) 1593]:
CARINTHIÆ DVCATVS VEL IVLIARVM | alpium tractus vera ac genuina delineatio geographica.
BS: Vv, M = 1 : 612.000

Kaerius, Petrus (Keere, Pieter van den) [gestochen vor 1620]:
SALTZBURG | archiepiscopatus | cum ducatu | CARINTHIÆ
M = 1 : 1.862.000.

Kindermann, Joseph Karl [1790]:
UNTERKÆRNTEN | ODER | DER KLAGENFURTER KREIS | ENTWORFEN UND GEZEICHNET VON JOSEPH KARL KINDERMANN. | GESTOCHEN ZU WIEN VON CHRISTOPH JUNKER. | VERLEGT BEY FRANZ XAVER MILLER; | BUCHHÆNDLERN | --- | ZU GRÆTZ, 1790.
M = 1 : 233.000.

Kindermann, Joseph Karl [1791]:
OBERKÆRNTEN | ODER | DER VILLACHER KREIS | ENTWORFEN UND GEZEICHNET VON JOSEPH KARL KINDERMANN. | GESTOCHEN ZU WIEN VON CHRISTOPH JUNKER. | VERLEGT BEY FRANZ XAVER MILLER, | BUCHHÆNDLERN ZU GRÆTZ. 1791.
M = 1 : 1.234.000.

Kindermann, Joseph Karl [1803]:
CHARTE | von | KÆRNTHEN UND KRAIN ; | nebst den | GRAFSCHAFTEN GÖRZ UND GRADISKA | und dem | GEBIETHE VON TRIEST. | Entworfen und gezeichnet | von || (Schwungstriche) I. K. KINDERMANN | WIEN, | Im Verlage des Kunst= und Industrie= Comptoirs. | 1803.
Rechts unten:
Carte | de | la CARINTHIE ET DE LA CARNIOLE | avec | LES COMPTÉS DE GORICE ET DE GRADISCA | ET LE GOUVERNEMENT | DE TRIESTE.
M = 1 : 514.000

K. K. Militär-Geographisches Institut Wien [1843]:
Politische Eintheilung | DES | KÖNIGREICHS JLLYRIEN
Alte Generalkarte, 2 Inselkarten, M = 1 : 288.000.

Lazius, Wolfgang [1561]:
CARINTHIÆ DVCATVS CVM PALATINATV GORICIA
M = 1 : 440.000.

Le Rouge, Georges-Louis [1742]:
LE DUCHÉ DE | CARINTHIE | Suivant les dernieres Observations | Á PARIS. | Par et chez le S^{r}. le Rouge Ing^{r}. Geogràphe | du Roi rue des grands Augustins. | Avec Privilege du Roi 1742,
M =1 : 373.000.

Lotter, Tobias Conrad [ca. 1772]:
CARINTHIA | DUCATUS | distincta | in | SUPERIOREM et INFERIOR. | Cum insertis Dominiis | … | per | TOBIAM CONRADUM LOTTER, | GEOGR. AUG. | Cum Gratia et Privil. S. R. I. | Vicariat. in partib. Rheni, Svecie, et Juris Franconici.
M = 1 : 367.000.

Mercator, Gerhard [(1585) 1595]:
SALTZBVRG | archiepiscopatus | cum ducatu | CARINTHIÆ.
BS: Y, M = 1 : 437.000, Kolorierte Faksimileausgabe des Originals der Fürstlich Fürstenbergischen Hofbibliothek, Donaueschingen.

Mercator, Gerhard [(1589) 1595]:
STIRIA
BS: I 6o, M = 1 : 506.000 (nur für den Westteil der Karte).

Metellus, Johannes (Matal, Jean) [1579/80]:
CARIN | THIA | Karntn | carint | hie
M = 1 : 903.000.

Müller, Johann Ulrich [1692]:
KARIN- | THIA.
ober dem Kartenrand Seitenangabe *„LXI“*, unter der Karte Überschrift *„Kernten enthält:“*
mit Kurzbeschreibung der großen Grundherrschaften, M = 1 : 2.560.000.

Ortelius, Abraham [(1572) 1593]:
CARINTHIAE DVCATVS, ET GORI: | TIAE PALATINATVS, WOLF. LAZIO | auctore.
M = 1 : 542.000.

Ottens, Reinier / Ottens, Josua [1740?]:
DUCATUS | STIRIÆ | et | CARINTIÆ | CARNIOLÆ | CILLEIÆqe COMITATUS, | Nova Tabula | que et Pars est Meridionalior | CIRCULI. AUSTRIACI, | per R. & I. Ottens | Amstelodami | Cum Privilegio.
M = 1 : 493.000.

Pitt, Moses [1680/83]:
SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS, et CARINTHIA DVCATVS. Auctore Ger. Mercatore. XII.
M = 1 : 434.000.

Reilly, Franz Johann Joseph von [1791]:
Das | Herzogthum | KÆRNTEN | östreichischen und salzburgischen | Antheils | Nro. 136.
M = 1 : 632.000.

Renner [1836]:
Königreich Illyrien | Gouvernement Laibach | CHARTE | der Kreise: | Villach | Klagenfurt || Erklärung der Zeichen: | …
M = 1 : 525.000.

Sanson d'Abbeville, Nicolas [1657]:
HERTZOGTHUBER | STEYER, KARNTEN, KRAIN; &c. | DUCHÉS DE | STIRIE, CARINTHIE, CARNIOLE | Comté de Cilley, Marq.^{sat} des Windes | et autre Estats Unis et hereditaires | aux Archiducs d'Autriche. | Par N. Sanson d'Abbeville, Geographe ord^{re}. Du Roy | A PARIS | Chez l'Auteur | Avecq Privilege pour Vingt Ans. | 1657
M = 1 : 692.000.

Sanson d'Abbeville, Nicolas / Jaillot, Alexis-Hubert [169?]:
PARTIE DU CERCLE D'AUSTRICHE, ou sont | LES DUCHÉS | DE STIRIE, DE CARITIHIE, DE CARNIOLE | et autres ESTATS Hereditaires a la Maison | d'Austriche | Par le S^{r}. SANSON, Geographe Ordinaire du Roy. | A PARIS. | Chez le S^{r}. IAILLOT, Geographe de Sa Majesté, | joignant les grands Augustins, aux deux Globes. | Avec Privilége du Roy | 169
M = 1 : 660.000.

Setznagel, Marcus / Turrini [(1551) 1655]:
SALISBVRGENSIS IVRISDICTIO.
M = 1 : 2.770.000.

Seutter, Matthäus [zwischen 1730 und 1741]:
CARINTHIA | DUCATUS | distincta | in | SUPERIOREM et INFERIOR. | … | nova mappa Geographica | ob oculos et venum exposita | per | MATTH. SEUTTER, SAC. CÆS. | MAJ. GEOGR. AUG.
M = 1 : 369.000.

Valk, Gerard [zwischen 1706 und 1714]:
CIRCULI | AUSTRIACI | Orientalior Pars; | in qua | AUSTRIA PROPRIA: | et ab ea Dependentes, | TUM DUCATUS, | STIRIÆ, CARINTIÆ, CARNIOLA | TUM COMITATUS, | Hisce Inclusi, | CILLENSIS ET GORITIÆ | Singuli Subdivisi | Per GERARDUM VALK
M = 1 . 663.000.

Valk, Gerard / Schenk, Pieter [1697]:
SALTZBVRG ARCHIEPISCOPATVS, et CARINTHIA DVCATVS. Auctore Ger. Mercatore.

Weigel, Christoph d. Ä. [1723]:
Ducatus | CARINTHIÆ, | accurata delineatio | a. | Christoph Weigelio Norimb.
M = 1 : 639.000.

Weiland, Carl Ferdinand [1857]:
DIE | K. ÖSTERREICHISCHEN KRONLÄNDER | STEIERMARK | KÄRNTHEN, KRAIN | UND DAS | KÜSTENLAND | (GÖRZ, GRADISCA, ISTRIEN und TRIEST) | gezeichnet von C. F. WEILAND | Nach der neuesten politischen Eintheilung berichtigt | 1857. | Weimar, Verlag des Geographischen Instituts.
M = 1 : 708.000.

Wit, Frederick de [nach (1670) 1694]:
DUCATUS | CARINTIÆ | et | CARNIOLÆ | CILLEIÆqe COMITATUS | Nova Tabula | que et Pars est Meridionalior. | CIRCULI AUSTRIACI | Per F. de Witt. Amstelodami. | Cum Privil. D. D. Ordinum Belgii Foederati.
M = 1 : 466.000.

Zauchenberg, Johann Baptist [1718]:
NOVISSIMA | CARINTHIÆ | TABULA | Novissimus | Philosophiæ partus est. | ... | Per illustri Domino Ioanne Bap'ta | Zauchenberg Carintho Provinciali | Anno 1718 mense.
M = 1 : 233.000.

5. Literatur

Berger, Karl [1949]: Der Hausruck als Grenze zwischen Österreich und Bayern von 1156-1816. Dissertation an der philosophischen Fakultät der Universität Innsbruck, Typoskript. Innsbruck, 204 S., XXVII Bl.

Dörflinger, Johannes [2004]: Vom Aufstieg der Militärkartographie bis zum Wiener Kongress (1684 bis 1815). In: *Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz:* Österreichische Kartographie von den Anfängen im 15. Jahrhundert bis zum 21. Jahrhundert. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 15. Herausgegeben von Ingrid Kretschmer und Karl Kriz. Institut für Geographie und Regionalforschung, Kartographie und Geoinformation, Wien, S. 75-168.
ISBN 3-900830-51-7

Dörflinger, Johannes [1986]: Österreichische Kartographie. In: *Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz (Bearb.):* Die Kartographie und ihre Randgebiete. Lexikon zur Geschichte der Kartographie von den Anfängen bis zum ersten Weltkrieg, Band C-2. Deuticke, Wien, S. 567.
ISBN 3-7005-4562-2

Eckert, Max [1921]: Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft, Band 1. Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger, Berlin und Leipzig, XVI, 640 S.

Finsterwalder, Rüdiger [1991]: Maßstab und Genauigkeit alter Karten – gezeigt an einigen Kartierungen Bayerns. In: *Wolff, Hans (Hrsg.):* Bayern im Bild der Karte. Cartographia Bavariae. Ausstellung vom 17. Mai bis 26. August 1988. Bayerische Staatsbibliothek München, Ausstellungskataloge 44. 2., verbesserte und vermehrte Auflage, Konrad, Weißenhorn, S. 193-212.
ISBN 3-87437-301-0

Fräss-Ehrfeld, Claudia, [1984]: Das Mittelalter. Geschichte Kärntens, Band 1. Heyn, Klagenfurt, 814 S.
ISBN 3-85366-409-1

Fräss-Ehrfeld, Claudia [2008]: In Stichworten: Die Franzosen in Kärnten. In: Geschichtsverein für Kärnten, Bulletin, Zweites Halbjahr 2008, Klagenfurt, S. 65-72.

Großmann, Walter [1969]: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate nebst Anwendungen in der Geodäsie. 3., erweiterte Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 425 S.

Horat, Erwin [1996]: Streit um Alpen und Grenzen. In: Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik, 94. Jhrg., Heft 9, Villmnergen, S. 486-490.
ISSN 0252-9424

Hubeny, Karl [1953]: Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoids. Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen, Sonderheft 13. Wien, 208 S.

Kretschmer, Ingrid [2004]: Von der Zweiten Landesaufnahme (1806) bis zur Gegenwart (2004) In: *Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz:* Österreichische Kartographie von den Anfängen im 15. Jahrhundert bis zum 21. Jahrhundert. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 15. Herausgegeben von Ingrid Kretschmer und Karl Kriz. Institut für Geographie und Regionalforschung, Kartographie und Geoinformation, Wien, S. 169-289.
ISBN 3-900830-51-7

Meurer, Peter H. [2006]: Die wieder aufgefundene Originalausgabe der Kärnten-Karte von Israel Holzwurm (Strassburg 1612). In: Cartographica Helvetica, Heft 34, Murten, S. 27-34.
ISSN 1015-8480
http://retro.seals.ch/openurl?rft.issn=1015-8480&rft.issue=34&rft.date=2006&lPage=27
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Paschinger, Viktor [1937]: Landeskunde von Kärnten, Gutenberghaus M. H. Sterneck, Klagenfurt, 344 S.

Peschel, Oscar [1865]: Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. Humboldt und Carl Ritter. Geschichte der Wissenschaften in Deutschland, Neuere Zeit, Bd. 4. Cotta'sche Buchhandlung, München, XX, 706 S.
http://books.google.com/books?id=gmJFxTcRb5kC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Purgstall, Wenzel Karl Graf von [1701]: Germania Austriaca, Seu Topographia Omnium Germaniae Provinciarum, Augustissimae Domui Austriacae Haereditario Jure Subjectarum : In qua fermè omnia vetera locorum nomina, situs, & origo cum praesentibus diligentissimè conferuntur, plurimae Civitates, Monasteria, Oppida, & Arces, ac praecipua eorum monumenta accuratissimè describuntur, omniaque allegatis tum veterum tùm recentiorum Authorum Testi-

moniis optimè confirmantur, nec non novis aeri incisis cujusvis Provinciae Tabulis elegantissimè illustrantur. Schönwetter/Schlegel, Wien, 116, 80 S.

Ritter, Michael [2011]: Die Landkarten des Augsburger Kunstverlegers Joseph Carmine (1749 bis nach 1822). In: Cartographica Helvetica, Heft 44, Murten, S. 43-49.
ISSN 1015-8480
Zusammenfassung:
http://www.kartengeschichte.ch/ch/summaries/d44d.html
letzter Aufruf: 02.04.2012.

Schaup, Wilhelm [2000]: Salzburg auf alten Landkarten 1551-1866/67. Schriftenreihe des Archivs der Stadt Salzburg, Nr. 13, Schriftenreihe des Salzburger Landesarchivs, Nr. 13, Salzburg Studien, Forschungen zu Geschichte, Kunst und Kultur, Band 3, Magistrat der Landeshauptstadt Salzburg, Salzburg, 396 S.
ISBN 3-901014-69-1

Wutte, Martin [1919]: Die Kärntner Landesgrenze und ihre geschichtliche Entwicklung. In: Carinthia I, Mitteilungen des Geschichtsvereins für Kärnten, 109. Jhrg., Klagenfurt, S. 26-41.
ISSN 0008-6606

Wutte, Martin [1931]: Kärnten im Kartenbild der Zeiten. Archiv für vaterländische Geschichte und Topographie, Band 23. Geschichtsverein für Kärnten, Klagenfurt, 91 S.

Zaisberger, Friederike [1988]: Das Landt vnd Ertzstifft Saltzburg, die erste gedruckte Landkarte Salzburgs. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Ergänzungsband 12 / Schriftenreihe des Salzburger Landesarchivs, Nr. 5, Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Salzburg, 112 S.
ISSN 0435-8279

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing., Dr.-Ing. Gustav Forstner
Peter-Tunner-Gasse 17, A-8605 Kapfenberg
E-Mail: gustav.forstner@aon.at

Rudolf Hafeneder

Der Beitrag des Militärs zur Kartographie Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert

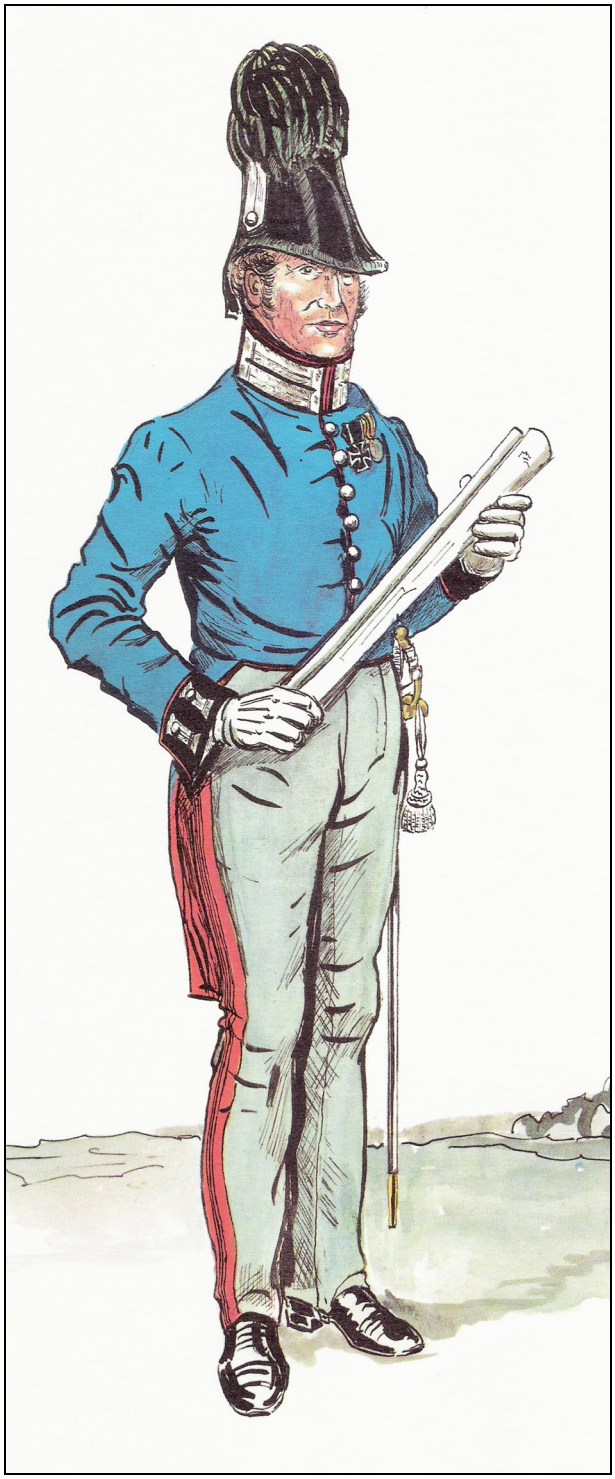


Abb. 1: *Preußischer Ingenieurkartograph 1818 [Albrecht, 1980, S. 65].*

Zusammenfassung

Die topographische Geländeaufnahme auf der Grundlage einer Triangulation, die kartographische Bearbeitung der Kartenoriginale, die Repro- und Druckarbeiten sowie der Kartenvertrieb und -verkauf waren keine originär militärischen Aufgaben. Amtliche topographische Karten für das Planen von Operationen (Maßstabsbereich: 1 : 200.000 bis 1 : 500.000) und für das Führen der Truppe im Gefecht (Maßstabsbereich: 1 : 25.000 bis 1 : 100.000) waren durch staatliche Institutionen zu schaffen; das Militär war der Hauptbedarfsträger dieser raumbezogenen Informationen, die für das gesamte Staatsgebiet in einheitlicher, möglichst aktueller Form zur Erfüllung staatlicher, gesellschaftlicher, wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Aufgaben benötigt wurden. War der militärische Bedarf dringend zu decken, die zivile Seite aber nicht dazu in der Lage, musste das Militär entweder die Kartenherstellung mit einem finanziellen Zuschuss unterstützen oder selbst die Herstellungsaufgabe übernehmen. Militärische Spezialkarten und Karten der Kriegsschauplätze des Ersten und Zweiten Weltkrieges werden in diesem Beitrag nicht betrachtet; sie fielen in die Zuständigkeit der Militär-Kartographie.

Summary

The topographical reconnaissance on the basis of triangulations, the drawing of original maps, the reproduction and printing, and the distribution of the mapping products were not typical military tasks. Official topographic maps for operational planning (scales from 1 : 200,000 to 1 : 500,000) and for the troop commanders in the battle (scales from 1 : 25,000 to 1 : 100,000) had to be produced by national civil institutions. The armed forces were the main consumers of this space-related information which was required in a standard form – as up-to-date as possible – for official, social, scientific and economic tasks. In cases of urgent need, when the civil institutions were not in control of the situation, the armed forces had either to finance the map production or to take on themselves. Military special maps/charts and maps of the theatres of war (World War I and World War II) are not considered in this article; they were the responsibility of Military Cartography.

1. Einleitung

Die Mitwirkung des Militärs an der amtlichen Kartographie ist weitgehend bekannt und in einer Vielzahl von Publikationen, z. B. *Albrecht [1980]*, siehe Abb. 1, dokumentiert. Wenig erforscht war bisher nur dessen Rolle bei der Vermessung, Aufnahme und Kartierung der deutschen Kolonien von 1884 bis 1919. Professor KURT BRUNNER hat hierzu schon erste Erkenntnisse über *„Kilimandscharo-Karten" [Brunner, 1989]* und über *„Expeditionskartographie" [Brunner, 2004]* veröffentlicht. Auf seine Anregung hin wurde diese Lücke durch eine Dissertation, die er betreut hat, geschlossen, siehe: *Hafeneder [2008]*.

Da bei manchen Jubiläumsfeiern im Rückblick auf *„200 Jahre Vermessungs- und Kartenwesen"* zu einseitig die zivilen Leistungen herausgestellt werden (siehe *Hafeneder [2004, Vorwort]*), erscheint es angemessen, in aller Kürze die historischen Fakten darzustellen, Missverständnisse auszuräumen und die Bedeutung des militärischen Beitrages in Erinnerung zu rufen.

2. Herstellung der ersten topographischen Kartenwerke – durch das Militär?

FRIEDRICH DER GROSSE (1712-1786) kannte den Wert topographischer Karten für die Planung von Feldzügen; seinen Offizieren befahl er *„auf das Ernsthafteste, sich die Gegend, wo Krieg geführt wird, durch geographische Karten bekannt zu machen" [Stavenhagen, 1900]*. NAPOLÉON BONAPARTE (1769-1821) ersetzte die bisherige zu starre Stellungstaktik durch seine bewegliche Gefechtsführung, die nur mit guten Karten möglich war: *„Une carte détaillée est une arme de guerre" [Giehrl, 1908, S. 2223]*. Diese Kriegskarten wurden für die potentiellen Kriegsschauplätze durch das Militär selbst hergestellt und streng unter Verschluss gehalten.

Der Bedarf an topographischen Karten des eigenen Staatsgebietes dagegen, die ab 1800 auch durch zivile Behörden benötigt sowie von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft gefordert wurden, war durch diese meist flüchtigen Aufnahmen (ohne geodätische Grundlagenvermessung) nicht zu decken. In den deutschen Königreichen wurden unterschiedliche Wege beschritten, um diese immer begehrteren Planungsgrundlagen (ggf. auch nutzbar für die Besteuerung des Grundeigentums) zu schaffen – z. B. Landesvermessung getrennt von der Katastervermessung oder Landesaufnahme auf der Grundlage von Katasterkarten. Dies zeigt ein Blick auf die Königreiche Bayern, Württemberg, Sachsen und Preußen.

2.1 Königreich Bayern

Im Jahr 1800 besetzten die Franzosen das Kurfürstentum Bayern. NAPOLÉON ließ in München ein *Bureau topographique militaire de l'Armée* einrichten, um das besetzte Gebiet schnellstmöglich *„zu mappiren" [Habermeyer, 1993]*. Nach dem Frieden von Lunéville (9. Februar 1801) zogen sich die Franzosen wieder auf die Westseite des Rheins zurück, waren aber bereit, die bereits begonnene Triangulierung und topographische Landesaufnahme zu unterstützen. Das bayerische *Topographische Bureau"* sollte entsprechend dem *„höchsten Rescript"* des Kurfürsten MAXIMILIAN I. JOSEPH (1756-1825) vom 18. Juni 1801 *„eine vollständige, astronomisch und topographisch richtige Charte"* herstellen. Aufgrund ungünstiger Rahmenbedingungen (Kriege, Geldnot) machte das Projekt nur geringe Fortschritte. Das Staatsgebiet wurde immer größer (Schwaben, Franken, Kurpfalz); jede Gebietserweiterung musste rasch trianguliert und sofort aufgenommen werden, also bevor die Ergebnisse der Auswertung der Dreiecksmessungen vorlagen. Auch die organisatorische Umgliederung in das *Statistisch-Topographische Bureau* als Sektion des *Ministeriums der auswärtigen Verhältnisse* konnte die Erstherstellung der *„großen baierischen Karte"* nicht beschleunigen. Erst dessen Umwandlung in das *Militairisch Topographische Bureau* im Jahr 1818 brachte den Durchbruch: der *„Topographische Atlas des Königreiches Bayern, 1 : 50.000* (112 Blätter im Kupferstich)*, bearbeitet und herausgegeben vom Topographischen Bureau des K. Bayer. Generalstabes"* konnte dank sorgfältiger Planung und konsequenter Überwachung sowie guter Personalausstattung und ausreichender Finanzierung bis 1867 fertiggestellt werden. Das Militär blieb bis 1919 zuständig für Landesvermessung, Landesaufnahme (Positionsblätter 1 : 25.000) und Landeskartenwerk (1 : 50.000).

Da die Triangulation nur für die Kartenaufnahme vorgesehen und nicht als geodätische Grundlagenvermessung nutzbar war, musste parallel dazu durch die zivile Steuervermessungskommission (seit 1808) ein flächendeckendes Hauptdreiecksnetz – unter der Leitung des Astronomen JOHANN GEORG VON SOLDNER (1776-1833) – gemessen werden; für die Detail-Aufnahme der Katasterkarten 1 : 5.000 wurde es durch ca. 19.000 Punkte verdichtet.

2.2 Königreich Württemberg

Die CASSINIsche *„Charte de la France, 1 : 86.400"* diente dem Mathematik-Professor JOHANN GOTTLIEB FRIEDRICH BOHNENBERGER (1765-1831) zwar als Vorlage; aber er empfahl dem König, das Vermessungs- und Kartenwesen (einschließlich Katasterwesen) aus einem Guss und in der optimalen Reihenfolge zu planen *[Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 1968]*, d. h.:

- Triangulation eines Hauptdreiecksnetzes, eines Sekundärdreiecksnetzes und eines Detailnetzes von 1818 bis 1838,
- Probemessungen für die anschließende Detail-Aufnahme und Basismessung auf der Allee Solitude – Ludwigsburg (1818),

- Vermessung der Parzellen und Herstellung von Flurkarten 1 : 2.500,
- Topographische Landesaufnahme auf der Grundlage der verkleinerten Flurkarten und Herstellung des *„Topographischen Atlas von Württemberg, 1 : 50.000“* durch das *Statistisch-Topographische Bureau* (zivile Dienststelle) ab 1820.

Trotz des Mangels an zivilem Fachpersonal konnte der Atlas (55 Blätter) im Zeitraum von 1826 bis 1851 herausgegeben werden.

2.3 Königreich Sachsen

Schon im Jahr 1780 begann die sächsische Landesaufnahme durch Offiziere des Kurfürstlichen Ingenieurkorps unter Leitung des Ing.-Majors FRIEDRICH LUDWIG ASTER (1732-1804). Sie sollte *„ein so genaues und vollständiges Bild jenes Landesteiles liefern, daß solches auch zu kameralistischen Zwecken, für den Berg-, Straßen- und Wasserbau als zuverlässige graphische Unterlage dienen konnte“* – zitiert nach *Treitschke [1921, S. 48]*. Aber die Herstellung der sog. *„Meilenblätter“* kam nach Ansicht NAPOLÉONS zu langsam voran; er forderte eine erhebliche Beschleunigung der Arbeiten. Dazu wurde die *Militär-Plankammer* am 12. März 1806 als Kartenarchiv gegründet und mit den trigonometrischen, topographischen und kartographischen Aufgaben beauftragt. Der König ließ aus den bisher geheim gehaltenen Aufnahmeblättern den *„Topographischen Atlas des Königreiches Sachsen, 1 : 57.600“* herstellen, und zwar *„zum Behufe eines gemeinnützigen und öffentlichen Gebrauches“* – zitiert nach *Scheel/Mohr [1978, S. 50]*. Major JAKOB ANDREAS HERMANN OBERREIT (1725-1798), der Direktor der *Militär-Plankammer*, leitete aus den 446 Meilenblättern 1 : 12.000 kartographisch die Atlasblätter ab und ließ sie in Kupfer stechen. Sie wurden in den Jahren von 1836 bis 1860 als *„Oberreitscher Atlas“* herausgegeben *[Landesvermessungsamt Sachsen, 2006]*. Aus Kostengründen wurde auf eine exakte trigonometrische Grundlage für die Katastervermessung verzichtet.

2.4 Königreich Preußen

„Bereits 1801 befiehlt Napoleon, die Cassinische Karte 1 : 86.400 auf die neuen linksrheinischen Departements ... auszudehnen“ [Torge, 2007, S. 97]. Nach den Befreiungskriegen (1813-1815) setzte Oberstlieutenant KARL LUDWIG VON LE COQ (1754-1829) die unter hohem Zeitdruck stehende, flüchtige Aufnahme der französischen Ingenieurgeographen unter der Leitung von Colonel JEAN JOSEPH TRANCHOT (1752-1815) fort; ab 1816 übernahm Generalmajor KARL VON MÜFFLING (1775-1851) die Regie dieser Aufnahmearbeiten im Maßstab 1 : 20.000 und der Ableitung von Karten 1 : 86.400. Wegen der unbefriedigenden Qualität wurde Westfalen im Zeitraum 1836-1842 und das Rheinland von 1843 bis 1850 ein zweites Mal systematisch aufgenommen. Aus den *„Urmesstischblättern 1 : 25.000“*, die bis 1841 nicht veröffentlicht wurden, leiteten die Kartographen in den westlichen Provinzen topographische Karten 1 : 80.000, in den östlichen im Maßstab 1 : 100.000 ab. Die 3. Periode der preußischen Topographie mit erheblich verbesserten trigonometrischen Grundlagen (10 Vermessungspunkte pro Quadratmeile in den östlichen Provinzen) begann mit der Gründung des *Büros der Landestriangulation* des preußischen Generalstabes im Jahr 1865. *„Zugleich wurde auch die Forderung erhoben, die Messungen der einzelnen preußischen Verwaltungen aufeinander abzustimmen und Doppelarbeit zu vermeiden“ [Albrecht, 1970, S. 23]*. Das *Central-Direktorium der Vermessungen im Preußischen Staate*, das am 21. Juni 1870 geschaffen wurde, übernahm diese Koordinierungsaufgabe. Für die Neutriangulation, die Höhenmessungen, die Neu-Aufnahme der Messtischblätter 1 : 25.000 und die Ableitung der *„Generalstabskarte von Rheinland und Westfalen 1 : 80.000“* wurde die *„Königlich Preußische Landesaufnahme“* ab 1. Januar 1875 mit einer fachgerechten Gliederung und Personalausstattung versehen, d. h. als selbständiger Teil des Großen Generalstabes ausgeplant. Die ersten Blätter des Landeskartenwerkes 1 : 25.000 erschienen 1877; im Jahr 1912 war es fertiggestellt.

Das zivile Vermessungs- und Kartenwesen (Katasterverwaltung, Landeskulturverwaltung, Verwaltung der Domänen und Forsten, Eisenbahnverwaltung) hatte sich in Preußen bis 1875 völlig unabhängig von der Landesvermessung des Militärs entwickelt.

3. Herstellung der amtlichen Kolonialkarten – durch das Militär?

Die Annahme, dass das Militär ebenso intensiv an der Vermessung, Aufnahme und Kartierung der deutschen Kolonien ab 1884 beteiligt war wie in der Heimat, liegt nahe, trifft aber nicht zu. Forscht man nach den Gründen, stößt man zunächst auf die grundsätzliche Auffassung des Reichskanzlers OTTO VON BISMARCK (1815-1898), die er 1884/85 in seinen Reichstagsreden erläutert hat – zitiert aus den Reichstagsprotokollen, siehe *Hafeneder [2008, S. 6]* – z. B.:

- *„Mein* Ziel *ist* ***der regierende Kaufmann*** *und nicht der regierende Bureaukrat in jenen Gegenden, nicht der regierende Militär und der preußische Beamte“.*
- *„Es sollen nicht eine Anzahl von oberen und unteren Beamten in die Kolonien geschickt und Garnisonen dort hingelegt, Kasernen, Häfen und Forts gebaut werden“.*

Aber BISMARCKs Konzept scheiterte schon nach wenigen Jahren. Der *Deutsch-Ostafrikanischen Gesellschaft (DOAG)* z. B. war zwar für die *„erworbenen“* Gebiete formell der Schutz des Reiches zugesichert worden (*„Schutzbrief“* vom 27. Februar 1885). Als aber

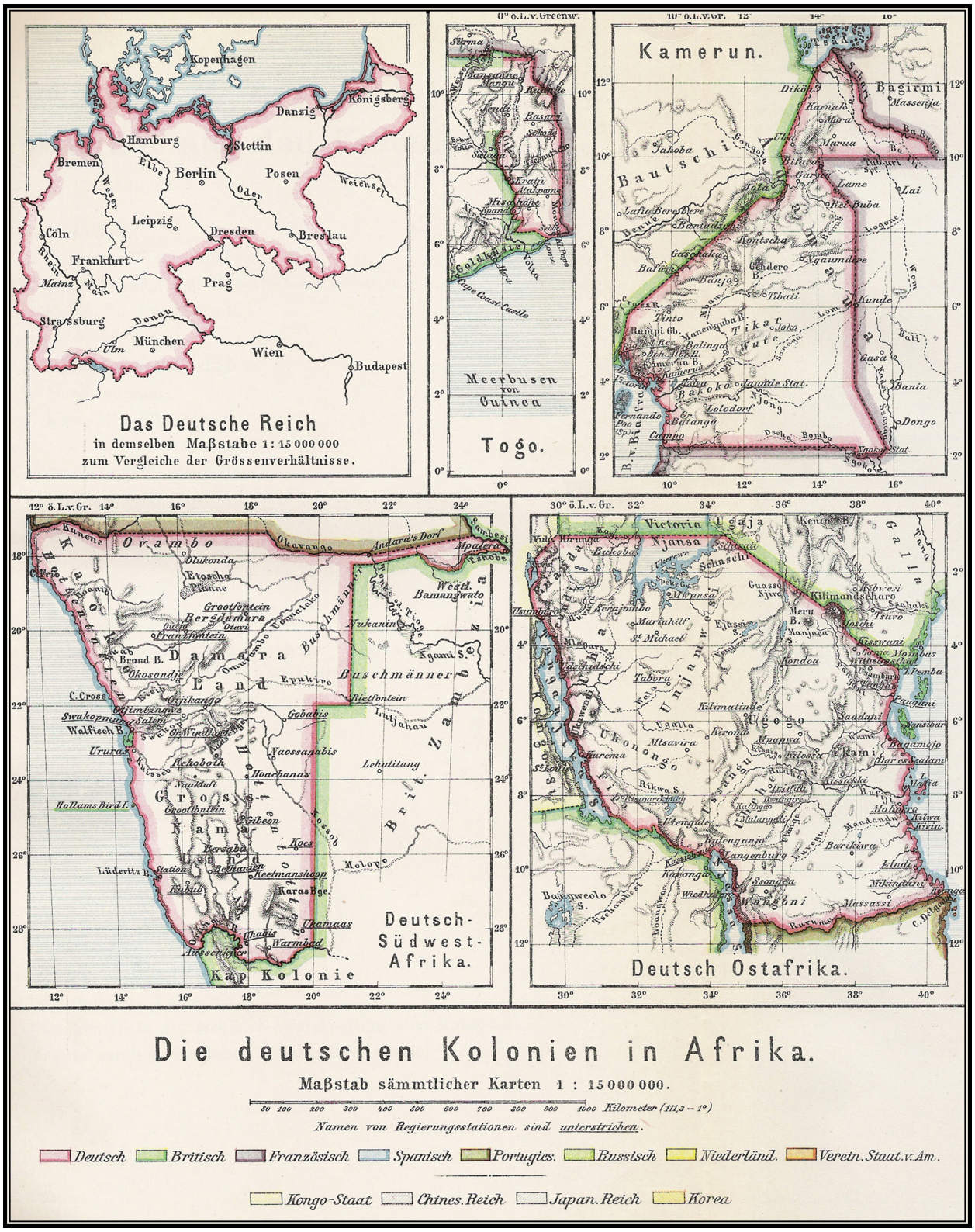


Abb. 2: *Größenvergleich [Kolonial-Wirtschaftliches Komitee, 1900, I. Teil: Statistik und Karten].*

der sog. *„Aufstand der Küstenleute“* 1889 ausbrach und die entsandten Kriegsschiffe den Konflikt mit ihren Schiffsgeschützen nicht beenden konnten, musste ein Freiwilliger gesucht werden – Hauptmann HERMANN WISSMANN (1853-1905) –, der eine Söldnertruppe zusammenstellen, den Aufstand niederschlagen und die Anführer bestrafen sollte. Aus dieser sog. *„Wissmann-Truppe“* entwickelte sich die *„Kaiserliche Schutztruppe für Deutsch-Ostafrika“*, die durch Gesetz vom 22. März 1891 mit der Aufrechterhaltung der öffentlichen Ord-

nung und Sicherheit beauftragt wurde. Sie wurde gebildet aus

> *„a. aus Offizieren, Ingenieuren des Soldatenstandes, Sanitätsoffizieren, Beamten und Unteroffizieren des Reichsheeres und der Kaiserliche Marine, welche* ***auf Grund freiwilliger Meldung*** *der Schutztruppe zeitweise zugetheilt werden,*
>
> *b. aus angeworbenen Farbigen"*

[Haupt, 1988; S. 21].

Vier Jahre später wurden die Kaiserlichen Schutztruppen für Kamerun und Deutsch-Südwestafrika geschaffen; in die letztere konnten wegen des für Europäer günstigen Klimas auch Mannschaftsdienstgrade von Heer und Marine eintreten. In den anderen Kolonien waren Polizeikräfte eingesetzt. Diese Kaiserlichen Schutztruppen gehörten weder zum Reichsheer noch zur Marine; sie waren ein selbständiger Truppenkörper mit eigenen Regeln. Die oberste Kommandobehörde war dem Auswärtigen Amt unterstellt. Sie besaßen keinen Generalstab und daher auch kein Topographisches Büro.

Wenn also weder das Reichsheer noch die Reichsmarine noch die Kaiserlichen Schutztruppen für die Vermessung, Aufnahme und Kartierung der Kolonien verantwortlich waren, wer war dann für die Herstellung dieser überlebenswichtigen Landkarten zuständig – und zwar für ein Gebiet von der fünffachen Größe des Reichsgebietes (siehe Abb. 2)? Der Verfasser ist im Rahmen seiner Doktorarbeit dieser Frage im Quellenmaterial der Archive und in der Fachliteratur nachgegangen; zuständig waren demnach:

- anfangs die *„regierenden"* Kolonialgesellschaften, z. B. die *Deutsch-Ostafrikanische Gesellschaft (DOAG)*,
- nach Rückgabe der Hoheitsaufgaben an das Deutsche Reich: das *Auswärtige Amt* (bzw. ab 1907 das *Reichskolonialamt*),
- für das Kiautschou-Gebiet: das *Reichsmarineamt* (in jeder Hinsicht).

Das Nachforschen in den Altakten des *Central-Direktoriums der Vermessungen im Preußischen Staate* (Sammlung der Sitzungsprotokolle) hat ergeben, dass in diesem Gremium von 1884 bis 1906 kein neues Ressort mit Vermessungsaufgaben aufgetreten ist, wenn man vom Reichsmarineamt absieht, das seit 1884 die jährlichen Tätigkeitsberichte über die Seekarten-Herstellung und Küstenvermessung in einheimischen und außerheimischen Gewässern vorgelegt hat. Erst im Dezember 1907 nahm ein Vertreter des gerade neu geschaffenen Reichskolonialamtes teil und überreichte einen kurzen Jahresbericht. Er wurde im Plenum nicht diskutiert, auch nicht die ab 1908 vom Chef der Königlich Preußischen Landesaufnahme vorgelegten Berichte / Arbeitsergebnisse aus Deutsch-Südwestafrika.

Der dritte Grund für das Desinteresse der Generalstäbe an der Kolonialkartographie ist in der Denkschrift [1] von ALEXANDER VON DANCKELMAN (1855-1919), dem *„Beirat für Geographie und Grenzangelegenheiten"* des Auswärtigen Amtes, zu finden. Er kümmerte sich um alles – um die topographischen Aufnahmen, das Sammeln und Auswerten der Ergebnisse, die kartographische Bearbeitung durch RICHARD KIEPERT (1846-1915), PAUL SPRIGADE (1863-1928) und MAX MOISEL (1869-1920) im *Verlag Dietrich Reimer*, um das Publizieren der Kolonialkarten und um die Herausgabe der *„Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten"*. Am 3. Dezember 1897 schilderte er der Kolonialabteilung die prekäre Situation der Kolonialkartographie mit viel zu wenigen Kräften angesichts der riesigen Aufgabe; zur Lösungsmöglichkeit *„Militärisches Vermessungs- und Kartenwesen"* schrieb er: *„Wenn ich nun auch den Zeitpunkt noch nicht für gekommen erachte, um dem Generalstab den topographischen Dienst der Kolonien übertragen gesehen zu wünschen – dazu sind die Verhältnisse in den deutschen Schutzgebieten noch nicht genug entwickelt und das Bedürfnis nach so genauen Karten, wie die vom Generalstab befolgten Aufnahmemethoden sie bedingen, im Allgemeinen noch nicht vorhanden – so liegen die Verhältnisse doch derartig, dass ich nicht umhin kann die Aufmerksamkeit des Hohen Auswärtigen Amtes auf das entschiedene Mißverhältnis zwischen Arbeitsmaterial und Arbeitskräften an dem Zeicheninstitut der Firma D. Reimer hinzulenken. Ich müßte sonst befürchten, dass mich später der Vorwurf treffen könnte, die Sachlage nicht rechtzeitig zur Sprache gebracht zu haben" [Bundesarchiv, 6662/1]*. Oberleutnant a. D. WETTSTEIN dagegen sah nicht den Informationsbedarf, sondern den Genauigkeitsstandard als Hinderungsgrund: *„Ob der preussische Generalstab sich mit geringerer Genauigkeit und schneller, behufs billiger Arbeit abgeben wird? Hierin beruht das einzige begründete Bedenken gegen die Ausführung der Landesaufnahme in Deutsch-Südwestafrika durch den Generalstab, dass dieser seine hervorragenden Verdienste, ja seinen Weltruf als Trigonometer nicht durch eine weniger exakte Triangulation in Deutsch-Südwestafrika schwächen möchte" [Anonym, 1908, S. 53]*.

Da stellt sich die Frage, wer denn die amtlichen Kolonialkarten aufgenommen und hergestellt hat, zumal die Kolonialabteilung des Auswärtigen Amtes keinen einzigen Fachmann besaß. Die Details im Titel vieler Karten, in denen die Namen der Topographen und Kartographen veröffentlicht wurden, geben eine Antwort (siehe Abb. 3). Die ca. 600 Akteure [2] der Kolonialkartographie sind daneben auch in den *„Jahresberichten über die Entwickelung der Deutschen Schutzgebiete"* und in

[1] Siehe: http://www.rudolf-hafeneder.de/40350.html (PDF-Datei: „Archiv_Ergaenzungen1-9.pdf", Erg.1/Dok A).

[2] Siehe: http://www.rudolf-hafeneder.de/40350.html (PDF-Datei: „Archiv_Ergaenzungen1-9.pdf", Ergänzung 6).

Abb. 3: *Die an der Karte beteiligten Topographen und Kartographen [Moisel, 1912, Karte 2].*

den *„Denkschriften über die Verwendung des Afrikafonds“*, die dem Deutschen Kolonialblatt beigelegt waren, aufgelistet.

Die deutsche Kolonialkartographie 1884-1919 war nicht das Werk einer militärischen oder zivilen Institution, auch nicht das Ergebnis wissenschaftlich ausgebildeter Forschungsreisender. Insgesamt waren die auch im Ausland anerkannten deutschen Kolonialkarten das Resultat der **Gemeinschaftsarbeit** derer, die sich freiwillig zum Kolonialdienst gemeldet hatten. *„Missionare, Kaufleute, Farmer, Ingenieure, Landmesser, Beamte, Forscher sind tätig gewesen, das topographische Bild der deutschen Kolonien zu enthüllen, insbesondere sind viele Hunderte von topographischen Routen- und andern Aufnahmen ein Ruhmesblatt in dem Geschichtsbuch kolonialen Wirkens des deutschen Offiziers“ [Eckert, 1921, S. 248]*. Dies formulierte der Aachener Kartographie-Professor MAX ECKERT (1868-1938) in seinem Werk *„Die Kartenwissenschaft“ [Eckert, 1921]*, nachdem er im *„Jahrbuch über die deutschen Kolonien“* die *„Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien“* seit 1905 kommentiert hatte *[Eckert, 1908-1914]*.

Übrigens: Das Militär hat schließlich nur deshalb die Vermessung, Aufnahme und Kartierung von Deutsch-Südwestafrika ab 1905 in Angriff genommen, weil für den Herero-Krieg keine topographischen Karten verfügbar waren. Statt nach dem bisherigen Prinzip *„rasch und billig“* mit einem Netz von Routenaufnahmen eine verlässliche Führungskarte zu schaffen, wandte die Königlich Preußische Landesaufnahme ihre gewohnten Methoden an: zuerst Triangulation, dann topographische Aufnahme, daraus Aufnahmekarten 1:100.000, schließlich das endgültige Kartenwerk 1:400.000. Die Kolonialverwaltung wartete ungeduldig auf Ergebnisse.

4. Aufbau und Fortführung der westdeutschen Basiskartenwerke nach 1945 – forciert durch den Militärgeographischen Dienst der Bundeswehr

Das Jahrzehnt 1909-1919 war entscheidend für die Kartographie, Geodäsie und Geographie Deutschlands *[Hafeneder, 2009]*, aber die Zäsur für Landesvermessung, Landestopographie und Landeskartenwerk – bisher weitgehend in militärischer Hand – setzte nach dem Ersten Weltkrieg der Versailler Vertrag vom 28. Juni 1919. Die deutschen Generalstäbe (einschl. Kgl. Preußische Landesaufnahme sowie die Topographischen Büros des bayerischen, württembergischen und sächsischen Heeres) waren aufzulösen. Dieses zivile Aufgabenpaket **musste** jetzt einem zivilen Ressort zugeordnet werden. Die Streitkräfte waren nur noch Bedarfsträger.

Dabei blieb es auch nach dem Zweiten Weltkrieg; das amtliche Vermessungs- und Kartenwesen wurde bei den Beratungen zum Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland als Länderaufgabe definiert. Der 1956

neu geschaffene „Militärgeographische Dienst der Bundeswehr“ sollte nur militärische Spezialkarten bzw. Spezialkartenserien selbst herstellen. Hauptdreiecksnetz I. bis IV. Ordnung, Nivellementsnetze und topographische Kartenwerke großer/mittlerer Maßstäbe waren als zivile Aufgabe auf Dauer den Landesvermessungsämtern übertragen; mit der Herstellung / Fortführung der Topographischen Übersichtskarten wurde das Institut für Angewandte Geodäsie beauftragt.

Das Militär arbeitete in den Arbeitskreisen der *Arbeitsgemeinschaft der Länder der Bundesrepublik Deutschland* bei der Fortentwicklung der Kartenserien mit und vertrat die militärischen Aspekte. Es nahm aber auch Einfluss auf die Produktionsprogramme, wenn ein dringender Bedarf zu decken war, z. B.

- durch die Zweidrittel-Finanzierung der *„beschleunigten“* Herstellung der Topographischen Karte 1 : 50.000 als militärische Ausgabe (NATO-Standardkartenwerk mit UTM-Gitter, dreisprachiger Legende und vierfarbigem Druck) vom 1. April 1957 bis 31. Dezember 1963,
- durch die Zweidrittel-Finanzierung der *„beschleunigten“* Herstellung der Topographischen Übersichtskarte 1 : 250.000 (NATO-Standardkartenwerk, deutscher Anteil) vom 1. April 1957 bis 31. März 1959.

Nach der Bewertung von Oberst EMIL HELLER (1909-1975) war dies *„ein neuer Markstein in der Geschichte der amtlichen deutschen Kartographie“ [Heller, 1967, S. 423]*, denn *„Der BMVtdg unterstützte dadurch die zivile amtliche Kartographie und ihre mithelfenden Privatfirmen mit etwa **33 Millionen DM** für kartographische Arbeiten und mit etwa **60 Millionen DM** für Reproduktion und Druck von Karten“*.

Aber schon im Jahr 1975 war das Ziel eines 5-Jahres-Fortführungsturnus bei den meisten Ländern in Vergessenheit geraten. *„Der Leiter Militärisches Geowesen hat von 1975 bis 1989 die beschleunigte Fortführung ausgewählter, militärisch wichtiger Kartenblätter (Gesamtvolumen: bis zu **1,5 Mio. DM pro Jahr**) finanziert, obwohl das ständige Aktualisieren der Landeskartenwerke zu den Hoheitsaufgaben der Bundesländer zählt“ [Hafeneder, 2000, S. 55]*.

5. Herstellung der DDR- und BRD-Militärkarten 1945-1990 – durch den Militärtopographischen Dienst der Nationalen Volksarmee

„In den Nachkriegsjahren wurden vorwiegend Reproduktionsausgaben der stark veralteten amtlichen Kartenwerke des ehemaligen Deutschen Reiches mit einigen Nachträgen sowie mit Überdruck der neuen politischen Grenzen herausgegeben“ [Neupert/Theile, 2002, S. 43].

Ab 1. März 1956 wurde die Kasernierte Volkspolizei der DDR in die Nationale Volksarmee umgewandelt. Der *Militärtopographische Dienst (MTD)* war bis zu diesem Zeitpunkt für die Herstellung der Topographischen Karten des eigenen Staatsgebietes zuständig, und zwar in dem bei der Sofioter Konferenz von 1952 festgelegten einheitlichen Duktus *[Bauer, 2006, S. 104]*:

- *„Anlage eines gemeinsamen astronomisch-geodätischen Netzes I. Ordnung (Referenzellipsoid von KRASSOWSKI, Zentralpunkt Pulkowo bei Leningrad, Koordinatensystem 1942 in Gauß-Krüger-Abbildung in 6°-Meridianstreifen),*
- *Einführung des Normalhöhensystems nach MOLODENSKI, bezogen auf den Kronstädter Pegel,*
- *Anlage eines gemeinsamen Schwerenetzes, bezogen auf die Potsdamer Schwere,*
- *Herstellung der Topographischen Karten 1 : 25.000 bis 1 : 1 Mio. mit mathematisch-geodätischer Grundlage, Blattschnitt und -bezeichnung, Inhalt, Generalisierung und graphischer Gestaltung nach dem Vorbild der UdSSR bei nationaler Festlegung des Maßstabes der Grundkarte“*.

Ab 1956 waren alle Unterlagen, die einen Bezug zum Koordinatensystem 1942 (**KS 42**) hatten, als **Geheimsache** zu behandeln. Für das Basiskartenwerk wurde der Maßstab 1 : 10.000 festgelegt. Die amtlichen Karten der DDR wurden durch die zivile *Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen* – ausschließlich für staatliche Zwecke – hergestellt und auf dem Laufenden gehalten. Der *MTD* bearbeitete alle militärischen Karten des DDR-Gebietes, der Grenzgebiete, West-Berlins sowie die mittleren und kleinmaßstäbigen Kartenwerke des *„westlichen Kriegsschauplatzes“*, d. h. *„BRD von 50°N bis 54°40’N, Niederlande und Belgien, Luxemburg (westlich 6°E und nördlich 50°N), Frankreich (nördlich 48° und 0° bis 6°E)“ [Fasching/Pfahlbusch, 2006, S. 23]*. Die tschechoslowakische Armee produzierte die topographischen Karten südlich der Mainlinie sowie die Karten von der Schweiz und Österreich.

Die topographischen Karten der Bundesrepublik Deutschland wurden also einerseits für die NATO, andererseits für den Warschauer Pakt (WP) hergestellt. Die NATO-Version war als zivile Ausgabe der TK 50 (mit identischem Karteninhalt) für jeden zugänglich, die WP-Version nur in der Hand der WP-Streitkräfte.

Und die Bürger, Unternehmer, Kaufleute, Spediteure, Ingenieure, Wissenschaftler, Planer, Ärzte usw. in der DDR? Sie waren von 1945 bis 1990 auf die vor dem Ersten Weltkrieg hergestellten Messtischblätter 1 : 25.000 und Generalstabskarten 1 : 100.000 angewiesen. Denn nach der Konferenz der *„Leiter der Geodätischen Dienste der sozialistischen Länder“* in Moskau (26. Mai bis 1. Juni 1964) war es strikt angeordnet, *„in öffentlichen Karten keine Lagegenauigkeit topographischer Objekte zuzulassen. Es ist erforderlich, alle wichtigen Elemente einer öffentlichen Karte mit ± 15 bis*

20 km Ungenauigkeit darzustellen“, zitiert nach *Unverhau [2002, S. 240*, *Anlage 5]*. In der Anlage 6 dieser Publikation können im *„Protokoll der 24. Sitzung des Nationalen Verteidigungsrates der Deutschen Demokratischen Republik am 13. Oktober 1965“* die Maßnahmen zur *„Erhöhung der Sicherheit im Umgang mit geodätischen und kartographischen Materialien“* nachgelesen werden; die Anlage 7 enthält den sehr aufschlussreichen Bericht der *Verwaltung Vermessungs- und Kartenwesen* (vom 19. April 1966) über die Realisierung dieser Kartenverfälschung, z. B.

- Einführung von *„örtlichen Koordinatennetzen“* für begrenzte Gebiete (ca. 80 km^2) anstelle des geheimen KS 42.
- Schaffung von *„topographischen Karten 1 : 10.000 (Ausgabe für die Volkswirtschaft)“* von allen im Maßstab 1 : 10.000 kartierten Gebieten mit dem Geheimhaltungsgrad *„Vertrauliche Dienstsache“* (ausgenommen den Karten mit militärischen Objekten).
- Schaffung von *„topographischen Karten 1 : 25.000 (Ausgabe für die Volkswirtschaft)“* von allen übrigen bisher im Maßstab 1 : 10.000 nicht kartierten Gebieten mit dem Geheimhaltungsgrad *„Vertrauliche Dienstsache“*.
- Einziehung der topographischen Karten 1 : 5.000, 1 : 10.000, 1 : 25.000 und 1 : 50.000 aus den Bereichen der Volkswirtschaft *„gegen Umtausch“* mit den vorher genannten Karten.

In dieser ehemals *„Geheimen Verschlußsache“ [Unverhau, 2002, Anlage 7]* waren die Kartenverfälschungen auch im Detail angesprochen, nämlich

- *„Veränderung des Blattschnitts, restlose Beseitigung des Blattschnitts der topographischen Karten.*
- *Entfernen des geodätischen Netzes und der geodätischen Punkte.*
- *Entfernen übriger vertraulicher Daten, Objekte und spezielle Angaben, Ergänzen der Lücken im Kartenbild“*.

Aber für die Öffentlichkeit, d. h. für Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft der DDR, waren diese kartenähnlichen Darstellungen des eigenen Staatsgebietes offensichtlich noch zu genau. Gemäß Anlage 7 der *Unverhau*-Publikation war nämlich *„als Ausgangsmaterial für die Ableitung geographisch-kartographischer Erzeugnisse aller Art und aller Maßstäbe“* durch Verlage eine spezielle ***„Übersichtskarte der DDR im Maßstab 1 : 200.000“*** anzufertigen. *„Zur Gewährleistung der Sicherheit“* wurde vorgeschrieben:

- *„militärische Objekte und geodätische Punkte werden nicht dargestellt;*
- *der Blattschnitt ist willkürlich, er deckt sich weder mit dem geographischen, noch mit dem geodätischen Netz;*
- *die Lageverhältnisse der Elemente zueinander sind gegeben; dagegen ist die gesamte Abbildung völlig unregelmäßig und unkontrollierbar, vielseitig ineinander bis zu 3 km verschoben“*.

Mancher aus der DDR stammende Autor will heutzutage diese irreal anmutenden Maßnahmen nicht als Tatsachen akzeptieren; aber sie sind keine Erfindung des ehemaligen Gegners, gegen den man sich auch mit maßlos übertriebener Geheimhaltung glaubte schützen zu müssen: *„Da die Übersichtskarte der DDR 1 : 200.000 gefälscht war, mußten die Vergrößerungen ihrer Kartenblätter zwangsläufig auch verzerrt sein“ [Sandner/ Kurze, 2002, S. 147]*, also die Karten 1 : 100.000, 1 : 50.000, 1 : 25.000 und viele thematische Kartenwerke der Verlage.

6. Aufbau der amtlichen Geobasisdaten ab 1990 – großzügig unterstützt durch die Bundeswehr

Die Grundsatzforderung *„Topographisches Informationssystem der Bundeswehr (TOPIS)“*, die der Generalinspekteur am 6. Februar 1979 genehmigt hatte, eröffnete dem *Militärgeographischen Dienst* den Einstieg in die Welt der Geoinformationssysteme (GIS). Mit Hilfe dieses Fachinformationssystems sollte eine neutrale, querschnittlich nutzbare *MilGeo*-Datenbasis aufgebaut werden, aus der

- die Datenmodelle für die Nutzer der Bundeswehr (Führungsinformationssysteme, Aufklärungssysteme, Waffensysteme von Heer, Luftwaffe und Marine, sowie Simulationssysteme),
- die Daten- und Kartenmodelle für den Datenaustausch in der NATO,
- die Kartenmodelle zur Herstellung digitaler Karten für Ausbildung und Einsatz

abgeleitet werden sollten *[Hafeneder, 1994]*.

Der *MilGeo*-Grunddatenbestand *„Bundesgebiet“* war in verschiedenen Auflösungen aufzubauen, da die Software für das automatisierte Generalisieren noch nicht entwickelt war. Die topographischen Grunddaten, die prinzipiell aus zivilen Vektordaten zu übernehmen waren, wurden mit folgenden Qualitätskriterien konzipiert:

- Punktobjekte auf 1 m genau erfasst (z. B. Türme),
- Linienobjekte auf 3 m genau erfasst (d. h. klassifiziertes Straßennetz, Eisenbahnen),
- alle übrigen Objekte auf 10 m genau erfasst.

Diese Basisdaten sollten aus bestmöglichen Quellen digitalisiert werden, z. B. aus der Deutschen Grundkarte 1 : 5.000. Dies wurde ab 1980 im Plenum der *Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV)* und in deren Arbeitskreisen immer wieder er-

läutert und als unverzichtbare Eigenschaft dieser GIS-Daten höchster Auflösung gefordert.

Aber die Landesvermessungsämter waren nicht bereit, eine neutrale Vektordatenbasis aufzubauen und für alle Bedarfsträger in Deutschland vorzuhalten. Stattdessen entwarfen sie das *„Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS)“*, um mit Hilfe der GIS-Technologie vor allem die eigene Aufgabe, die Kartenherstellung, zu unterstützen. Im Freistaat Bayern wurde sogar die generalisierte Karte 1:25.000 digitalisiert, obwohl das Qualitätskriterium *„Linienobjekte auf 3 m genau“* nicht einzuhalten war. Diese mit Blick auf die nationale Geodateninfrastruktur kurzsichtige Strategie wird auch heute noch als besonders geschickter Schachzug herausgestellt: *„Die Entscheidung der Bayerischen Vermessungsverwaltung, die Daten für das Amtliche Topographisch Kartographische Informationssystem (ATKIS) direkt durch Digitalisierung der Topographischen Karte 1:25.000 (TK 25) zu gewinnen und daraus das Geoinformationssystem (GIS) zugleich mit dem kartographischen Modell zur Ableitung der TK 25 zu entwickeln, hat sich aus bayerischer Sicht bestens bewährt“ [Henninger/Gleixner, 2010, S. 489]*.

Der Leiter Militärisches Geowesen, der die Forderungen der Bundeswehr gegenüber der *AdV* zu vertreten hatte, signalisierte die Bereitschaft, dieses Großvorhaben finanziell zu unterstützen und dadurch eine zeitgerechte Realisierung der 1. ATKIS-Erfassungsstufe sicherzustellen. Das Verteidigungsressort übernahm – federführend für die Bundesressorts mit Bedarf an ATKIS-Daten – 50 Prozent der auf ca. 72.000 DM geschätzten Digitalisierkosten der gesamten Fläche eines Kartenblattes 1:25.000 (Gesamtvolumen: **106 Mio. DM**, verteilt auf die Jahre 1990 bis 1998). Diese Anschubfinanzierung der *„beschleunigten Erst-Erfassung der ATKIS-Daten DLM 25/1“ [Hafeneder, 2004, S. 65]* sollte den Landesvermessungsämtern, vor allem in den neuen Ländern, die Beschaffung der GIS-Hardware und -Software sowie die Vergabe von Digitalisieraufträgen an Firmen ermöglichen. Das *Amt für Militärisches Geowesen* überprüfte von 1992 bis 1995 die Qualität der Testdaten der 13 Datenlieferanten; denn *„trotz der Vereinheitlichungsbemühungen der AdV erschwert die föderale Organisation der deutschen Landesvermessung eine konsequente Einheitlichkeit des Datengewinnungsverfahrens für das DLM 25/1“ [Harbeck, 1994, S. 23]*. Von 1995 bis 1999 wurden die endgültigen DLM 25/1-Daten im Rahmen der Güteprüfung auf Konsistenz und Bundeseinheitlichkeit geprüft (Gesamt-Aufwand: **2,7 Mio. DM**). Ab 2000 übernahm das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie die Verwaltung und ständige Aktualisierung des Bundesgebietsdatenbestandes.

7. Fazit

Die Karte war und ist für das Militär unentbehrlich – im beweglich geführten Gefecht um 1800 wie auch auf dem digitalisierten Gefechtsfeld in einer Krisenregion dieser Welt zu Beginn des 21. Jahrhunderts.

8. Literatur und Quellen

Albrecht, Oskar [1970]: Kurze Geschichte des militärischen Karten- und Vermessungswesens bis zum Ausgang des ersten Weltkrieges (mit Schwerpunkt in Preußen). In: Fachdienstliche Mitteilungen des Obersten Fachvorgesetzten des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, Heft 1, Bonn, S. 3-34.

Albrecht, Oskar [1980]: General Karl Wilhelm von Grolman. Der organisatorische Begründer der Landesaufnahme des preußischen Generalstabes. In: Schriftenreihe des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, Heft 16, Euskirchen, S. 67-75.
ISSN 1865-6986

Anonym [1908]: Koloniale Landesvermessung. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 20. Jhrg., Nr. 5, Berlin, S. 49-58.

Bauer, Peter [2006]: Der Militärtopographische Dienst der NVA. Entstehungsgeschichte, Auftrag, Aufgaben und Gliederung des MTD der Nationalen Volksarmee der DDR. In: *Fasching, Gerhard L. (Red.):* Militärisches Geowesen der DDR. Militärgeographie, Militärtopographie, Militärhydrographie, Militärtopographischer Dienst, Seehydrographischer Dienst, Topographische Karten, Spezial- und Seekarten in der Deutschen Demokratischen Republik von den Anfängen bis zur Wiedervereinigung. MILGEO, Schriftenreihe des Militärischen Geowesens, Nr. 20. Bundesministerium für Landesverteidigung, Wien, S. 101-116.

Brunner, Kurt [1989]: Erstbesteigung und erste Karten des Kilimandscharo. In: Kartographische Nachrichten, 39. Jhrg., Heft 6, Bonn, S. 216-222.
ISSN 0022-9164

Brunner, Kurt [2004]: Expeditionskartographie unter besonderer Berücksichtigung der Polargebiete. In: *Kainz, Wolfgang, Kriz, Karel, und Riedl, Andreas (Hrsg.):* Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 16, Wien, S. 25-34.
ISBN 3-900830-54-1

Bundesarchiv: Bestand *„Reichskolonialamt R 1001“*, Band 6662/1.

Eckert, Max [1908]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1905. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 1. Jhrg., S. 6-27.

Eckert, Max [1909]: Fortschritte in der geographischen

Erschließung unserer Kolonien seit 1907. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 2. Jhrg., S. 30-46.

Eckert, Max [1910]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1908. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 3. Jhrg., S. 29-44.

Eckert, Max [1911]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1909. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 4. Jhrg., S. 29-47.

Eckert, Max [1912]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1910. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 5. Jhrg., S. 22-38.

Eckert, Max [1913]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1911. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 6. Jhrg., S. 30-42.

Eckert, Max [1914]: Fortschritte in der geographischen Erschließung unserer Kolonien seit 1912. In: Jahrbuch über die deutschen Kolonien, 7. Jhrg., S. 23-33.

Eckert, Max [1921]: Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft. Erster Band. Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger (VWV), Walter de Gruyter, Berlin/ Leipzig, 640 S.
http://ia600404.us.archive.org/29/items/diekartenwissens01eckeuoft/diekartenwissens01eckeuoft.pdf
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Fasching, Gerhard L. / Pfahlbusch, René [2006]: Das staatliche Geowesen der DDR. In: *Fasching, Gerhard L. (Red.):* Militärisches Geowesen der DDR. Militärgeographie, Militärtopographie, Militärhydrographie, Militärtopographischer Dienst, Seehydrographischer Dienst, Topographische Karten, Spezial- und Seekarten in der Deutschen Demokratischen Republik von den Anfängen bis zur Wiedervereinigung. MILGEO, Schriftenreihe des Militärischen Geowesens, Nr. 20. Bundesministerium für Landesverteidigung, Wien, S. 17-33.

Giehrl, Hermann [1908]: Die Karten Napoleons I. In: Militär-Wochenblatt, unabhängige Zeitschrift für die deutsche Wehrmacht, Nr. 95, Berlin, S. 2220-2228.
ISSN 0935-350X

Habermeyer, Alfons [1993]: Die topographische Landesaufnahme von Bayern im Wandel der Zeit. Konrad Wittwer, Stuttgart, 245 S.
ISBN 3-87919-172-7

Hafeneder, Rudolf [1994]: Integration von ATKIS-Daten in das Topographische Informationssystem der Bundeswehr TOPIS. In: *Harbeck, Rolf (Hrsg.)*: Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung. Vorträge anlässlich des AdV-Symposiums ATKIS am 15. und 16. Juni 1994. Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn, S. 70-77.
ISBN 3-89439-701-2

Hafeneder, Rudolf [2000]: Fachgebiet und Fachbereich MilGeo – von Entstehung über Umbau zur Fusion. In: Schriftenreihe des Militärgeographischen Dienstes der Bundeswehr, Heft 33, Bonn, S. 35-74.
ISSN 1865-6986

Hafeneder, Rudolf [2004]: Überblick über das Militärische Geowesen Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert. Schriftenreihe des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr, Heft 2, Bonn, 120 S.
ISSN 1865-6978

Hafeneder, Rudolf [2008]: Deutsche Kolonialkartographie 1884-1919. Dissertation. Schriftenreihe des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr, Bonn, 2008, Heft 1a (Textband), 201, 38 S., und 2008, Heft 1b (Anlagenband), 245 S.
ISSN 1865-6978
http://www.rudolf-hafeneder.de/
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Hafeneder, Rudolf [2009]: 1909-1919, ein entscheidendes Jahrzehnt für die Kartographie, Geodäsie und Geographie Deutschlands. In: Kartographische Nachrichten, 59. Jhrg., Heft 6, Bonn, S. 316-323.
ISSN 0022-9164

Harbeck, Rolf [1994]: Überblick über Konzeption, Aufbau und Datenangebot des Geoinformationssystems ATKIS. In: *Harbeck, Rolf (Hrsg.)*: Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung in Wirtschaft und Verwaltung. Vorträge anlässlich des AdV-Symposiums ATKIS am 15. und 16. Juni 1994. Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn, S. 13-32.
ISBN 3-89439-701-2

Haupt, Werner [1988]: Die deutsche Schutztruppe 1889-1918. Auftrag und Geschichte. Edition Dörfler im Nebel Verlag, Utting, 163 S.
ISBN 3-87829-128-0

Heller, Emil [1967]: Zehn Jahre Deutscher MilGeo Dienst. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 74. Jhrg., Heft 10, Berlin, S. 414-426.
ISSN 0002-5968

Henninger, Walter / Gleixner, Heinrich [2010]: Neue Wege in der Kartographie der bayerischen Landes vermessung. In: Mitteilungen des DVW Bayern e.V., 62. Jhrg., Heft 4, München, S. 489-504.
ISSN 1613-3064
http://www.dvw-bayern.de/UserFiles/File/Veroeffentlichungen/Mitteilungen/2010_4/henninger.pdf
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Kolonial-Wirtschaftliches Komitee (Hrsg.) [1900]: Kolonial-Handels-Adreßbuch 1900 (4. Jhrg.). Mit der Karte der Kolonien in Buntdruck. Mittler & Sohn, Berlin, 144 S.

Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (Hrsg.) [1968]: 150 Jahre Württembergische Landesvermes-

sung 1818-1968. Festschrift zur 150 Jahrfeier. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 332 S.

Landesvermessungsamt Sachsen (Hrsg.) [2006]: Die Vermessung Sachsens – 200 Jahre Vermessungsverwaltung. Gumnior, Chemnitz, 250 S.
ISBN 3-937386-12-2

Moisel, Max [1912]: Begleitworte zu der Karte „Das Hinterland der Kameruner Nordbahn". In: Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten, Band 25, S. 18-19 und Karte 2.

Neupert, Anita / Theile, Erik [2002]: Karten und Kartenproduktion in der DDR. In: *Unverhau, Dagmar (Hrsg.):* Kartenverfälschung als Folge übergroßer Geheimhaltung? Eine Annäherung an das Thema Einflussnahme der Staatssicherheit auf das Kartenwesen der DDR. Referate der Tagung der BStU vom 8.-9. März 2001 in Berlin. Archiv zur DDR-Staatssicherheit, Band 5, LIT Verlag, Münster, S. 27-49.
ISBN 3-8258-5964-9

Sandner, Eberhard / Kurze, Jutta [2002]: Kartenverfälschung bei der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung. In: *Unverhau, Dagmar (Hrsg.)*: Kartenverfälschung als Folge übergroßer Geheimhaltung? Eine Annäherung an das Thema Einflussnahme der Staatssicherheit auf das Kartenwesen der DDR. Referate der Tagung der BStU vom 8.-9. März 2001 in Berlin. Archiv zur DDR-Staatssicherheit, Band 5, LIT Verlag, Münster, S. 143-155.
ISBN 3-8258-5964-9

Scheel, Günter / Mohr, Gerhard [1978]: Die Entwicklung der Deutschen Landesvermessung mit den wichtigsten Daten aus den geodätischen Nachbarbereichen und Fachinstitutionen. Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden, 149 S.

Stavenhagen, Wilhelm [1900]: Die geschichtliche Entwicklung des preußischen Militärkartenwesens. In: Geographische Zeitschrift, 6. Jhrg., Heft 8, Stuttgart, S. 435-565.
ISSN 0016-7479

Torge, Wolfgang [2007]: Geschichte der Geodäsie in Deutschland. 1. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin / New York, 379 S.
ISBN 978-3-11-019056-4

Treitschke, Curt [1921]: Die Landesaufnahme Sachsen von 1780 bis 1921. In: *Praesent, Hans (Hrsg.):* Beiträge zur deutschen Kartographie; den Mitgliedern des 20. Deutschen Geographentages in Leipzig 17. bis 19. Mai 1921 gewidmet von der Deutschen Bücherei anlässlich der in ihren Räumen veranstalteten Kartenausstellung. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, S. 47-60.

Unverhau, Dagmar [2002]: Kartenverfälschung als Folge übergroßer Geheimhaltung? Eine Annäherung an das Thema Einflussnahme der Staatssicherheit auf das Kartenwesen der DDR. Referate der Tagung der BStU vom 8.-9. März 2001 in Berlin. Archiv zur DDR-Staatssicherheit, Band 5, LIT Verlag, Münster, 313 S.
ISBN 3-8258-5964-9

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Rudolf Hafeneder, Oberst a.D.
Fahrenheitstr. 46, D-53125 Bonn
E-Mail: hafeneder@t-online.de
Web: http://www.rudolf-hafeneder.de

Günter Hell

Interaktive Präsentationsformen von 3D-Visualisierungen in Echtzeit

Zusammenfassung

3D-Visualisierungen sind mittlerweile in vielen Bereichen häufig benutzte Darstellungsformen. Für die Akzeptanz der Modellierungen durch den jeweiligen Nutzer ist es wichtig, die Präsentationsform auf seine spezifischen Bedürfnisse hin anzupassen. In diesem Artikel werden Formen der interaktiven Darstellung unter Echtzeitbedingungen erläutert. Am Beispiel des Projektes „Durlach" werden zwei Möglichkeiten beschrieben, solche Umgebungen aufzubauen. Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Stadt Karlsruhe (Pfinzgau Museum und Liegenschaftsamt) realisiert.

Summary

Meanwhile 3D-Visualizations are common forms of presentation in many fields. Users benefit from a specific adaptation of the presentation on their specific needs. This is an important factor for their acceptance of the modelings. This article explains modes of interactive presentation under real-time conditions. Two different possibilities to construct this kind of surroundings are described referring to the Durlach project, which was realized in cooperation with the local administration of the City of Karlsruhe.

1. Einleitung

3D-Visualisierungen sind heute in vielen Bereichen weit verbreitet. Es seien hier nur beispielhaft genannt: 3D-Stadtmodelle, Dokumentation und Rekonstruktion von Bauwerken aus Archäologie und Bauforschung, Planungsuntersuchungen im Hinblick auf großräumige als auch Detailplanungen, Simulationen unterschiedlichster Art (Hochwasser, Fahr- und Flugsimulatoren, …) und vieles andere mehr. Der Erfolg einer 3D-Visualisierung ist neben der geometrischen Auflösung und graphischen Gestaltung (Level of Detail – LoD) der Szene immer abhängig von der entsprechenden anwendungsoptimierten Präsentationsform für den jeweiligen Nutzer.

Die Möglichkeiten der Präsentation sind von den Zielgruppen mit ihren unterschiedlichen Bedürfnissen, Vorkenntnissen und Vorlieben des Handlings abhängig. Als Beispiele für das mögliche „Publikum" seien genannt:

- Fachleute (z. B. Aufbereitung umfangreicher Messungen),
- breites Publikum (z. B. in populärwissenschaftlichen archäologischen Sendungen im Fernsehen bei der Rekonstruktion antiker Gebäude/Siedlungen),
- Laien (z. B. Erläuterung von komplizierten Sachverhalten anhand von Simulationen),
- Entscheidungsträger (z. B. Entscheidungsgrundlage wie Bebauungsplan oder Gebäudegestaltung hinsichtlich einer bestehenden Umgebung),
- … .

Aus diesen sehr differenzierten Ansprüchen ergibt sich als Folgerung, dass es keine allgemeingültige Präsentation für alle Zwecke gibt. Sie muss entsprechend den Bedürfnissen der jeweiligen Nutzer aufbereitet sein, um den größtmöglichen Nutzen zu erreichen.

Klassische Aufbereitungen in Form von Postern, Animationsfilmen, aber auch echte Stereodarstellung in statischer und dynamischer Form mit entsprechender Betrachtung sind für PC-basierte Darstellung als auch für PC-unabhängige Darstellung mögliche und gängige Präsentationsformen. Diese können entweder direkt aus den jeweiligen Erstellungsprogrammen (CAD- oder Animationsprogramme) oder nach Videoschnitt mit entsprechender Aufbereitung auch mit Ton erstellt werden.

In vielen Fällen ist jedoch gefordert, dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, selbst im Modell zu navigieren. Hier ist vor allem Interaktion hinsichtlich

- der eigenen Sichtweise im Modell,
- der beliebigen Gegenüberstellung von Zeitschnitten,
- der Nutzung von Zusatzinformationen

gefordert.

Da es für den Ersteller einer Präsentation nicht immer klar ist, was der Nutzer/Betrachter in welchem Blickwinkel sehen will, ist eine freie Navigation im Modell in vielen Fällen die geeignete Präsentationsform. Der zeitliche Ablauf ist insofern von Bedeutung, da es gerade bei räumlich oszillierenden Gebieten zu Überlagerungen kommt und diese nur schwer in statischen Darstellungen zu vermitteln sind und auch nicht vorhergesehen werden kann, welche Gegenüberstellungen von Interesse sind.

Dabei möchte man beliebige Zeitschnitte gegeneinander stellen und nicht nur den gesamten Ablauf betrachten. Was die Zusatzinformationen betrifft, ist hier an die Forderung gedacht, zu bestimmten Sachverhalten Detailinformation/-erläuterungen einzubringen.

2. Software

Die gestellte Aufgabe einer Echtzeitumgebung ist dem der weit verbreiteten populären Computerspielen nicht unähnlich. Der wichtigste Unterschied besteht allerdings darin, dass hier nicht *Phantasieumgebungen* präsentiert werden, sondern geocodierte, reale Gelände-, Gebäude- und Vegetationsdaten dargestellt werden sollen. Mit Hilfe solcher Software-Produkte erstellte Anwendungen werden auch als sogenannte *Serious Games* bezeichnet. Hierunter versteht man Anwendungen, die Elemente von Unterhaltungsspielen zum Zwecke der Informationsvermittlung nutzen – vgl. *Wikipedia [2011a]*.

Eine Evaluierung von brauchbarer Software für Zwecke der 3D-Echtzeitdarstellung von realen Geodaten im Planungsbereich wurde von *Schork [2010]* im Rahmen einer Bachelorthesis ausgeführt. Nach einer ersten Übersicht wurden hier aus einer Reihe von über 20 potentiell geeigneten Programmen vier für eine intensivere Untersuchung ausgewählt. Als erste Auswahlkriterien waren hier ausschlaggebend:

- Datenimportformate für Geodaten (GIS, CAD, 3D-Modelle von Gebäuden),
- Lizenzmodelle für Viewer (keine Zusatzkosten für den Nutzer),
- Erlernbarkeit (Unterlagen, Tutorien, Internetcommunity).

In die eigentliche Untersuchung einbezogen und detailliert unter die Lupe genommen wurden:

- *LandXplorer*[1] von *Autodesk*®, San Rafael, USA,
- *CityScape*[2] von *PixelActive*, Carlsbad, USA,
- *LandSIM3D*® von *Bionatics*, Saint-Clément-de-Rivière, Frankreich,
- *Biosphere 3D*, ein Open Source Programm von *Zuse Institut Berlin* und *Lenné3D GmbH*, Hamburg.

Anhand eines detaillierten Anforderungskataloges wurden für ein Testgebiet von 20 km x 20 km das Handling von Grundlagendaten wie trianguliertes Netz als Geländemodell, Luftbilder, Höhenlinien, 3D-Model von Bauwerken und diverse Zusatzinformation untersucht. Dabei darf nicht vergessen werden, dass diese Daten aus unterschiedlichen Fachrichtungen kommen und daher auch meist in verschiedenen Programmsystemen in verschiedenen Formaten erstellt wurden. Weiter wurden in die Bewertung mit einbezogen der Punkt *„Bedienung/Navigation/Menü“* und für die Gestaltung der Szene der Aspekt der Atmosphäreneffekte. Für die Nutzung der erstellten Szenen waren noch Gesichtspunkte wie Datenexport sowie die Weitergabe zu den Anwendern von Bedeutung.

Es hat sich herausgestellt, dass derzeit noch keines der untersuchten Programme all die in diesem Aufgabenkatalog gestellten Anforderungen für die 3D-Echtzeitvisualisierung für Planungszwecke zur Zufriedenheit erfüllt. Schaut man sich die Preise der kommerziellen Produkte an, so ist fraglich, ob dieser im Verhältnis zum Können der Programme steht, wie in der Abbildung 1 zusammengestellt wurde.

Eine andere Möglichkeit, Echtzeitanwendungen zu realisieren, sind die sogenannten Spieleengines. Dass solche Werkzeuge hervorragend geeignet sind, 3D-Echtzeitumgebungen zu realisieren, beweisen die vielen Computerspiele mit den zahlreichen Interaktionsmöglichkeiten bei immer besser werdender Graphik.

„Eine Spiel-Engine (vom Englischen Game Engine, ausgesprochen [ˈgeɪmˌɛndʒɪn]) ist eine spezielle Laufzeitumgebung, welche den Spielverlauf steuert und für die visuelle Darstellung des Spielablaufes verantwortlich ist. In der Regel werden derartige Plattformen auch als Entwicklungsumgebung genutzt und bringen dafür auch die nötigen Werkzeuge mit“ [Wikipedia, 2011b]. In solchen Programmen werden Basisfunktionalitäten wie Grafikdarstellung, physikalisch richtige Bewegungen, der Sound und die Steuerung bereit gestellt. Darüber hinaus sind noch Dinge wie Zustandsspeicherung, Navigation, Datenverwaltung, Netzwerkanbindung von Bedeutung. Hinsichtlich des Handlings muss es noch eine Möglichkeit geben, die Engine so zu programmieren, dass sie die gestellten Anforderungen erfüllt. Hierfür wird meist eine Scriptsprache zur Verfügung gestellt; auch reine Programmiersprachen kommen zum Einsatz.

Bei den Überlegungen welche Spiele-Engine für unsere Aufgaben verwendet werden soll, spielen verschiedene Gesichtspunkte eine Rolle. Geplant ist es, die noch vorzustellenden Visualisierungsprodukte (siehe 3.) im Pfinzgaumuseum (Durlach, Stadtteil von Karlsruhe) zu präsentieren. Damit fiel eines der kostenfreien Produkte schon durch das Raster. Das *Unreal Development Kit (UDK)* von *Epic Games*, Cary, USA, ist zwar als Programm kostenfrei, wird aber dann kostenpflichtig, wenn Ergebnisse kommerziell genutzt oder der Öffentlichkeit gegen Bezahlung gezeigt werden, was ja in einem Museum der Fall ist. Die Kosten hierfür sind im Vorfeld schlecht abzuschätzen und belasten jährlich den ohnehin geringen Etat des Museums.

[1] *LandXplorer* wird mittlerweile nicht mehr vertrieben. Seit 2012 gibt es das Nachfolgeprodukt *Infrastructur Modeler [Autodesk, 2012]*.

[2] Nach der Übernahme von *PixelActive* durch die Firma *NAVTEQ* 2010 steht diese Software nicht mehr zur Verfügung. Sie wurde von *NAVTEQ* in der Entwicklung der Programme *3D Junction Objects* und *3D City Models* eingesetzt *[Portal 21, 2010]*.

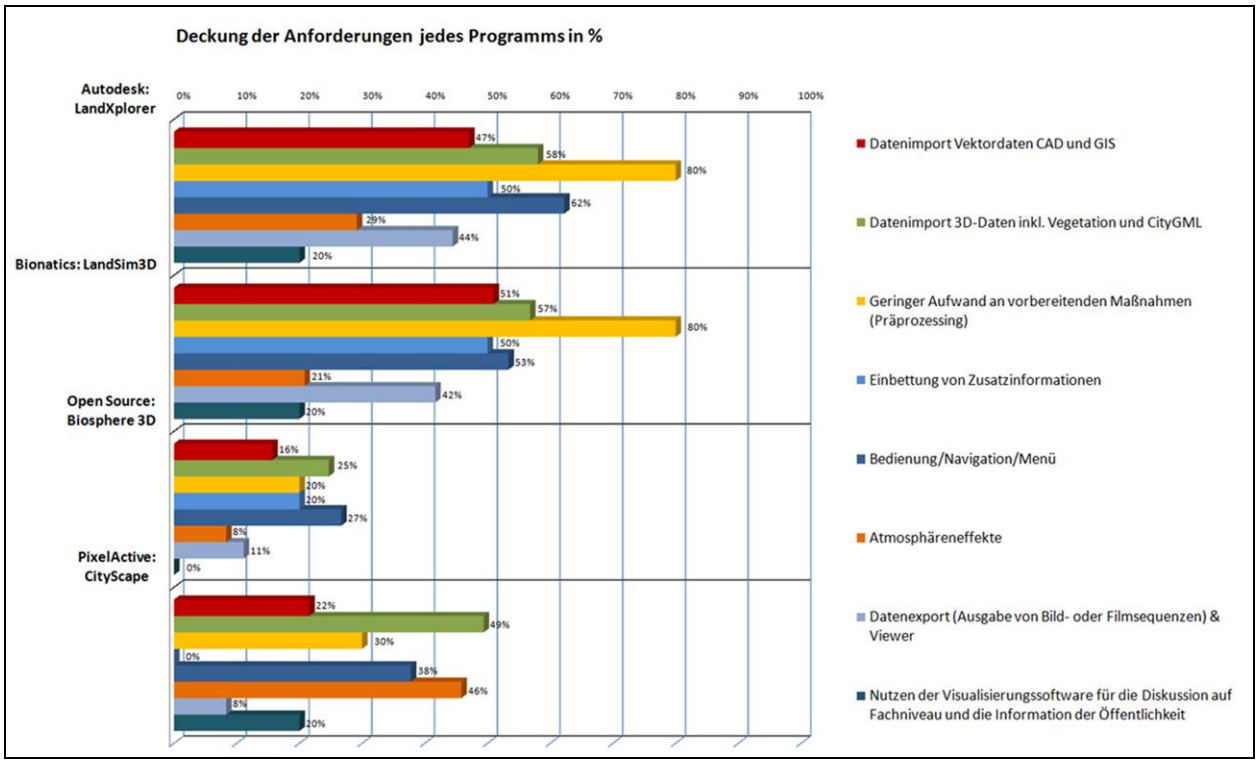


Abb. 1: *Erfüllung der Anforderungen in Prozent aus Schork [2010].*

Eine weitere mögliche Lösung ist das Programm *Unity* von *Unity Technologies*, San Francisco, USA. Dies ist kostenfrei hinsichtlich des Erwerbs des Grundpaketes und der weiteren Nutzung der erstellten Produkte. Bei diversen Gesprächen mit Nutzern stellte sich heraus, dass diese Engine für viele Zwecke sehr brauchbar ist, aber bei der Verarbeitung von größeren Geländemodellen Schwierigkeiten auftreten. Da in einem Projekt ein ganzer Stadtteil bearbeitet werden sollte, schied diese Engine für diesen Zweck aus, wurde allerdings für die Präsentation der Zeitschnitte der Durlacher Residenz benutzt, da es hier nicht primär um Geländedaten ging, sondern nur die unterschiedlichen Bauzustände visualisiert werden sollten.

Als letzte Engine wurde noch *Quest3D* von *Act-3D B.V.*, Leiden, Niederlande, untersucht. Hierfür liegen zum einen beim Liegenschaftsamt der Stadt Karlsruhe schon einige Erfahrungen vor und weiter gibt es vom Ingenieurbüro *Mach:idee*, mit dessen Geschäftsführer RÜDIGER MACH wir diverse andere Projekte durchgeführt haben, eine Anwendung zur Simulation eines Deichbruches am Rhein *[Mach, 2010]* schon ein vergleichbares Produkt. Diese Hintergründe gaben dann den Ausschlag, für den größeren Bereich Durlach diese Engine – zu einem geringen Betrag, also nicht ganz kostenfrei, – zu erwerben.

3. Beispiele Durlach

In Zusammenarbeit mit dem Pfinzgaumuseum in Karlsruhe-Durlach wurden auf Grundlage der Arbeit *Bachmann [2000]* die Erkenntnisse zur Entwicklung der Residenzanlange in Durlach als 3D-Modelle erstellt. Der heutige Zustand (1990) wurde von *Heneka [2010]* als LoD 3 Modell mit photorealistischen Texturen erstellt (Abb. 2).

Den in Abbildung 3 dargestellten maximalen Ausbauzustand von 1680 modellierte *Glötzl [2011]* im LoD 3 und bei den Baukörpern, bei denen nicht genügend Information vorlag, im LoD 2 als generisches Modell.

Ausgehend von diesen beiden Zeitschnitten wurden von *Scheu [2011]* die vorausgegangenen drei Phasen sowie die zwei Phasen nach dem Brand von 1689 bis zum Modell von *Heneka* aufgebaut. Eine weitere Abschlussarbeit an der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik, beschäftigte sich mit der Historie des Turmberges *[Giza, 2011]* und dabei wurden für die drei Bauzustände entsprechende 3D-Modelle erstellt. Der heutige Stand ist in Abbildung 4 gezeigt.

Zur Bearbeitung der in den Abschlussarbeiten geschaffenen 3D-Modelle und für weitere Visualisierungen im Bereich Durlach wurden dankenswerterweise vom Liegenschaftsamt der Stadt Karlsruhe zur Verfügung gestellt:

- Daten der ALK,
- digitales Orthophoto,
- digitales Geländemodell,
- 3D-Stadtmodell im LoD 2.

Die Daten wurden als Grundlage für die Georeferenzie-

Abb. 2: *Heutiger Zustand der Durlacher Residenz (Karlsburg) aus dem Modell von Heneka [2010].*

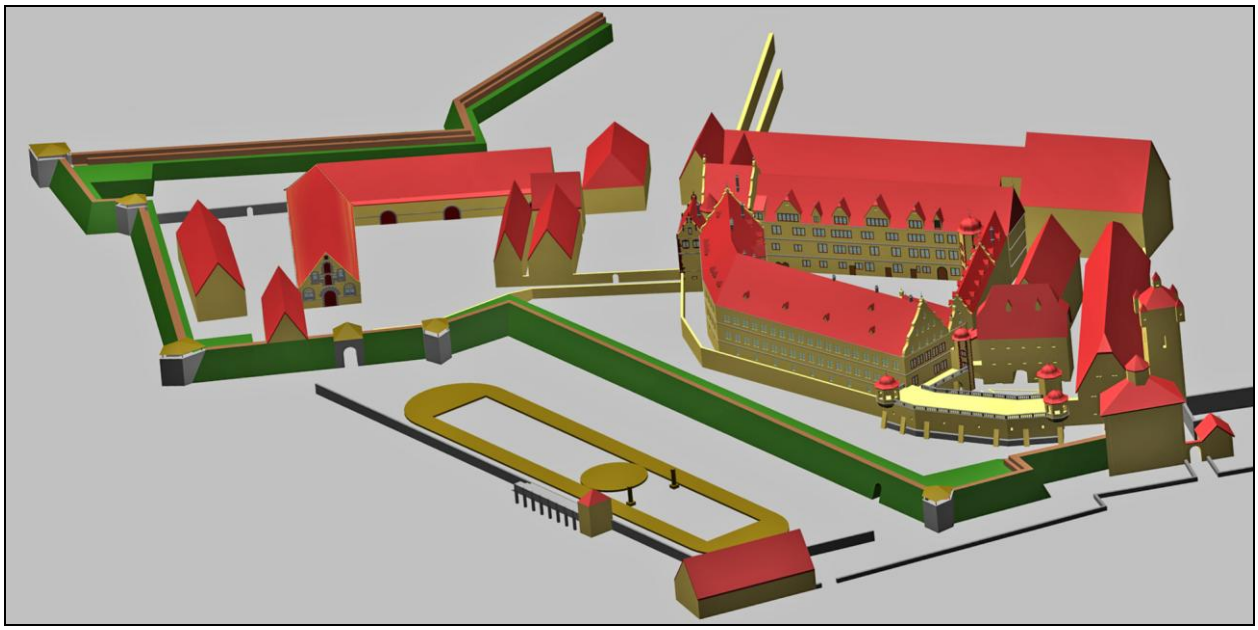


Abb. 3: *Maximale Ausdehnung der Durlacher Residenz aus dem Modell von Glötzl [2011].*

rung sowie als Umgebungsinformation zur Einbettung der Modelle in das städtische Umfeld genutzt.

3.1 Karlsburg Zeitstände

Um dem Besucher des Pfinzgaumuseums, das im verbliebenen Teil der Residenz untergebracht ist, eine Vorstellung von der Entwicklung des Baus zu ermöglichen, war das Ziel, dies in Form einer interaktiven Darstellung zu lösen. Hierbei sollte jeder dokumentierte Zustand einem beliebig anderen gegenübergestellt werden können. Im Rahmen der Überblendung der beiden Zeitstände sollte es möglich sein, den überblendeten Zustand frei zu navigieren (drehen, skalieren, verschieben). Weiter sollte als Ausgangs- bzw. Endzustand das jeweilige Modell im bestmöglichen LoD (meist LoD 3) erscheinen. Im eigentlichen Überblendteil würde diese hohe Detailiertheit zum einen den Betrachter beim Erkennen der entscheidenden Veränderungen visuell überfordern und zum anderen müssen in diesem Fall erhebliche Datenmengen bewegt werden. So wurden für den Überblendungsteil die Modelle in ihrem Detaillierungsgrad auf die prinzipiellen Baumassen reduziert, so dass die wichtigen Änderungen der Baukörper besser wahrgenommen werden können. Die gesamte Anwendung besteht aus zwei Teilen:

- Über eine Flashanwendung wird dem Benutzer die Möglichkeit gegeben, gegenüberzustellende Zustände auszuwählen und den Stand der eigentli-

Abb. 4: *Turmberg aus dem Modell von Giza [2011].*

chen Überblendung zu steuern.

- Innerhalb der *Unity*-Anwendung werden die Modelle visualisiert. Hier dient die Maus im *Unityplayer* als Navigationsinstrument, um den aktuellen Überblendzustand zu drehen, zu verschieben und zu skalieren.

Beides sind zwei unabhängige Programme, die eigentlich keine Kommunikationsschnittstelle haben. Da es sich aber bei beiden Programmen um Webtechnologien handelt, kann dieser Umstand ausgenützt werden, Daten zu übergeben. Beide Anwendungen laufen übereinander in einem Fenster, so dass der Eindruck entsteht, es handelt sich um eine Anwendung. Über einen *JavaScript Code* werden die Einstellungen hinsichtlich der ausgewählten Zeitstände und des aktuellen Überblendzustandes dem *Unityplayer* mitgeteilt. Dass auf dem Rechner der *Flashplayer* und der *Unityplayer* installiert sein müssen, versteht sich von selbst, und man wird beim Nichtvorhandensein darauf aufmerksam gemacht und zur entsprechenden Webseite umgeleitet.

In der Abbildungsreihe 5a bis 5d sind die Ausgangssituation, zwei Zustände innerhalb des Überblendungsteiles und der Endzustand dokumentiert.

3.2 Historisches Durlach interaktiv

3.2.1 Zielsetzung und Konzept

Im Rahmen von Abschlussarbeiten wurden an der Hochschule Karlsruhe wie unter 3. erwähnt einige historische Gebäude im aktuellen als auch in früheren Zuständen als 3D-Modell erstellt. Es wurde eine Anwendung für das Museum gesucht, um all die Ergebnisse unter einer gemeinsamen Echtzeitoberfläche präsentieren zu können. Dabei sollte der Nutzer die Möglichkeit haben, sich die Objekte aus den vielen aufbereiteten Modellen heraus zu suchen, die ihn interessieren. Aus den bereits erläuterten Gründen fiel die Wahl zur Erstellung einer Realtimeoberfläche auf die Spieleengine *Quest3D*. Es sollte hier als Übersichtsbereich das historisch interessante Gebiet von Durlach (ca. 70 ha) gezeigt werden. Die Anwendung wurde im Rahmen einer Bachelorthesis von *M. Kuch [2011]* erstellt.

3.2.2 Grundlagen und deren Aufbereitung

Eine Übersicht des notwendigen Arbeitsablaufes gibt Abbildung 6. Auf einige der Arbeitsschritte soll kurz eingegangen werden.

Für die Geländebedeckung des DGMs wurde eine eigene Auswertung auf der Basis von Orthophotos entwickelt, da zum einen das originale Orthophoto zu detailreich und eine bildhafte Darstellung war, zum anderen waren die Daten der ALK als Flächeninformation zu feingliedrig und meist nur als Linien vorhanden. Um die Anwendung langfristig optimieren zu können (unterschiedliche LoDs entsprechend dem Betrachtungsabstand, Einfügen anderer Texturen, Erweiterung des Gebietes, …), wurde das Gelände in ca. 30 Kacheln zerlegt, die als intelligente Kacheln inklusive Bodentextur und Bruchkanten zur Verbesserung des DGMs aufbereitet wurden. Eine Verbesserung der Darstellung wurde

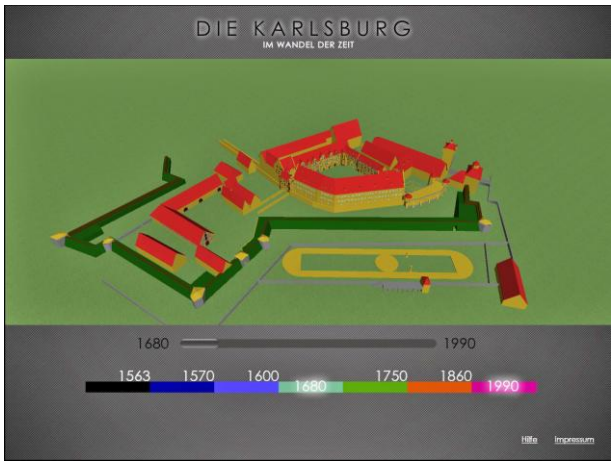


Abb. 5a: *Auswahl der zu gegenüberstellenden Zustände (Ausgangszustand); gewählte Zustände leuchtend.*

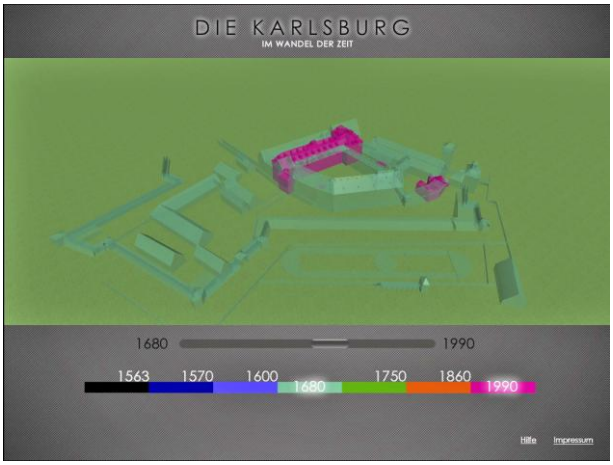


Abb. 5b: *Überblendung 1.*

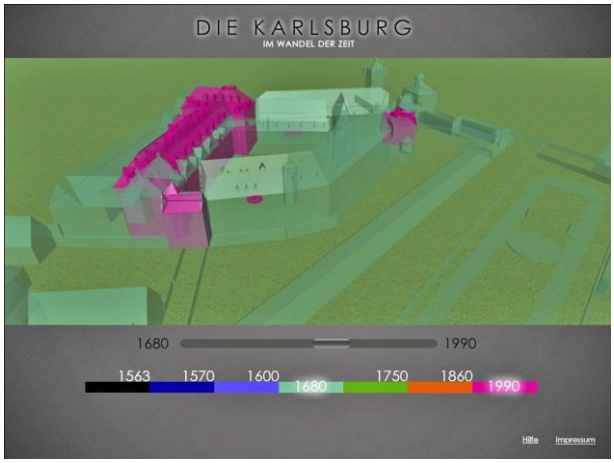


Abb. 5c: *Bewegter Überblendungszustand.*

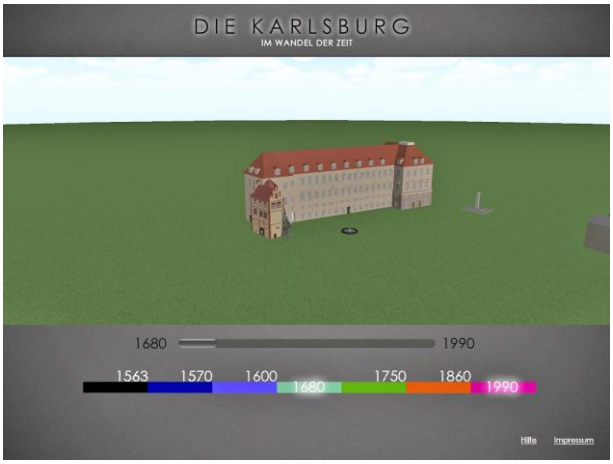


Abb. 5d: *Endzustand.*

durch Glätten des DGMs erreicht. Die Gebäude wurden aus dem Stadtmodell des Liegenschaftsamtes abgeleitet und in Kacheln entsprechend der Geländekacheln zerlegt.

Als Points of Interest (PoI) wurden die im Flyer *[Stadt Karlsruhe, 2008]* des Pfinzgaumuseums aufgezählten Sehenswürdigkeiten in Gruppen (Mittelalter, Wasser, Sehenswürdigkeiten, Industrie) aufgenommen. Für alle diese PoIs wurden Platzhalter definiert und mit der Information des Flyers in einem einheitlichen Format dargestellt. Bei der Karlsburg (sieben Zeitschnitte und zwei Filme) und dem Turmberg (drei Zeitpunkte und drei Filme) wurden diese wie unter 3.2.3 beschrieben in die Anwendung eingebracht. Aufgrund der Datenmengen bei der originalen Texturierung des modernen Karlsburg- und Turmbergmodelles mussten die beiden Objekte etwas vereinfacht werden. Das gleiche gilt auch für den maximalen Ausbauzustand der Residenz, die als *3D-Studio MAX-Datei* über 280 MB groß ist. *3D-Studio MAX* – heute *3ds Max* von *Autodesk*® – ist ein gängiges Programm zur Erstellung von 3D-Animationen und wurde bei den hier eingebrachten 3D-Modellen als Konstruktions- und Animationsprogramm benutzt. Auch hier wurde auf das etwas vereinfachte Modell der Bauphasendarstellung (3.2.1) zurückgegriffen. Für das Turmbergmodell wurde statt der Phototexturen eine generische Farbdarstellung abgeleitet, die den Charakter des Modells möglichst gut wiedergibt. Um einen Eindruck des Baumbestandes zu vermitteln, wurden innerhalb von *Quest3D* an den notwendigen Stellen (generalisiert) diese in Form von Billboards realisiert. Die vorhandenen Filme der Residenz alt und neu sowie die Filme der Turmbergstadien wurden verbunden mit einer einheitlichen Komprimierung auf ein einheitliches Format gebracht, damit der Ressourcenverbrauch innerhalb von *Quest3D* möglichst gering bleibt und weiter mit dem internen Player von *Quest3D* gearbeitet werden kann.

3.2.3 Ergebnis

Anhand einiger Abbildungen soll nun das Ergebnis vorgestellt werden. Die Auflösung der Oberfläche wurde auf den im Museum vorhandenen Monitor (1680 x 1080 Pixel) angepasst. Nach Aufruf des Programms erscheint

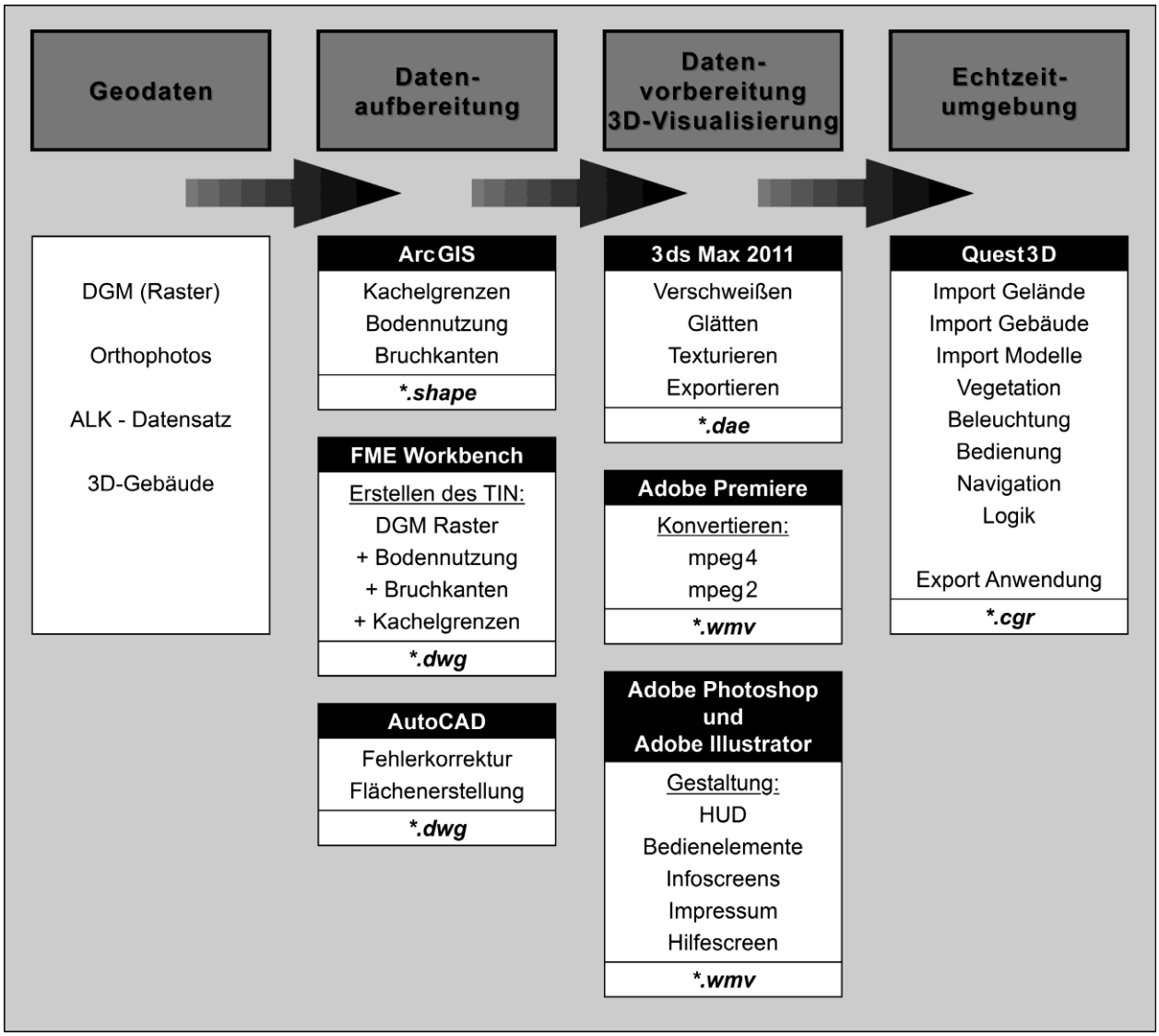


Abb. 6: *Arbeitsschritte zur Erstellung der Realtimeoberfläche in Quest3D nach Kuch [2011].*

das Startfenster (Abb. 7). In diesem sind an der rechten Seite die PoI hinsichtlich ihrer Themen charakterisiert.

Die Navigation innerhalb des Modells erfolgt mittels einer Viertastenmaus, deren Funktionen schematisch dargestellt sind. Damit man die Infofenster ruhig auswählen kann, gibt es mit der rechten Taste die Möglichkeit, den Navigationsmodus auszuschalten und die notwendigen Platzhalter für die weiteren Informationen anzuklicken. Ein kleine Hilfe, Navigationsgeschwindigkeit sowie das Impressum sind in der Kopfleiste als mögliche Menüpunkte ansteuerbar. Um einen Eindruck der Szene in Form einer historischen Karte bzw. einer aktuellen Orthophotoansicht (Stand 2008) zu gewinnen, gibt es die Möglichkeit, nur diese Bildinformationen auf das Geländemodell zu mappen und darin zu navigieren.

Durch Anklicken eines der Platzhalter in Form einer Stecknadel leuchtet dieser auf und je nach Hintergrundinformation gibt es dabei verschiedene Möglichkeiten. Bei Objekten, die nur durch die Information des Flyers des Karlsburgmuseums abgedeckt sind, erscheint diese in einem einheitlichen Format (Abb. 8).

Bei der Residenz und dem Turmberg kann an dieser Stelle ein beliebiger modellierten Zeitpunkt angewählt werden (Abb. 9), der dann bei der weiteren Erkundung des Modells angehalten wird.

Beim Vorliegen von Filmen erscheint in der Kopfleiste eine Kamera, bei deren Anklicken es möglich ist, einen der hinterlegten Filme aufzurufen, wobei auch hier beim Vorliegen mehrerer Filme eine Auswahl zur Verfügung steht. Der Film wird dann in einem Fenster in der Größe von 720 x 480 Pixel abgespielt. Damit bleiben die Navigationselemente der Oberfläche weiter zugänglich (Abb. 10). Beim Turmberg kann das Modell auch zusätzlich in einer Fußgängerperspektive erkundet werden.

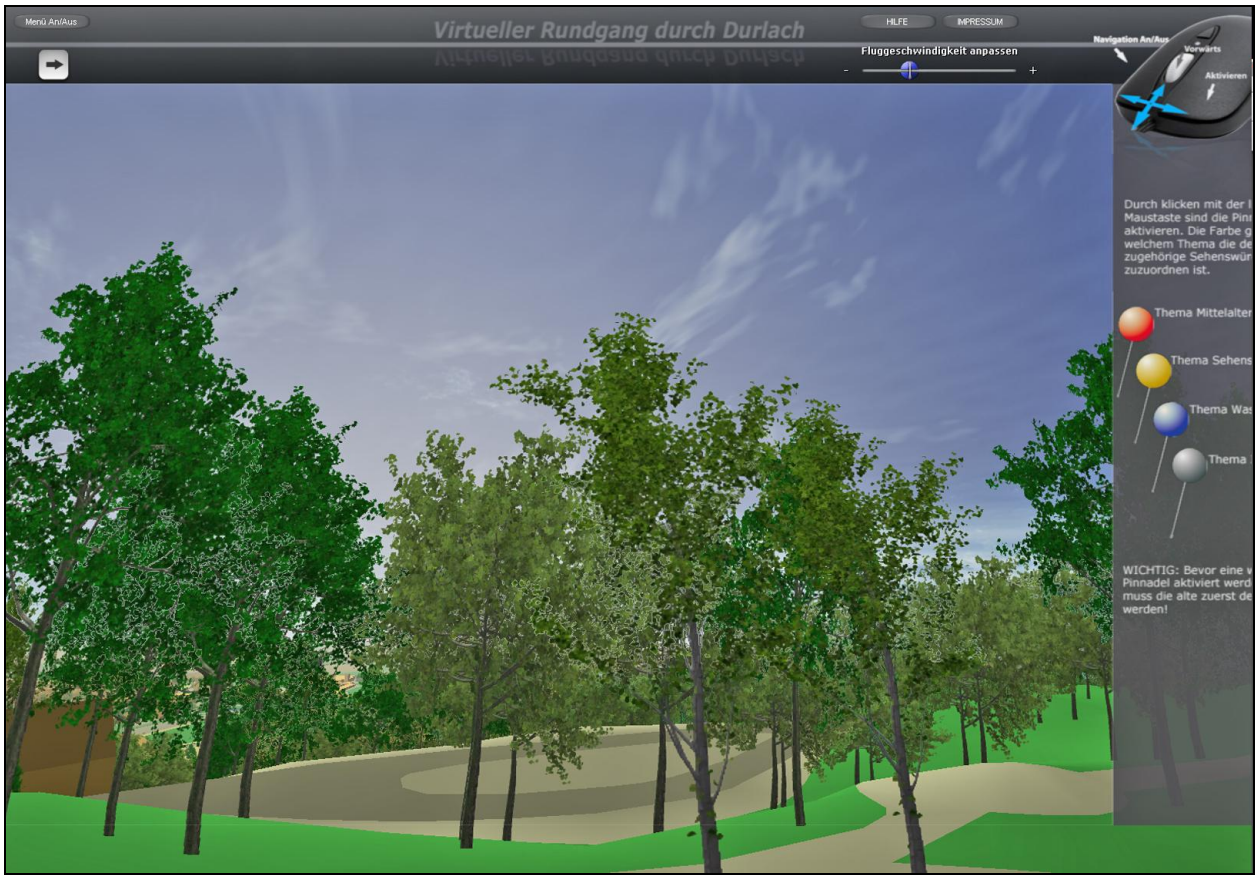


Abb. 7: *Startbildschirm.*

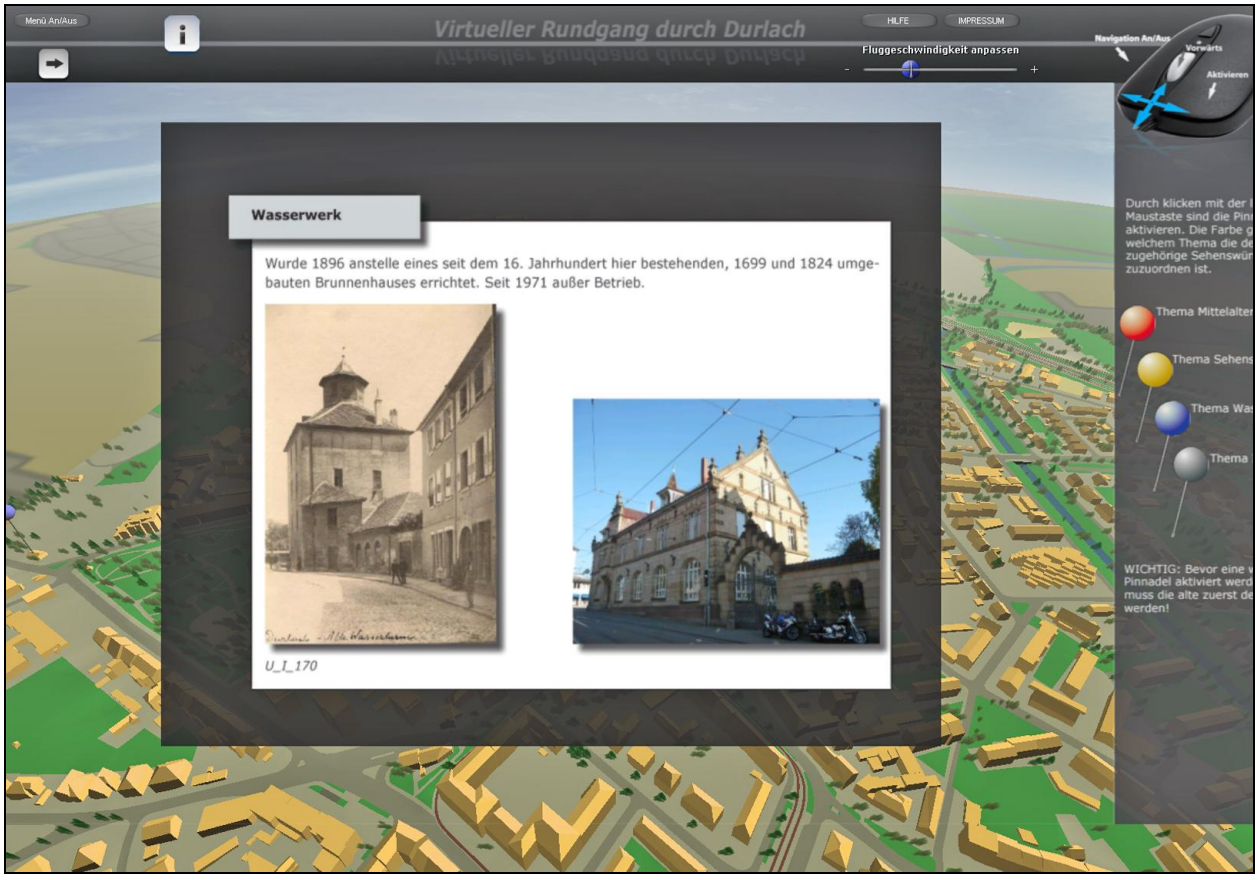


Abb. 8: *Informationsblatt der nicht modellierten Objekte.*

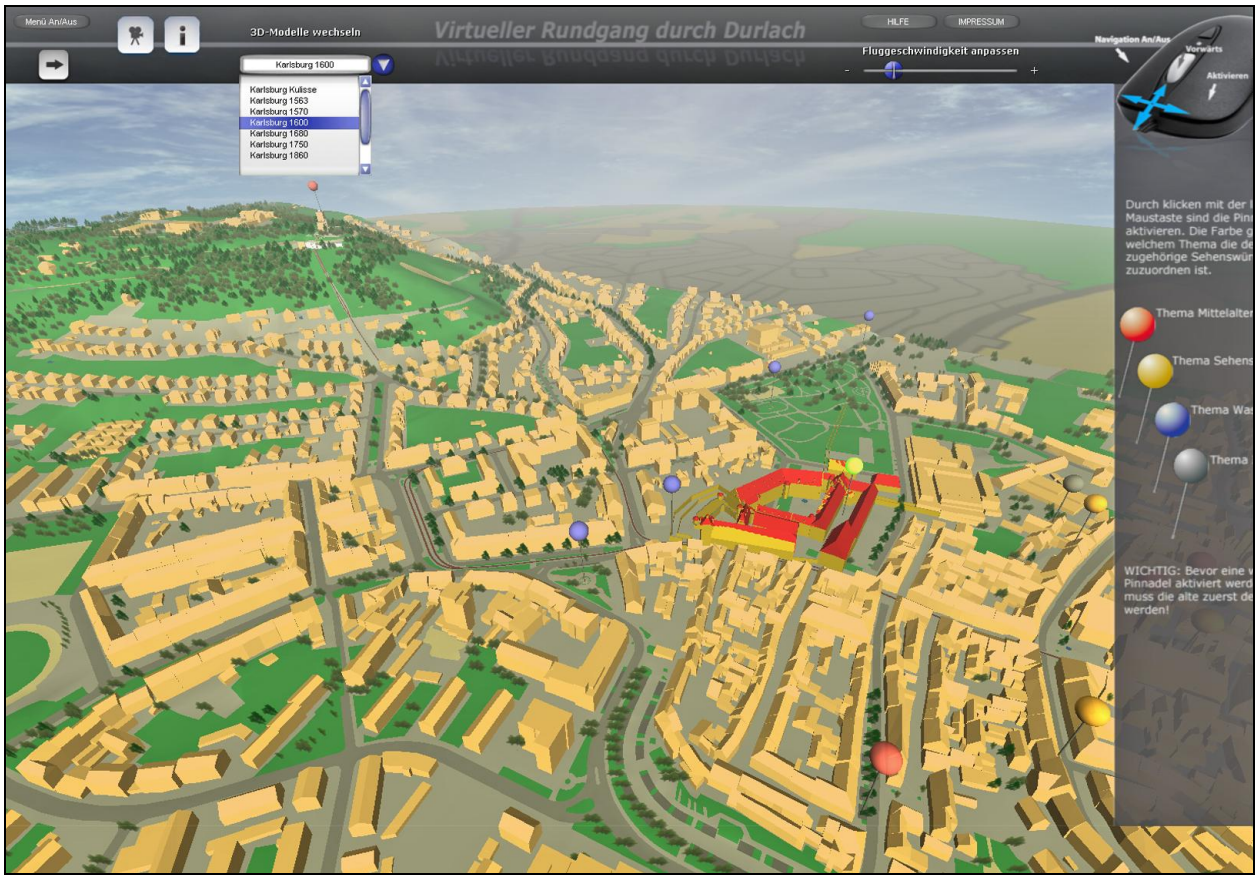


Abb. 9: *Auswahl und Darstellung eines Zeitschnittes der Karlsburg.*

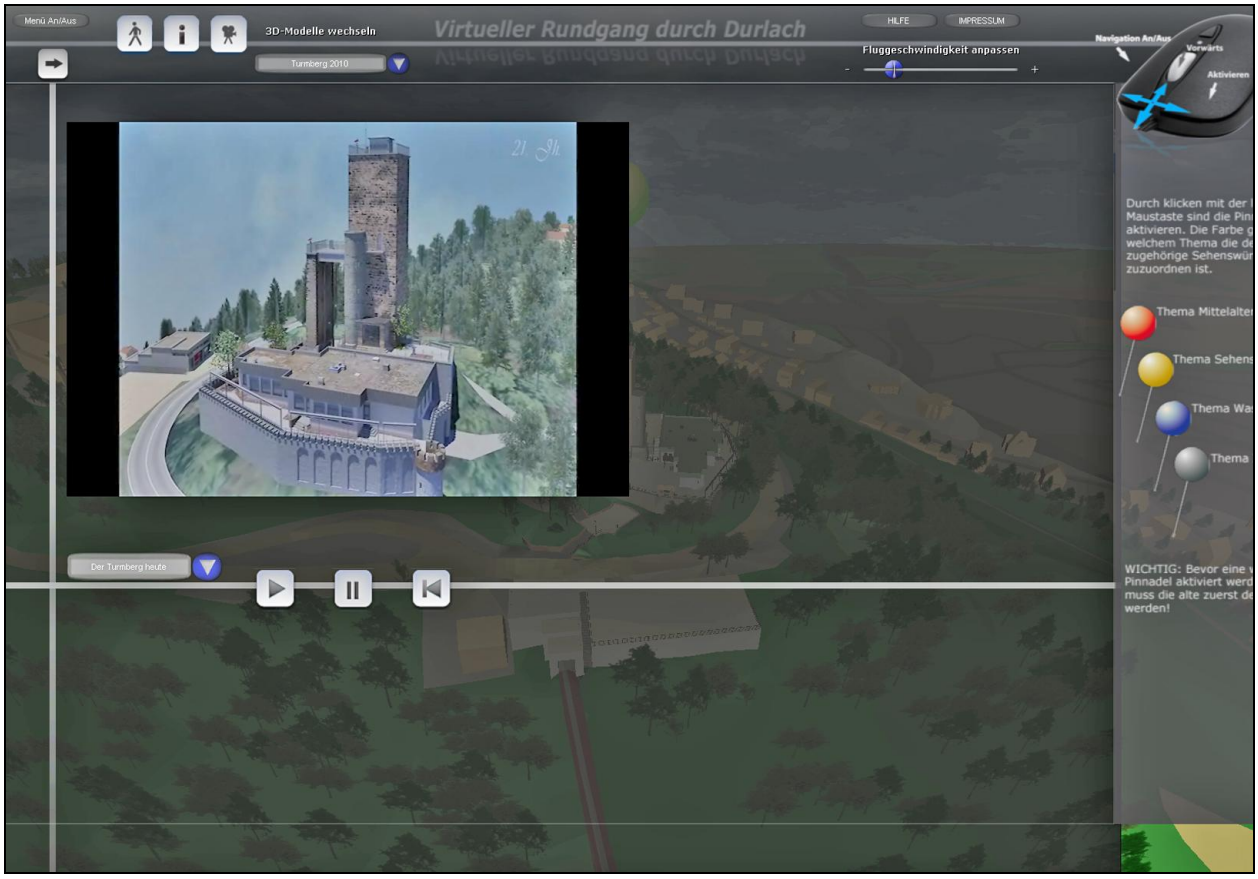


Abb. 10: *Auswahl und Darstellung eines Zeitschnittes der Karlsburg.*

4. Ausblick

Wenn man davon ausgeht was in den heutigen Computerspielen an ausgereifter Darstellung möglich ist, kann die vorliegende Anwendung sicher einen guten Anfang für das Museum darstellen. Nach den ersten Erfahrungen im täglichen Museumsbetrieb werden sich sicher noch notwendige Änderungen ergeben.

Vom Museum sind noch einige Erweiterungen geplant bzw. gewünscht:

- Langfristig sollen bei allen Objekten neben den reinen Infoblättern auch echte 3D-Modelle eingefügt werden.
- Einige Objekte werden noch in ihrer Detailliertheit der Darstellung verbessert.
- Denkbar ist eine Erweiterung hinsichtlich Objekte und des Gebietes.

5. Danksagung

Ich möchte mich bei all den in der Arbeit zitierten Diplomanden für die Geduld, die sie mit mir als Betreuer bei ihrer Abschlussarbeit hatten, ganz herzlich bedanken. Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. RÜDIGER MACH von der *Fa. Mach:Idee*, der mir viele Anregungen und Hinweise gab sowie bei diversen Abschlussarbeiten das Koreferat übernahm. Für die gute Zusammenarbeit mit der Stadt Karlsruhe mögen stellvertretend Frau Dr. ANKE MÜHRENBERG, Leiterin des *Pfinzgau Museums*, und Herr Dipl.-Ing. THOMAS HAUENSTEIN vom *Liegenschaftsamt* genannt sein.

6. Literatur und Quellen

Autodesk (Hrsg.) [2012]: Autodesk LandXplorer Products. Online-Publikation.
http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=12561246&siteID=123112
letzter Aufruf: 07.03.2012.

Bachmann, Martin [2000]: Die Karlsburg – Spuren der Residenzanlage im Durlacher Stadtgefüge. Materialien zu Bauforschung und Baugeschichte, Band 11. Institut für Baugeschichte der Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 268 S.
ISSN 0940-578X

Giza, Piotr [2011]: Aufarbeitung und 3D-Visualisierung der geschichtlichen Entwicklung des Turmberges. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Glötzl, Jan [2011]: Erstellung eines 3D-Modells der Karlsburg in Karlsruhe Durlach unter Berücksichtigung baugeschichtlicher Aspekte (Stand 1680). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Heneka, Franziska [2010]: Erstellung eines 3D-Modells der Karlsburg in Karlsruhe Durlach unter Berücksichtigung baugeschichtlicher Aspekte (Stand 1990). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Kuch, Michael [2011]: Integration von eigenständigen Projekten zur Baugeschichte von Durlach unter dem Dach einer interaktiven Echtzeitoberfläche (Quest 3D). Unveröffentlichte Bachelorthesis. Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Mach, Rüdiger [2010]: Serious Gaming? – Raising Awareness for Retention Measures and Flood Disasters. In: *Buhmann, Erich, Pietsch, Matthias, und Kretzler, Einar (Hrsg.):* Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture 2010 at Anhalt University of Applied Sciences. Wichmann Verlag, Berlin, S. 269-278.
ISBN 978-3-87907-491-4

Portal 21 (Hrsg.) [2010]: NAVTEQ übernimmt Pixel Active. E-AUTO-PORTAL. Online-News rund um E-Autos in Deutschland vom 17.11.2010. Online-Publikation.
http://www.e-mobility-21.de/nc/related-e-auto-news/kat/technik-produkte/artikel/46803-navteq-uebernimmt-pixelactive/187/
letzter Aufruf: 07.03.2012.

Scheu, Na Rae Elisa [2011]: Interaktive 3D-Echtzeit Visualisierung von Veränderungen an Gebäudeensembles, gezeigt am Beispiel der Karlsburg in Durlach. Unveröffentlichte Bachelorthesis, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Schork, Maximilian [2010]: Evaluierung 3D Echtzeitsoftware – Werkzeuge für Planungszwecke unter die Lupe genommen –. Unveröffentlichte Bachelorthesis. Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Fakultät Geomatik.

Stadt Karlsruhe (Hrsg.) [2008]: Historische Rundgänge durch Durlach. Herausgegeben vom Stadtamt Durlach der Stadt Karlsruhe.

Wikipedia (Hrsg.) [2011a]: Serious Game. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Serious_Game
letzter Aufruf: 11.04.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2011b]: Spiel-Engine. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Spiel-Engine
letzter Aufruf: 21.04.2011.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr.-Ing. Günter Hell
Steinhofstr. 24, D-76228 Karlsruhe
E-Mail: g.hell@freenet.de

Otto Heunecke

Raum- und zeitkontinuierliche Ansätze zur messtechnischen Erfassung von Deformationsprozessen

Zusammenfassung

Die originäre Aufgabe geodätischer Überwachungsmessungen liegt in der Erfassung von Deformationen eines Messobjektes und erfordert somit Aussagen zu seinem Verhalten im Raum und in der Zeit. Während mit Hilfe automatisierter Messverfahren eine zeitlich verdichtete Erfassung seit vielen Jahren Stand der Technik ist, gelingt es dank neuer Messtechniken und -verfahren nunmehr auch räumlich verdichtete Informationen hoher Qualität effizient zu gewinnen. Diese Entwicklungen führen zu durchgreifenden Änderungen in der Konzeption, der Art und Weise der Datengewinnung und den Möglichkeiten zur Ableitung und Vorhaltung von Ergebnissen bei geodätischen Überwachungsmessungen. Kombiniert man die heutigen mess- und auswertetechnischen Möglichkeiten gleichermaßen unter Nutzung von Komplementaritäten und Redundanzen, ergeben sich bisher nicht gekannte Perspektiven für ein Multiskalen-Monitoring.

Summary

The determination of deformations of an object with respect to space and time is the essential task of geodetic monitoring. While the condensed registration in time is state of the art for many years due to automated measuring methods, recently enabled by new measuring techniques and procedures also spatially condensed information clustering of high quality is efficiently possible. These developments lead to drastic consequences in planning, the way of data acquisition and the possibilities of obtaining results at geodetic monitoring applications. By combining the today's measuring and evaluation techniques to benefit from complementarities as well as redundancies, promising perspectives not known before will emerge for multi scale monitoring.

1. Einleitung

Aufgabe der Ingenieurgeodäsie ist die Gewinnung, die Vorhaltung und anhand von Qualitätskriterien die Bewertung relevanter geometrischer und – zumindest ergänzend – semantischer Informationen über technische Objekte wie Ingenieurbauwerke und größere Maschinenanlagen sowie natürliche Objekte, etwa Rutschhänge. Somit besteht die Aufgabe in der Anwendung (ingenieur) geodätischer Mess- und Auswertemethoden auf die Realisierung und Kontrolle von Objekten einschließlich deren Umgebungsbereiche *[vgl. Heunecke/Niemeier, 2004]*. Dabei ergibt sich nicht erst seit jüngster Zeit, jedoch zunehmend gefordert und verstärkt durch neue technische Möglichkeiten, bei vielen Aufgabenstellungen ein fließender Übergang zwischen den drei klassischen Aufgabenbereichen der Aufnahme, Absteckung und Überwachung.

Aufnahme heißt eine Zustandsbeschreibung und geometrische Qualitätskontrolle zu ausgewählten Zeitpunkten, z. B. zur Dokumentation einzelner Projektphasen. Absteckung ist die Übertragung einer Projektierung in die Örtlichkeit, was für die Ingenieurgeodäsie zunächst ein Alleinstellungsmerkmal darstellt und bei automatisierter und prozessbegleitender Erweiterung unmittelbar in Steuerungs- und Regelungsaufgaben mündet, etwa bei der Baumaschinensteuerung oder bei Steuerleitsystemen im maschinellen Tunnelbau. Überwachung schließlich steht für die Bestimmung des Bewegungs- und Verformungsverhaltens des jeweils betrachteten Objektes. Gerade im Bereich der Überwachung ist eine stringente Abgrenzung von Kompetenzen, Aufgaben und Zuständigkeiten gegenüber der Bau- und Geomesstechnik *[u. a. Verein Deutscher Ingenieure, 2003; Thut, 2008]* und auch anderen Bereichen innerhalb der Geodäsie, z. B. der Photogrammetrie, weder möglich noch zweckmäßig.

Die immer anwendungsbezogen zu sehenden Aufgabenstellungen der Ingenieurgeodäsie, die im Genauigkeitsspektrum zwischen Millimeter und Dezimeter und hinsichtlich der Objektgrößen von Meter bis einige Kilometer variieren, erfordern geeignet zu planende und durchzuführende Messungen auf unterschiedlichen Zeitskalen sowie – zumindest prinzipiell, zumeist explizit – die Berücksichtigung des Refraktions- und des Schwerefeldes. Letzteres immanent gegeben allein durch die Wahl eines krummlinig-orthogonalen Koordinatensystems und beim Zusammenführen verschiedenartiger Messgrößen mit ihren jeweiligen physikalischen Dependenzen.

Mitunter wird der Ingenieurgeodäsie vorgehalten, sie definiere sich lediglich über ihre Aufgaben und Anwendungen im interdisziplinären Umfeld, nicht aber über eine eigene Methodik; sie sei also lediglich eine Dienst- und Sachverständigenleistung ohne wissen-

schaftlichen Anspruch. Jede Ingenieurvermessung ist vor allem dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage einer in der Praxis zunächst oft mehr oder weniger unvollständigen Beschreibung der gestellten Aufgabe ein zielgerichtetes mess- und auswertetechnisches Lösungskonzept zu entwerfen ist, was die sachgerechte Ausführung sicherstellt. In der *„DIN 18710 Ingenieurvermessung – Teile 1-4" [Deutsches Institut für Normung (DIN), 2010b-e, 2011]*, findet sich hierfür die Bezeichnung Messprogramm mit geforderten Aussagen insbesondere zur Genauigkeit, Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Vermessungsergebnisse. Bei der Vielfalt der verfügbaren Instrumente und Sensoren sowie der Art und Weise ihres Einsatzes sind immer konkurrierende Lösungskonzepte gegeneinander abzuwägen, im Speziellen auch was Aufwand und Kosten, d. h. die Wirtschaftlichkeit betrifft. Es gilt, unter Beachtung sämtlicher Rand- und Rahmenbedingungen ein Optimum zu finden *[vgl. Staiger, 2009]*.

Somit ist die Aufstellung eines Messprogrammes grundsätzlich als eine geistig schöpferische Leistung zu betrachten *[Heunecke, 2009]*. Nach *Vavrovsky [2002]* sind geistig-schöpferische (Dienst)Leistungen dadurch charakterisiert, dass ihr wesentlicher Inhalt in der Lösung einer Aufgabenstellung durch Erbringung geistiger Arbeit besteht. Für derartige Leistungen ist ihrer Art nach zwar eine Aufgabenbeschreibung, nicht jedoch eine vorherige eindeutige und vollständige Beschreibung der Leistung möglich.

Unbestritten ist, dass bei Ingenieurvermessungen keine allein geodätischen Fragestellungen bearbeitet werden und die Motivation, sich mit neuen Themen und wissenschaftlichen Herausforderungen auseinander zu setzen, daher oft – aber nicht immer – von außen herangetragen wird. Nachfolgend soll unter Beschränkung auf den Bereich der Überwachung gezeigt werden, wie neue Möglichkeiten von Messtechnologien, der digitalen Kommunikation und des ubiquitären Computing dazu führen, dass sich ingenieurgeodätische Vorgehensweisen, d. h. die eigenen Mess- und Auswertemethoden, auch aus sich heraus weiterentwickeln, und welche neuen Möglichkeiten zur messtechnischen Erfassung von Deformationsvorgängen erwachsen. Wenn auch diese neuen Sachverhalte bereits in der Vergangenheit als Paradigmenwechsel[1] *[Heunecke/Niemeier, 2004; Brunner/Woschitz, 2011; Niemeier, 2011]* bezeichnet wurden, stehen die durchgreifenden Änderungen in der Konzeption, der Art und Weise der Datengewinnung und den Möglichkeiten zur Ableitung und Vorhaltung von Ergebnissen bei geodätischen Überwachungsmessungen erst noch bevor. Sie münden in den vielfältigen Möglichkeiten eines Multiskalen-Monitorings.

2. Geodätische Überwachungsmessungen

Geodätische Überwachungsmessungen werden eingesetzt bei den ein Bauvorhaben oder eine Umbaumaßnahme begleitenden Beweissicherungsmessungen, insbesondere beim innerstädtischen Tief- und Tunnelbau, im Rahmen der Beobachtungsmethode nach z. B. *„DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau" [Deutsches Institut für Normung (DIN), 2010a]*, die in den Fällen anzuwenden ist, in denen eine Vorhersage des Baugrundverhaltens allein aufgrund von Baugrunduntersuchungen und rechnerischen Nachweisen nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit möglich ist, als auch bei Belastungsversuchen, sowohl In-Situ als auch für Laborversuche an Bauteilen. Der Regelfall der Anwendung aber ist, dass geodätische Überwachungsmessungen in der Nutzungs- und Betriebsphase eines Bauwerkes oder einer Anlage und bei natürlichen Objekten wie Rutschhängen mit Schadenspotential auf Dauer, d. h. zumindest mittel- und meist sogar langfristig, ausgelegt werden und die eingesetzte Messtechnik dann auch unter schwierigen Umweltbedingungen sicher funktionieren muss.

Der primäre Inhalt von geodätischen Überwachungsmessungen besteht in dem Nachweis eines gegenüber den erwarteten Veränderungen abweichenden Verhaltens eines Objektes bzw., was für den Unterhaltsträger eines Bauwerkes oder einer Maschinenanlage i. d. R. der angenehme Fall ist, in der Bestätigung des prognostizierten und somit erwarteten Verhaltens. Erwartete Deformationen können zumindest näherungsweise mittels numerischer Modelle, insbesondere mit der Methode der finiten Elemente (Finite Element Method/FEM) bei als bekannt unterstellten konstitutiven Beziehungen in definierten Belastungssituationen berechnet werden[2]. Ein Sonderfall liegt vor, wenn für das zu untersuchende Objekt keine Veränderungen zu erwarten sind, was beispielsweise auf Fundamente und Widerlager zutrifft. Unabhängig von der Vielschichtigkeit der Aufgabenstellungen und ihren Ausgangshypothesen liegt einer (ingenieur)geodätischen Modellbildung zu Grunde, ein zu überwachendes Objekt durch eine genügende Anzahl repräsentativer Punkte zu abstrahieren, deren Veränderungen zueinander und möglichst auch in Bezug auf einen äußeren Referenzrahmen messtechnisch über der Zeit

[1] Paradigma: Wissenschaftliche Lehrmeinung; standardmäßige Herangehensweise, wenn man für eine gestellte Aufgabe eine Lösung mit den verfügbaren und beherrschbaren fachlichen Verfahren und Methoden beschreibt.

Paradigmenwechsel: Radikaler Bruch, bei dem sich die methodologischen Grundannahmen und die als verbindlich angesehenen Vorgehensweisen und Interpretationen verändern.

[2] Der ingenieurmäßige Grundgedanke der FEM ist das Zerlegen einer Struktur in ein Netz kleiner Bereiche, sogenannter finiter Elemente, innerhalb derer die Unbekannten der Problemstellung in einfacher Parameterdarstellung beschrieben werden können. Damit wird das Problem anstatt durch kontinuierliche Funktionen mit einer Vielzahl von Punkten beschrieben und aus den ursprünglichen Differenzialgleichungen werden lineare Gleichungssysteme. In einem anschließenden Rechengang werden die Einzelergebnisse für die Elemente fachwerkartig zum Gesamtergebnis zusammengeführt.

erfasst werden. Damit stellt sich bei einer Überwachung von Objekten die bisher allein auf wohldefinierte Punkte ausgerichtete Diskretisierungsaufgabe, siehe nachfolgende Tabelle.

Tabelle: *Diskretisierung im Geometrie- und Zeitbereich [vgl. Heunecke / Kuhlmann, 2002; Heunecke, 2011].*

	Objekt	**Modell**
Geometrie-bereich („Raum“)	Objekt stellt ein Kontinuum dar, gegebenenfalls zu separieren in unterschiedliche Teilbereiche.	Objekt wird über eine gewisse Anzahl charakteristischer Punkte beschrieben (Diskretisierung im Raum).
Zeit-bereich	Objekt befindet sich mehr oder weniger in ständiger Veränderung.	Objekt wird in gewissen Zeitabständen wiederkehrend beobachtet (Diskretisierung in der Zeit).

Während das Objekt selbst als Kontinuum gesehen werden darf, gegebenenfalls noch zu unterteilen in einzelne, zu unterscheidende Bereiche, welches sich in Folge innerer und äußerer Beanspruchungen mehr oder weniger in ständiger Veränderung befindet, ist für eine modellhafte Beschreibung des Objektes eine Abstrahierung in Raum und Zeit erforderlich. Werden dabei auch die einwirkenden Kräfte berücksichtigt, um das kausale Verhalten von Ursache und Wirkung analysieren zu können, spricht man von einem dynamischen System *[Welsch et al., 2000]*. Detailierungsgrad der realen Verhältnisse bestimmen Aufwand und Schwierigkeitsgrad bei der Modellierung, aber auch die Aussagekraft von Ergebnissen: Je wirklichkeitsnäher (und damit im Allgemeinen aufwändiger) ein Modell, desto höherwertiger die Aussagekraft. Eine solche Modellierung mitunter komplexer Zusammenhänge, die als nicht immer marginale Aufgabe auch die Fixierung eines zeitinvarianten Referenzsystems sowie die mögliche Kombination verschiedener Messverfahren einbezieht, ist eine *„kritische, aber gleichzeitig kreative Leistung des Ingenieurgeodäten“ [Brunner / Woschitz, 2011, S. 213];* sie verlangt geistig-schöpferische Arbeit, wenn basierend auf einer Aufgabenstellung mit Angaben zu den Zielen der Überwachungsmessungen unter Abwägung aller Rahmenbedingungen wie Aufwand und Kosten, örtlichen Gegebenheiten, Erfordernissen seitens der Messtechnik etc. ein optimiertes Konzept zu entwickeln ist. Von gewissen Vorkenntnissen, wo repräsentative Punkte anzulegen sind und zu welchen Zeitpunkten gemessen werden soll, ist dabei auszugehen. Sind diese Vorkenntnisse unvollständig oder gar falsch, kann das Konzept im Resultat nicht die gewünschten Aussagen liefern. Zumindest besteht eine Gefahr, dass sich in solchen Situationen die Planung als so nicht sinnvoll und zielführend herausstellt.

Ungeachtet dessen, dass die Registrierung von Messwerten bei automatisierten Messsystemen in einem vorzugebenden diskreten Abstand zwischen den Messungen, der Abtastrate Δt, erfolgt, wird von einer zeitkontinuierlichen Überwachung gesprochen, wenn eine möglichst lückenlose Erfassung der Objektveränderungen das Ziel ist. Diskontinuierliche und periodische Überwachungen sind Vermessungen, bei denen eine lückenlose Erfassung des Verlaufes der interessierenden Veränderungen nicht angestrebt wird und lediglich die Objektzustände zu wenigen ausgewählten Zeitpunkten dokumentiert und untereinander verglichen werden. Ein Monitoring, was sich als Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung von Prozessen und somit auch die von geometrischen Veränderungen bei technischen und natürlichen Objekten in Folge wirkender Kräfte etabliert hat, unterstellt im Allgemeinen eine in diesem Sinne zeitkontinuierliche Überwachung.

Zur weiteren Präzisierung des Begriffes Monitoring wird entsprechend einer Differenzierung von Überwachungsmessungen im Allgemeinen und Überwachungsvermessungen bzw. geodätischen Überwachungsmessungen im Speziellen oft von Geo-Monitoring und bezogen auf Bauwerke auch von Structural Health Monitoring (SHM) gesprochen. Ein wesentliches Ziel des Geo-Monitorings neben der Alarmierung, wenn bestimmte Schwellenwerte erreicht sind, besteht darin, in einen erfassten Prozess regelnd eingreifen zu können, sofern dieser nicht den gewünschten Verlauf nimmt. Überwachungsmessungen dienen folglich dem Erkennen, Bewerten und Vermeiden unerwünschter Ereignisse und sind damit essentieller Bestandteil eines Risikomanagements. Von Echtzeit-Systemen kann losgelöst von einer Definition mit einem absoluten Zeitbezug immer dann gesprochen werden, wenn die für eine Entscheidung relevanten Ergebnisse so zeitig vorliegen, dass eine adäquate Aktion eingeleitet werden kann, also ein Regeleingriff möglich ist. Dies kann grundsätzlich sowohl automatisiert mittels Schwellwertabfragen als auch durch einen Experten nach Interpretation ihm vorliegender Ergebnisse erfolgen. Bei einem Frühwarnsystem für Hangrutschungen beispielsweise besteht ein Regeleingriff in den geeigneten Maßnahmen zur Schadensminimierung, bei Bauwerken kann ggf. die Belastung gemindert werden, um die Stand- und Funktionssicherheit weiterhin gewährleisten zu können.

3. Geosensornetze

Ureigenes und traditionelles geodätisches Mittel zur Beobachtung eines Objektes ist die Anlage und Auswertung eines Überwachungsnetzes. Ein Überwachungsnetz ist eine Menge von vermarkten und mittels Messungen koordinierten Vermessungspunkten in einem einheit-

lichen Referenzsystem mit dem Ziel, aus wiederholten Messungen auf Verschiebungen der wohldefinierten und repräsentativ angelegten Netzpunkte zu schließen. Abstrahierung und Parametrisierung des Objektes sind durch die Anlage eines solchen Netzes unmittelbar vorgegeben, wobei sich die Koordinaten in den im Regelfall überbestimmten Konfigurationen erst aus der Auswertung originärer Messungen und Zusatzinformationen, etwa dem Anbringen von Kalibrierparametern, über funktionale Beziehungen ergeben. Ergänzend, weil bestimmte Messgrößen sonst nicht erfasst werden können, sind bei den meisten Überwachungsprojekten von je her lokale Messeinrichtungen vorgesehen, die häufig nur auf die Registrierung von relativen Geometrieänderungen ausgerichtet sind. Ein Nutzen von Redundanzen und Komplementaritäten ist folglich praktizierter Stand der Technik. Ausgehend von den erfassten Veränderungen an wenigen Punkten stellt sich das Generalisierungsproblem, wenn der Rückschluss auf das Verhalten als Kontinuum zu leisten ist. Nicht vorab bekannte und auch nicht anhand der Ergebnisse identifizierte Unstetigkeitsstellen in Raum und Zeit führen zwangsläufig zu Fehlinterpretationen bei derartigen Rückschlüssen.

War es zunächst nur gegeben, solche Netze händisch zu vermessen (während die lokalen Messeinrichtungen bereits seit spätestens der 1970er Jahre automatisiert betrieben werden konnten), wurde es mit dem Aufkommen von Robot-Tachymetern (in den 1980er Jahren) und ständig mit GNSS-Empfängern besetzten Stationen (in den 1990er Jahren) möglich, Permanentnetze einzurichten. Für die einzelnen Punkte des geodätischen Netzes entstehen dabei verdichtet über der Zeit Messreihen, die, wie auch die Messreihen der lokalen Messeinrichtungen, mit Hilfe der Methoden der Zeitreihenanalyse *[Welsch et al., 2000]* weitergehend untersucht werden können. Derartige permanent betriebene Überwachungsnetze erlauben rein beschreibend sowohl eine Betrachtung von Deformationen im Geometrie- als auch im Zeitbereich, mit der verbleibenden Einschränkung auf i. d. R. nur wenige ausgewählte Messpunkte. GNSS-Permanentnetze sind weltweit zum Beispiel insbesondere in tektonisch aktiven Gebieten angelegt.

Am Markt verfügbare geodätische Monitoringsysteme, die in der Anwendung letztlich solche Permanentnetze darstellen, erlauben neben Tachymetern und GNSS-Empfängern das Ansteuern unterschiedlicher weiterer Sensoren, z. B. Neigungsgeber, und bieten standardmäßige Möglichkeiten zur Auswertung der Messreihen an *[Stempfhuber, 2009]*. Kennzeichnend ist, dass größtenteils auch als eigenständige Instrumente zu verwendende Einheiten mittels einer digitalen, i. d. R. seriellen Schnittstelle mit einem Steuerrechner verbunden werden, bei geotechnischen Sensoren, z. B. Extensometern, unter Zwischenschaltung einer Loggingeinheit. Der Datenfluss von den Instrumenten bzw. Sensoren zu einem zentralen Rechner vor Ort erfolgt unter Nutzung gängiger Möglichkeiten der drahtgebundenen und drahtlosen Kommunikation, die Weiterleitung zu abgesetzten Rechnern für einen Fernzugriff auf das System zumeist über das Internet oder mittels Mobilfunk *[Pink, 2008; Lienhart/Merk, 2010]*. Erfolgt dies auf geplanten Kommunikationswegen, was gegenwärtig der Standard ist, kann bezüglich der Kommunikation auch von einem infrastrukturellen Netz gesprochen werden.

In einer weiter gefassten Sicht entsteht, wenn man die verwendeten Einheiten zur Datenerfassung als Sensorknoten betrachtet, ein Sensornetz. Ein Sensornetz besteht aus den vier Komponenten:

- Menge von automatisiert arbeitenden Sensoren, die in Sensorknoten integriert im Objekt- und Bezugsraum verteilt sind;
- verbindendes Kommunikationsnetzwerk (nicht notwendigerweise immer nur drahtlos, obwohl es die englische Bezeichnung Wireless Sensor Network (WSN) nahelegt);
- zentrale Station der Datenzusammenführung und -aufbereitung vor Ort, mitunter schlicht als Datensenke bezeichnet, sowie abgesetzte Rechner für einen Fernzugriff;
- geeignete Softwareprogramme für die weiterführende Auswertung und gegebenenfalls einzuleitende Reaktionen, z. B. Alarmgebung.

Sohraby et al. [2007] beschreiben ein Sensornetz wie folgt: *„WSNs are typically composed of a large number of low-cost, low-power, multifunctional wireless devices deployed over a geographical area in an ad hoc fashion and without careful planning“*. Gerade Eigenschaften wie miniaturisierte Bauweise, Ressourcenarmut bezüglich der Energie und Rechenleistung und geringe Stückkosten der Sensorknoten werden oft als kennzeichnend aufgeführt. Der Begriff eines „Netzes“ steht hier zunächst für die kommunikative Vernetzung, bei der aus Sicht der Informatik die Kommunikationswege Kanten darstellen und ihre Schnittpunkte (Sensor)Knoten bilden. Ad-hoc besagt, dass sich die kommunikative Vernetzung (insbesondere mittels WLAN, Bluetooth, ZigBee) nach Aktivieren der Sensorknoten eigenständig konfiguriert. Erfolgt dies auf sich selbst suchenden Pfaden, bei dem die Sensorknoten auch eine Routing-Funktion übernehmen können bzw. müssen, spricht man von einem multi-hop Ansatz. Ein Vorteil der dynamischen Routenwahl stellt die verbesserte Verfügbarkeit dar, wenn bei Ausfall eines als Relaisstation fungierenden Knotens die weiterzuleitenden Daten auf alternativen Pfaden an die Zentrale gesendet werden. Im Ergebnis wird eine große Flexibilität und Einfachheit bei der Neueinrichtung und Erweiterung eines Sensornetzes erreicht. Zu beachten ist allerdings, dass Reichweiten und Datendurchsatz nicht überschritten werden.

Der Anwendungsbereich von Sensornetzen ist überaus weit zu sehen. Wenn durch ein kooperatives Zusammenspiel geeigneter Sensorik beabsichtigt ist, bestimmte geographische Bereiche hinsichtlich der erfassten Para-

meter bzw. daraus abgeleiteter Informationen bewerten zu können, spricht man bei fließendem Übergang von Geosensornetzen *[Stefanidis/Nittel, 2005; Bill, 2011]*. Als Aufgaben von Geosensornetzen (GSN) werden u. a. genannt die Beobachtung und Modellierung von Umweltphänomenen wie Wetter und Klima, Überwachungsmessungen im Allgemeinen, Leit- und Führungssysteme sowie mobile Sensorknoten mit der Fähigkeit zum Verfolgen von Menschen, Fahrzeugen und Tieren und der Analyse ihres Bewegungsverhaltens *[Nittel, 2009]*. Um zu einem vollständigen, aktuellen Gesamtbild zu kommen, müssen die Daten von den Sensorknoten permanent und/oder ereignisgesteuert zusammengeführt werden. Die Zuordnung der Messinformation verlangt einen bekannten Ort der jeweiligen Sensorknoten, so dass (mindestens) einer der *p* Sensoren eines multifunktionellen Knotens, siehe Abb. 1, auf die Bestimmung der Position ausgerichtet sein muss. Die weiteren Sensoren sind häufig auf die Erfassung von Umweltbedingungen ausgelegt, etwa Temperaturen, Feuchtigkeiten etc., oder auch zur Erfassung interner Parameter wie den Ladezustand. Ein solcher Knoten für sich ist folglich ein Multisensorsystem. Jeder Sensorknoten arbeitet autark; auf die Gewährleistung einer ausreichend dimensionierten Energieversorgung ist zu achten. Alle Abläufe auf einem Sensorknoten werden über einen integrierten Prozessor organisiert. Ein Datenzwischenspeicher ist dann erforderlich, wenn die Messinformation nicht ständig weitergeleitet werden kann oder soll.

Weitere wesentliche Merkmale von Sensorknoten können wie folgt zusammengefasst werden *[u. a. Heunecke, 2008]:*

- sie müssen eine zumindest im Sensornetz eindeutige Adressierbarkeit haben;
- bei bewegten Knoten ist die wiederkehrende Positionierung (rein relativ zu benachbarten Knoten oder georeferenziert) zwingend;
- sie arbeiten zeit- und/oder ereignisgesteuert, wobei die Auswertung neben der räumlichen immer auch eine zeitliche Zuordnung der Messinformation verlangt und die Anforderung an die Synchronisation sich aus der Dynamik des beobachteten Prozesses ableitet;
- sie können optional die Fähigkeit haben, Daten zwischenzuspeichern und durch Vorverarbeitung die zu versendenden Datenmengen zu reduzieren;
- sie können optional die Fähigkeit haben, mittels Aktoren Steuerimpulse vorzunehmen;
- sie können die Aufgabe des Routings haben, d. h. Daten zu sammeln und in Richtung Zentralstation weiterzuleiten.

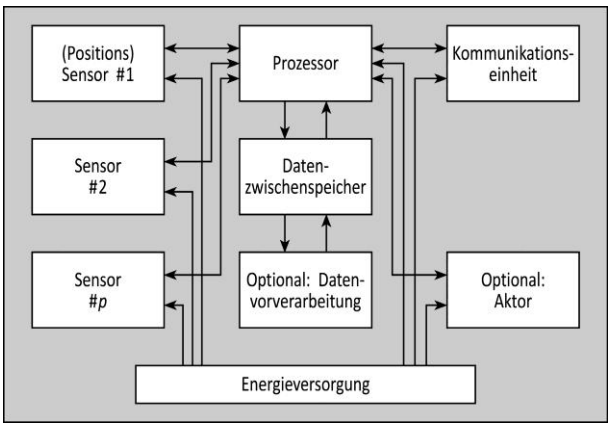


Abb. 1: *Aufbau eines Sensorknoten.*

GSN haben, wenn auch bisher nur an wenigen Stellen explizit so benannt *[u. a. Glabsch et al., 2010; Schneid/Franzius, 2011]*, beim ingenieurgeodätischen Monitoring bereits seit Jahren Fuß gefasst und bedeuten eine erste Weiterentwicklung der zuvor genannten infrastrukturellen Netze. *Pink [2008]* zeigt, wie sich automatisierte Tachymeter und Loggingeinheiten im Sinne von Sensorknoten deklinieren lassen. Jedoch sind die von *Sohraby et al. [2007]* als typisch formulierten Eigenschaften von Sensornetzen an die speziellen Erfordernisse anzupassen. Dies betrifft etwa die geplante und wohladaptierte Ausbringung der Sensorknoten, die im Allgemeinen hohen Anforderungen an die Datenqualität und den Einsatz im Dauerbetrieb mit Möglichkeit zur Nachladung der Batterien. Mit Blick auf eine größere Anzahl von Sensorknoten stellt sich zwangsläufig die Frage nach kostengünstigen Sensorkomponenten. *Glabsch et al. [2010]* zeigen auf, wie einfache, für den Massenmarkt entwickelte Navigationsempfänger auch für Überwachungsmessungen genutzt werden können und Punktbestimmungen im Bereich einiger Millimeter ermöglichen. Zur Integration mit weiteren Messtechniken zu einem GSN für Hangrutschungen siehe *Thuro et al. [2010]*. Bei der Verwendung von MEMS[3] Techniken *[vgl. u. a. Arnhardt et al., 2010; Heunecke, 2011]* empfiehlt es sich, die zu erreichende Datenqualität vorab auf ihre Eignung für die Überwachungsaufgabe zu bewerten. Zu neuen Sensortechnologien bei GSN siehe auch *Nittel [2009]*.

Mit Hilfe von GSN wird es möglich, die allgegenwärtige Diskretisierungsaufgabe in Raum und Zeit entsprechend der Tabelle auf S. 97 effizient zu gestalten und räumlich verdichtete Informationen zum Objektverhalten durch Erhöhung der Anzahl der Messpunkte zu gewinnen. Die Effizienz ergibt sich im Wesentlichen aus kostengünstigen Sensorknoten und leichter Inbetriebnahme in ad-hoc Netzen. Es verbleibt, in der Planung die sensitiven Größen auf der Eingangsseite (Temperaturen, Wasserdruck, …) und der Ausgangsseite (Verschiebungen, Verdrehungen, Dehnungen, …) eines dynamischen Systems – vgl. Abb. 3 – auszuwählen und die Sensorknoten darauf auszulegen. Mit einem mehr an Messstellen durch die Sensorknoten und einer ständigen

[3] MEMS = Microelectromechanical systems.

Messbereitschaft dieser reduzieren sich erforderliche Vorkenntnisse über das Objekt und sein Verhalten an wenigen repräsentativen Punkten. Ein Erkennen von Inhomogenitäten auch in a priori nicht erwarteten Bereichen wird leichter möglich. Bei entsprechender Dichte des Sensornetzes kann von einer lückenlosen und, vergleiche das Verständnis von zeitkontinuierlich in Abschnitt 2, somit quasi raumkontinuierlichen Erfassung gesprochen werden. Man bleibt aber bei einer punktweisen Erfassung wie in geodätischen Netzen üblich.

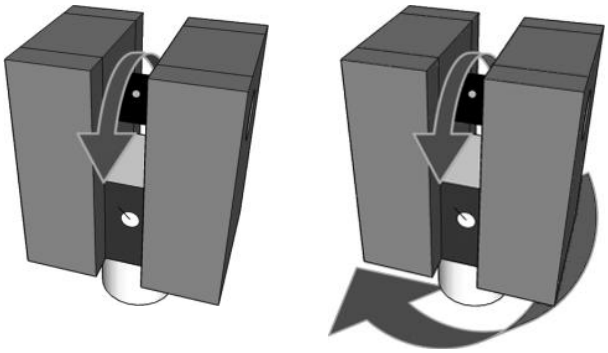


Abb. 2: *TLS Beobachtungsstrategien [aus: Liebig et al., 2011].*

4. Scannende Messverfahren

Scannende Messverfahren erfassen über Richtungs- und Streckenmessung berührungslos eine Objektoberfläche in einem unregelmäßigen Raster[4] von sehr vielen, bei Wiederholung aber nicht reproduzierbaren Einzelpunkten. Insbesondere gilt letzteres dann, wenn zwischenzeitlich Objektveränderungen stattgefunden haben. Originäres Ergebnis einer Messung ist eine unstrukturierte Punktwolke, die bei Einschränkung einer Erfassungsrichtung auch als Profil vorliegen kann. Ergänzend zu den geometrischen Informationen liegen radiometrische Informationen zur Differenzierung einzelner Objektbereiche vor. Scannende Messverfahren wie das terrestrische Laserscanning (TLS) können zur Extraktion von Oberflächengeometrien, d. h. zur Zustandsbeschreibung (Aufnahme), und deren Veränderungen, also für Überwachungen, eingesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit zur flächenhaften und berührungslosen Erfassung eines Überwachungsobjektes ist mit einem bodengebundenen interferometrischen Radar (BIR) gegeben.

Bei TLS wird im 3D-Modus ein Laserstrahl mit einem rotierenden Spiegel und durch die Instrumentendrehung um die dazu orthogonale Achse über den gesamten Bereich verschoben, siehe Abb. 2 rechts. Bei einer Streckenmessung nach dem Phasenvergleichsverfahren sind Messraten von ca. 1 Mio. Punkte/sec heute möglich. Im 2D-Modus, Abb. 2 links, ist die Instrumentendrehung unterbunden bzw. es gibt Scanner, die allein auf eine Profilerfassung ausgelegt sind. Im 1D-Modus erfolgt eine hochfrequente Streckenmessung auf einen Punkt an der Objektoberfläche, für den so die Veränderungen in Blickrichtung zum Instrument bestimmt werden können. Eine Transformation der Ergebnisse in objektbezogene Richtungen (längs, quer, hoch) ist bei Kenntnis der Orientierung der Objektgeometrie in Bezug auf den Messstrahl möglich. Im 2D-Modus ist beim TLS je nach Instrument eine Abtastung mit bis zu 50 Profilen/sec möglich; die einzelnen Profile umfassen i. d. R. mehrere 10.000 Punkte.

Die Größe eines TLS-Laserspots, der Footprint, liegt im Bereich 5-10 mm bei einem Objektstand bis etwa 50 m, die Genauigkeit einer 3D Position eines statischen Scans beträgt ca. 5 mm für den jeweiligen Punkt. Bei einer 1D-Messung kommt nur die Genauigkeit der Streckenmessung zum Tragen. Zu beachten ist, dass die Signaleigenschaften der reflektierten Strahlung eine entscheidende Rolle für die erreichbare Genauigkeit der Streckenmessung haben. Ändern sich die Oberflächenbeschaffenheit und die Ausrichtung zum Instrument während der Erfassung bzw. zwischenzeitlich, ist dies gegebenenfalls zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 6) und wirkt prinzipiell genauigkeitsbeschränkend.

Die dichte rasterförmige Abtastung ohne Reproduzierbarkeit der einzelnen Punkte im 3D- und 2D-Modus erfordert ein Umdenken in Richtung einer flächenorientierten Beschreibung der Deformationsvorgänge und damit eine neue Methodenentwicklung. Für die Auswertung sind ein Clustering und die Modellierung geometrischer Elemente zur lokalen Oberflächenapproximation erforderlich. Der Ansatz versagt, wo in Folge der Oberflächenrauheit eine geeignete Approximation nicht möglich ist. Nachfolgend sei unterstellt, dass die Erfassung des interessierenden Oberflächenbereiches mit einem Standpunkt gegeben ist und ein Zusammenführen mehrerer Scans, die sogenannte Registrierung, hier dann nicht behandelt werden muss.

Das Clustering bedeutet eine Einteilung benachbarter Punkte in Klassen a priori definierter Ausdehnung, die Modellierung eine sich anschließende Aggregation. In einfacher Form gelingt dies, wenn das Messkoordinatensystem dem Objektkoordinatensystem unmittelbar, ohne Berücksichtigung von Rotationen zugeordnet werden kann. Dann genügt häufig eine arithmetische Mittelbildung der Punkte eines Clusters in der interessierenden Koordinatenkomponente, im Hinblick auf das Vorliegen von Ausreißern zweckmäßigerweise auch als Median zu bilden. Die Beschreibung des Deformationsvorganges erfolgt auf der Basis der hergeleiteten Klassenmittelpunkte. Man löst sich von der bisherigen punktweisen Betrachtung hin zu einem flächenelement-orientierten Verfahren. Durch das Vorgehen geht eine beträchtliche Reduktion des TLS-Rauschniveaus einher, wodurch die Sensitivität des Verfahrens zur Aufde-

[4] Nur wenn der Scanner im Mittelpunkt einer Sphäre aufgebaut ist, hat die Punktwolke ein regelmäßiges Raster.

ckung von Veränderungen der Oberflächenausschnitte bis in den 0,1 mm-Bereich gesteigert werden kann.

Da für die Erfassung einer 3D-Szene wenige Sekunden bis einige Minuten erforderlich sind, muss hier unterstellt werden, dass sich der Deformationsprozess langsam vollzieht. Änderungen des Objektes während des Scanvorganges müssen vernachlässigbar klein sein. Studien, wo über Blockmittelwerte die Deformation von Strukturen untersucht wird, finden sich z. B. bei *Eling [2009]* und *Han et al. [2010]*. Im Profilmodus mit mehreren Profilen pro Sekunde können auch Objekte hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens untersucht werden, etwa Windräder *[Kutterer et al., 2009]* oder Brücken unter dem Einfluss des Verkehrs *[Vennegerts et al., 2010; Liebig et al., 2011]*. Durch wiederholte Erfassung der Profile bei unverändertem Instrumentenaufbau entstehen Messreihen bzw. daraus abgeleitet Amplitudenspektren für die jeweiligen Klassenmittelpunkte, die in ihrer Gesamtschau das Verformungsverhalten des Objektes, insbesondere die Eigenform(en), widerspiegeln.

Das Clustering bestimmt die räumliche Filterung der Ergebnisse. Größere Cluster (Ausdehnung im m-Bereich) führen bei stärkerer Glättung auf eine bessere Genauigkeit, kleinere Cluster (im cm-Bereich) erlauben eine differenzierte Betrachtung verschiedener Objektbereiche. Ein zielgerichtetes Zusammenspiel der zeitlichen und der geometrischen Diskretisierung ist anwendungsbezogen zu konzipieren. Wenngleich flächenelementorientiert, erfolgt die Beschreibung letztendlich durch das Verhalten eines für das Cluster repräsentativen, nicht aber als solchen existenten Punktes. Im 1D-Modus kann ebenfalls das Schwingungsverhalten unter Nutzung der hochfrequenten Streckenmessung[5] untersucht werden. Hier erfolgt eine Genauigkeitssteigerung, bei der die Autokorrelation der Messwerte zu beachten ist, allein über ein gleitendes Mittel, also eine Filterung im Zeitbereich.

Das auf Mikrowelleninterferometrie beruhende – und damit weitgehend wetterunabhängige – BIR erfasst (gegenwärtig) nur Änderungen von Raumstrecken. Wird ein erneutes Abtasten einer Szene vorgenommen, können Änderungen in der Phasenlage des reflektierten Radarsignals als Interferogramm aufgezeichnet werden. Dies liefert Qualitäten für die Änderungen der line-of-sight Strecken im Sub-Millimeterbereich. Die Veränderungen aller Objektpunkte innerhalb des Signalkegels werden gleichzeitig erfasst und falls die Bewegungsraten zwischen den einzelnen Szenen größer sind als die halbe Wellenlänge, werden diese von Mehrdeutigkeiten überlagert. Verschiedene Objektbereiche, die sich innerhalb derselben Auflösungszelle befinden, führen zu einem gemeinsamen Wert im Entfernungsprofil. In diesem Falle ist es nicht möglich, zwischen den Verände rungen der einzelnen Rückstrahler zu unterscheiden, und es wird eine mittlere Verschiebung aller rückstrahlenden Punkte innerhalb einer Auflösungszelle ermittelt. Registriert werden können nur Ziele (Targets), deren Signalstärken sich deutlich aus dem Umgebungsrauschen hervorheben.

Das *IBIS-S* von *Ingegneria dei sistemi (IDS) [1998-2006]*[6], ist ein solches BIR-System mit einer maximalen Messrate von 200 Hz, einer Wellenlänge von 17,4 mm und einer minimal notwendigen Entfernung zwischen zwei Objektbereichen, damit diese getrennt abgebildet werden, von etwa 0,75 m. Durch eine synthetische Apertur gelingt auch eine Raumauflösung quer zur Messrichtung (Auflösung 4,3 mrad = 63,7 mgon), was als Ground Based Interferometric Synthetic Aperture Radar (GB-SAR) bezeichnet wird. In der Umsetzung beim *IBIS-L* wird dies durch Verschieben des Radarkopfes entlang einer 2 m langen Schiene in definierten Schrittweiten erreicht. Neben Refraktionseinflüssen – die erste Geschwindigkeitskorrektion bei Mikrowellen erreicht schnell einige ppm – sind die zu erreichenden Genauigkeiten durch die relative Geometrie zwischen Instrument und Objekt sowie dessen radiometrischen Eigenschaften beeinflusst. Stabile Rückstrahleigenschaften sind eine der Voraussetzungen, um interpretierbare Ergebnisse im Interferogramm zu erhalten. Bei Wiederholung der GB-SAR Messungen kann die Lösung der Mehrdeutigkeiten erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Es bietet sich an, Permanent Scatterer, deren zeitveränderliche Positionen anderweitig erfasst werden, als Stützpunkte in die Auswertung einzubeziehen. Siehe hierzu Abschnitt 6. Eine Anwendung von BIR liegt in der Bestimmung von Bauwerks-Eigenfrequenzen und -Eigenformen, etwa bei Brücken *[Bernardini et al., 2007]*. Als GB-SAR verwendet gibt es beispielsweise bereits Studien für Hangrutschungen und Tagebaue *[u. a. Rödelsperger, 2011]*. Der Begriff der Abtastung ist wie beim TLS nicht nur im ursprünglichen Verständnis einer Messfrequenz, sondern auch als ein räumliches, für das Objektverhalten repräsentatives Kriterium zu sehen: Jeder „Punkt“ hat eine endliche Ausdehnung.

5. Objektintegrierte Messungen

Tachymetrische, nivellitische und GNSS gestützte Messungen bleiben – die Eindringtiefe der Strahlen berührungsloser Verfahren vernachlässigt – ebenso auf die Oberfläche der Objekte beschränkt wie das TLS oder BIR. Sieht man nachfolgend von Sondierverfahren (Seismik, Geoelektrik, Bauwerksradar, Ultraschallunter-

[5] Mit dem Lasertracking ist eine weitere Möglichkeit gegeben, mit Abtastraten bis zu 3.000 Hz das Schwingungsverhalten eines Punktes zu beobachten. Das Verfahren ist taktil, da ein Reflektor am Objekt zu adaptieren ist, liefert dafür aber unmittelbar die Amplituden in allen drei Koordinatenkomponenten.

[6] http://www.idscompany.it
> IDS Products > Interferometric Radar
letzter Aufruf: 13.01.2012.

suchungen, …) für den „Blick in das Innere“ ab, ist es im Bereich von Überwachungsmessungen seit Jahrzehnten üblich, Sensoren unmittelbar im Innern von Objekten zu platzieren. Eingebettete, insbesondere bei der Herstellung von Massivbauwerken unmittelbar mit verbaute Sensoren etwa zur Erfassungen von Dehnungen, Drücken und Temperaturen kennt man in der Baumesstechnik seit mehr als 75 Jahren, zunächst vornehmlich nach dem Schwingsaitenprinzip konstruiert. Bohrlochextensometer und Inklinometer sind etablierte Verfahren der Geomesstechnik *[u. a. Thut, 2008]*.

In den letzten Jahren haben faseroptische Sensoren (FOS) erhebliche Bedeutung erlangt und werden bei Überwachungen eingesetzt, um primär in Form von Dehnungen auftretende geometrische Änderungen zu erfassen *[Brunner, 2009; Habel / Brunner, 2011]*. FOS funktionieren auf Basis unterschiedlicher physikalischer Prinzipien und Nutzung der optischen Parameter Intensität, Wellenlänge, Phase, Polarisation oder Laufzeit. Dazu sind Glasfasern in oder am zu überwachenden Objekt fest zu adaptieren. Die Verschiebungen ΔL, aus denen mit Bezug zu einer Basis die Dehnungen resultieren, werden in Richtung der verlegten Faser bestimmt. Durch eine Zusammensetzung mehrerer Fasern, z. B. zu Rosetten[7] *[Woschitz, 2010]*, oder durch den Einbau in textilen Strukturen *[Kuhne et al., 2010]* ist es möglich, diese Größen auch in mehreren Richtungen bzw. sogar flächenhaft zu registrieren. Dabei ist es etwa von Vorteil, dass bei Faser Bragg Gittern mehrere Messstellen in eine Faser gebrannt werden können.

Das *SOFO-System*, *Smartec SA [2009]*[8], nutzt ein niederkohärentes doppeltes MICHELSON-Interferometer *[Inaudi, 2004]*. Es werden zwei Fasern parallel verlegt, wobei die eine Faser kraftschlüssig an zwei Stellen im Abstand von bis zu einigen Metern – der Basis – mit der Struktur verbunden ist, so dass sie an deren Längenänderungen zwischen den Fixierungen teilnimmt. Die Referenzfaser ist nur lose verlegt und bleibt von Deformationen unbeeinflusst. Unter der Voraussetzung, dass beide Fasern den gleichen Temperatureinflüssen unterliegen, ist die Wegdifferenz einer eingebrachten Laserstrahlung in den beiden Fasern unmittelbar ein Maß für die Abstandsänderung ΔL. Eine definierte Verschiebung eines beweglichen Spiegels in der Auswerteeinheit induziert eine bekannte Wegdifferenz zwischen den optischen Armen, die den aufgrund der Objektveränderung entstehenden Wegunterschied zwischen der Mess- und der Referenzfaser kompensiert. Beim *SOFO-System* kann die Auswerteeinheit daher nach der Messung abgekoppelt werden. Auf diese Weise lassen sich mit der gleichen Auswerteeinheit mehrere Messstellen beobachten. Die Genauigkeit des als langzeitstabil beschriebenen Systems wird mit ca. 2 µm angegeben.

6. Multiskalen-Monitoring

Die Ansätze der Fusion redundanter (identischer) mit komplementären (unterschiedlichen, sich in ihrer Aussagekraft ergänzenden) Messgrößen, d. h. solche Ansätze, die *„heterogene Sensorik zu vernetzen, um je nach Aufgabe und Instrumentierung gezielt beobachten zu können“ [Kutterer, 2011, S. 102]*, sind nicht neu. Allerdings ist dies heute auf einem zuvor nicht gekannten technischen Stand möglich, sowohl was die zeitliche als auch räumliche Komponente einer Erfassung betrifft. Mittels GSN (Abschnitt 3) ist eine im Raum dicht verteilte Sensorik zu schaffen, scannende Messverfahren (Abschnitt 4) sind, so lange freie Sicht auf den Objektbereich gegeben ist, per se ausgelegt, in einem dichten Raster das Objektverhalten zu erfassen, und objektintegrierte Sensorik (Abschnitt 5) liefert Aussagen über innere Zusammenhänge.

Die zuvor skizzierten Messverfahren unterscheiden sich in ihrer Dimensionalität, räumlichen sowie möglichen zeitlichen Auflösung, Sensitivität und Qualität – und auch in den Kosten, die zu ihrer Nutzung aufzubringen sind. Sie können sowohl solitär, aber auch in Kombination vorgesehen werden, um besagte Redundanzen und Komplementaritäten zielgerichtet nutzen zu können. Beispielsweise kann ein GSN zur zeitkontinuierlichen Bestimmung der Positionen von Targets, etwa TLS-Zielmarken und Permanent Scatterer, mit dem (Neben) Ziel der Schaffung von Stützpunkten für scannende Verfahren eingerichtet sein, etwa für eine Kalibrierung on the job und eine bessere, qualitätsgesicherte Interpretation der Ergebnisse von TLS und BIR. Zudem sind TLS und BIR zumindest bisher nicht für Dauerüberwachungen ausgelegt. Der Gedanke der Ergänzung kann auch auf Fernerkundungssatelliten wie TerraSAR-X[9] ausgelegt sein, was dann in methodischer Sicht eine Kombination weltraumgestützter und terrestrischer Messverfahren bedeutet.

Neben einer auf Messungen beruhenden und damit im Wesentlichen datengetriebenen (empirischen) Beschreibung von Deformationsvorgängen sind strukturbezogene und somit modellbasierte (theoretische) Analysen, insbesondere mittels FEM, üblich. Strukturbezogene Modelle beziehen die Kausalkette von Ursache und Wirkung ein, erlauben auch dort Aussagen zu Deformation, wo nicht gemessen werden kann, und bieten

[7] Dies ist in Analogie zu Strain-Rosetten zu sehen, wie sie mittels Dehnungsmesstreifen (DMS) in der Baumesstechnik seit 1942 (Patent in den USA) bekannt sind.

[8] http://smartec.ch/Corporate.htm
> Products
> SDS 10.1010 SOFO Standard Deformation Sensor.PDF
letzter Aufruf: 13.01.2012.

[9] TerraSAR-X ist mit einer Bodenauflösung von wenigen Quadratmetern und einer Wiederkehrrate von elf Tagen ein Radarverfahren, was u. a. für die Ableitung von großräumigen Höhenänderungen geeignet ist *[u. a. Petrat, 2010]*.

eine Möglichkeit zur Prognose. Für sich handelt es sich zwar um große, aber nicht überbestimmte Gleichungssysteme, so dass Kontrollmöglichkeiten zunächst allein in der fachkundigen Bewertung der Plausibilität der Rechenergebnisse liegen. Eine Möglichkeit der Kontrolle – Ultima Ratio aller Auswertungen ist die Gegenüberstellung von erwarteter Systemreaktion mit den in-situ Messungen – und letztlich auch Kalibrierung durch Identifikation von Prozessparametern ergibt sich aus dem Abgleich mit Messungen *[z. B. Heunecke, 1995; Lienhart, 2007]*. In diesem Kontext heißt es bei *Welsch et al. [2000, S. 22]*: *„Empirie ist keineswegs die einzige Quelle; erst durch die Verknüpfung der Vorgänge mit Methoden, die nicht Gegenstand der Erfahrung, sondern der Theorie sind, folgt Erkenntnis."*

Dies führt auf die Analyse von Deformationsvorgängen wie mit Abb. 3 für eine Stauanlage dargestellt, bei der die Ausgangsseite eines dynamischen Systems, die Objektreaktionen $\boldsymbol{x}(t)$ sowohl berechnet als auch gemessen sind. Eingangsgrößen $\boldsymbol{y}(t)$ sind hier etwa Stauhöhe und (Umgebungs)Temperaturen und die Ausgangsgrößen etwa Verschiebungen und Kippungen. Störgrößen, die bei der Auswertung mit ihrem Erwartungswert Null eingehen, können etwa Wind oder seismische Einflüsse sein. Sie finden allein im stochastischen Modell ihre Berücksichtigung.

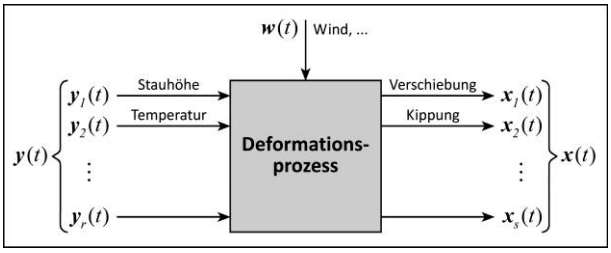


Abb. 3: *Eingangs-, Stör- und Ausgangsgrößen eines Prozesses übertragen auf die Überwachung einer Stauanlage [aus: Neuner/Heunecke, 2012].*

7. Zusammenfassung

Die Ingenieurgeodäsie ist eine von der Technologie und den Anwendungen getriebene Disziplin mit eigener methodischer Kompetenz *[vgl. Niemeier/Kutterer, 2007]*, z. B. was die Nutzung und Weiterentwicklung von Mess- und Auswerteverfahren speziell bei Überwachungsmessungen betrifft. Dabei gilt: *„Die Kunst des Messens besteht heute … in der Beherrschung des gesamten Mess- und Auswerteprozesses von der Planung bis zum Endergebnis" [Staiger, 2009, S. 106]*. Dank des heutigen Standes der Messtechnik, siehe die Abschnitte 3 bis 6, können Aufgaben bearbeitet werden, die bis vor kurzem nicht möglich waren. Zur Beherrschung des Mess- und Auswerteprozesses, wobei vorstehend die Auswerteverfahren nicht weiter im Detail behandelt worden sind, zählt neben einer qualifizierten Einschätzung des Einsatzes der Instrumente, Sensoren und Verfahren unter den jeweils vorherrschenden Messbedingungen insbesondere das Wissen um systematische Effekte, die auf die Messungen Einfluss nehmen und für Genauigkeitsaussagen zu berücksichtigen sind. Ein Messergebnis gilt in der Metrologie nur dann als vollständig, wenn es zusammen mit Angaben zur erreichten Messunsicherheit angegeben wird (vgl. *„DIN 1319-1, Grundlagen der Meßtechnik – Teil 1: Grundbegriffe" [Deutsches Institut für Normung (DIN), 1995]*, und *„DIN 18710-1, Ingenieurvermessung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen" [Deutsches Institut für Normung (DIN), 2010b]*). Dieser Grundsatz ist in aller Konsequenz umzusetzen für eine geodätische Bewertung von Ergebnissen, auf der dann weitergehende Interpretationen im zumeist interdisziplinären Kontext basieren. Weitere wesentliche Qualitätskriterien sind (rechtzeitige) Verfügbarkeit – insbesondere bei Echtzeit-Systemen – und eine der Aufgabenstellung entsprechende Vollständigkeit der Information in Raum und Zeit.

Das Multiskalen-Monitoring mit seinen vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten begründet letztlich ein modernes, erweitertes Verständnis eines geodätischen Überwachungsnetzes. Dies inkorporiert die gängigen GSN Kommunikationstechniken sowie das omnipräsente Computing. Statt wie bisher Richtungen, Strecken und Koordinatenunterschiede mit Tachymetern, Nivellieren und GNSS-Empfängern zu beobachten, sind neue Instrumente, Sensoren und Verfahren hinzugekommen, die funktional unter Einbeziehung ihrer stochastischen Eigenschaften miteinander verknüpft werden können. Die „Ausgleichungsrechnung" bietet hierzu die Werkzeuge. Ein Mehrwert verdichteter Messungen liegt neben einem Qualitätsgewinn darin, die Abhängigkeit der Ergebnisse vom bei der Planung einer Überwachung vorhandenen Ausgangswissen zu reduzieren. Insbesondere können Unstetigkeitsstellen in Raum und Zeit besser erkannt werden. Oft beschreiben die gewonnenen Daten ein Feldproblem (Verschiebungsfeld, Strainfeld, Blockbewegungen, …), so dass zur Approximation und Interpolation Algorithmen erforderlich sind, wie sie in der (Ingenieur-)Geodäsie bekannt sind *[u. a. Welsch et al., 2000]*, wenngleich auch noch weiterentwickelt werden müssen. Der Einbezug numerischer Strukturmodelle und die Analyse von Überwachungsmessungen als dynamische Systeme, auch unter Anwendung regelbasierter Verfahren wie Fuzzy Logic und Künstliche Neuronale Netze (KNN) *[Neuner/Heunecke, 2012]*, sind ebenfalls auf ein Multiskalen-Monitoring zu übertragen und bieten neue Möglichkeiten. Ständige Herausforderung für die Ingenieurgeodäsie ist und bleibt die Weiterentwicklung einer generischen Methodik, mit der Überwachungsmessungen zielgerichtet und optimal gestaltet werden können.

8. Literatur und Quellen

Arnhardt, Christian / Fernandez-Steeger, Tomas M./ Azzam, Rafig [2010]: Sensor Fusion in an Ad-Hoc Multi-Hop Sensor Network for Real-Time Monitoring of Landslides Endangering Human Infrastructures. In: Early Warning Systems for Transportation Infrastructures. Workshop 9-10 February 2010 Fraunhofer Institute for Information and Data Processing (IITB) Karlsruhe, Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Geotechnologien, Science Report No. 15. Potsdam, S. 38-49.
ISSN 1619-7399

Bernardini, Giulia / De Pasquale, Gaetano / Gallino, Nicola / Gentile, Carmelo [2007]: Microwave interferometer for ambient vibration measurements on civil engineering structures: 2. Application to full-scale bridges. In: Proceedings of the International Conference on Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures (EVACES '07), Porto 24-26 October 2007. Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures, Vol. 46, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, S. 153-162.
ISBN 978-972-752095-4

BILL, Ralf [2011]: Geosensornetzwerke als Komponente im Geomonitoring. In: *Busch, Wolfgang / Niemeier, Wolfgang / Sörgel, Uwe (Hrsg.):* GeoMonitoring Tagung 2011 – Ein Paradigmenwechsel zur Beherrschung von Georisiken – 3.-4. März 2011 Clausthal-Zellerfeld. Technische Universität Clausthal, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Clausthal-Zellerfeld, S. 115-127.
ISBN 3-938924-11-X

Brunner, Fritz K. [2009]: Faseroptische Sensorik: Ein Thema für die Ingenieurgeodäsie? In: Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation (VGI), 97. Jhrg., Heft 3, Wien, S. 335-342.
ISSN 0029-9650
http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i2720/publications/papers/documents/2009_FKB_OGT2009_VGI.pdf
letzter Aufruf: 12.01.2012.

Brunner, Fritz K. / Woschitz, Helmut [2011]: Über die Erweiterung des ingenieurgeodätischen Monitorings. In: Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), 118. Jhrg., Heft 6, Berlin, S. 212-218.
ISSN 0002-5968

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [1995]: DIN 1319-1, Grundlagen der Meßtechnik – Teil 1: Grundbegriffe. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2010a]: DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2010b]: DIN 18710-1, Ingenieurvermessung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2010c]: DIN 18710-2, Ingenieurvermessung – Teil 2: Aufnahme. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2010d]: DIN 18710-3, Ingenieurvermessung – Teil 3: Absteckung. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2010e]: DIN 18710-4, Ingenieurvermessung – Teil 4: Überwachung. Beuth, Berlin.

Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.) [2011]: DIN 18710-1 Berichtigung 1, Ingenieurvermessung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Berichtigung zu DIN 18710-1. Beuth, Berlin.

Eling, Dirk [2009]: Terrestrisches Laserscanning für die Bauwerksüberwachung. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 641. Bayerische Akademie der Wissenschaften, München, 115 S.
ISBN 978-3-7696-5053-2

Glabsch, Jessica / Heunecke, Otto / Pink, Sönke / Schuhbäck, Stefan [2010]: Nutzung von Low-Cost GNSS Empfängern für ingenieurgeodätische Überwachungsaufgaben. In: *DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.):* GNSS 2010 – Vermessung und Navigation im 21. Jahrhundert. Beiträge zum 100. DVW-Seminar am 4. und 5. Oktopber 2010 in Köln. Schriftenreihe des DVW, Band 63, Wißner, Augsburg, S. 113-129.
ISBN 978-3-89639-787-4

Habel, Wolfgang R. / Brunner, Fritz K. [2011]: Faseroptische Sensoren für den Einsatz im Monitoring: ein Überblick. In: Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), 118. Jhrg., Heft 6, Berlin, S. 204-211.
ISSN 0002-5968

Han, Daguang / Heunecke, Otto / Keuser, Manfred / Liebl, Wolfgang / Neumann, Ingo / Nichelmann, Kay [2010]: Anwendung des TLS zur Untersuchung des Last-Verformungsverhaltens von Flächentragwerken aus Stahlbeton. In: *Wunderlich, Thomas (Hrsg.):* Ingenieurvermessung 2010 – Beiträge zum 16. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, München 2010. Wichmann, Berlin, S. 57-65.
ISBN 978-3-87907-492-1

Heunecke, Otto [1995]: Zur Identifikation und Verifikation von Deformationsprozessen mittels adaptiver KALMAN-Filterung. Dissertation. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover, Nr. 208, Hannover, 185 S.

Heunecke, Otto [2008]: Geosensornetze in der Ingenieurvermessung. In: Forum, Zeitschrift des Bundes der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure e.V.,

34. Jhrg., Heft 2, Köln, S. 357-364.
ISSN 0342-6165

Heunecke, Otto [2009]: Inhalt und Aufbau der neuen DIN 18710 „Ingenieurvermessung“. In: *Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (Hrsg.):* Ingenieurvermessung im Bauwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Kolloquium am 12. Februar 2009 in Koblenz. BfG-Veranstaltungen Heft 4/2009, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 46-53.
ISSN 1866-220X
http://www.unibw.de/IfG/IGeo/pres/Koblenz/download
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Heunecke, Otto [2011]: Impact and benefit of geo sensor network technology for monitoring tasks. 8th Symposium on Field Measurements in GeoMechanics (FMGM) 2011 Berlin (published on USB-Stick).
http://fmgm2011.org
letzter Aufruf: 13.01.2012.

Heunecke, Otto / Kuhlmann, Heiner [2002]: Auswerteverfahren für Deformationsmessungen aus geodätischer Sicht. In: *DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.):* Interdisziplinäre Messaufgaben im Bauwesen. Beiträge zum 56. DVW-Fortbildungsseminar am 16. September 2002 in der Bauhaus-Universität Weimar. Schriftenreihe des DVW, Band 43, Wittwer, Stuttgart, S. 103-116.
ISSN 0940-4260

Heunecke, Otto / Niemeier, Wolfgang [2004]: Paradigmenwechsel bei der Auswertung ingenieurgeodätischer Messungen: Herausforderungen, Konzepte, Trends. In: *Ingensand, Hilmar* (Hrsg.): Ingenieurvermessung 2004, 14th International Conference on Engineering Surveying, Zürich, 15.-19. März 2004, Berichte / Contributions. ETH Zürich, Studiengang Geomatik und Planung, Zürich, S. 131-142.
ISBN 3-906467-46-5
http://www.iv2004.ethz.ch/programm/Session/S_11_IV2004.pdf
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Ingegneria dei Sistemi (IDS) [1998-2006]: Interferometric Radar Products. IBIS: an innovative technology for monitoring displacements and movements in slopes and structures. Online-Publikation.
http://www.idscompany.it/page.php?f=118&id_div=4
letzter Aufruf: 13.01.2012.

Inaudi, Daniele [2004]: SOFO Sensors for Static and Dynamic Measurements. In: *International Federation of Surveyors (FIG) (Hrsg.):* Proceedings of the 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering. Workshop on Measurements and Analysis of Cyclic Deformation and Structural Vibrations, Lenton and Wortley Hall, The University of Nottingham, United Kingdom, 28 June-1 July 2004. FIG, Kopenhagen, CD-Rom.
ISBN 87-90907-35-3

Kuhne, Michael / Schaller, Maria-Barbara / Käseberg, Stefan / Thiele, Elke [2010]: Sticktechnische Integration optischer Faser-Bragg-Gitter-Messsensoren auf Trägergewebe zur Applikation an Tragwerken im Bauwesen. In: *DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.):* Interdisziplinäre Messaufgaben im Bauwesen. Beiträge zum 98. DVW-Fortbildungsseminar am 21. und 22. September 2010 in Weimar. Schriftenreihe des DVW, Band 62, Wittwer, Stuttgart, S. 283-296.
ISBN 978-3-89639-786-7

Kutterer, Hansjörg [2011]: Kombinierte Modellierung und Analyse heterogener geodätischer Daten. In: *Busch, Wolfgang / Niemeier, Wolfgang / Sörgel, Uwe (Hrsg.):* GeoMonitoring Tagung 2011 – Ein Paradigmenwechsel zur Beherrschung von Georisiken – 3.-4. März 2011 Clausthal-Zellerfeld. Technische Universität Clausthal, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Clausthal-Zellerfeld, S. 101-114.
ISBN 3-938924-11-X

Kutterer, Hansjörg / Paffenholz, Jens-André / Vennegeerts, Harald / Neuner, Hans [2009]: Deformationsmessungen an Bauwerken mit kinematischem Laserscanning. In: *Linke, J. (Hrsg.):* 1. Darmstädter Ingenieurkongress – Bau und Umwelt am 14./15. September 2009, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Darmstadt, CD-Rom.
ISBN 978-3-941799-00-4

Liebig, Jan Peter / Grünberg, Jürgen / Pfaffenholz, Jens-André / Vennegeerts, Harald [2011]: Taktile und laserbasierte Messverfahren für die messtechnische Überwachung einer Autobahnbrücke. In: Bautechnik, 88. Jhrg., Heft 11, Berlin, S. 749-756.
ISSN 0932-8351

Lienhart, Werner [2007]: Analysis of Inhomogeneous Structural Monitoring Data. Dissertation, TU Graz, Shaker, Aachen, 269 S.
ISBN 978-3-8322-5953-2

Lienhart, Werner / Merk, Gebhard [2010]: „Vom Feld ins Internet“ – ein Beispiel zur Nutzung internetfähiger Mobilkommunikation bei der Messwerterfassung und Visualisierung von Deformationsmessungen. In: *Wunderlich, Thomas Alexander (Hrsg.):* Ingenieurvermessung 10. Beiträge zum 16. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, München, 2010. Wichmann, Berlin, S. 183-196.
ISBN 978-3-87907-492-1

Neuner, Hans / Heunecke, Otto [2012]: Geodätische Überwachung von Bauwerken. In: *Fouad, Nabil A. (Hrsg.):* Bauphysik-Kalender 2012. Gebäudediag-

nostik. Ernst & Sohn, Berlin, D 7, S. 655-694.
ISBN 978-3-433-02986-2

Niemeier, Wolfgang [2011]: Stand und Entwicklungstendenzen für das „Geometrische Monitoring" von kleinräumigen Objekten. In: *Busch, Wolfgang / Niemeier, Wolfgang / Sörgel, Uwe (Hrsg.):* GeoMonitoring Tagung 2011 – Ein Paradigmenwechsel zur Beherrschung von Georisiken – 3.-4. März 2011 Clausthal-Zellerfeld. Technische Universität Clausthal, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Clausthal-Zellerfeld, S. 27-45.
ISBN 3-938924-11-X

Niemeier, Wolfgang / Kutterer, Hansjörg [2007]: Zur Wissenschaftlichkeit in der Ingenieurgeodäsie. Vortrag, gehalten auf dem Seminar *„Standortbestimmung und Zukunftsperspektiven der Ingenieurgeodäsie"* des Arbeitskreises Ingenieurgeodäsie der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) am 14.09. 2007 in Eichenau.

Nittel, Silvia [2009]: A Survey of Geosensor Networks: Advances in Dynamic Environmental Monitoring. In: Sensors, 9. Jhrg. Heft 7, Basel, S. 5664-5678, doi:10.3390/s90705664.
ISSN 1424-8220
http://www.mdpi.com/1424-8220/9/7/5664/pdf
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Petrat, Lutz [2010]: Satellitengestützte und terrestrische Bodenbewegungsüberwachung – komplementär und nicht konkurrierend! In: *DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.):* Interdisziplinäre Messaufgaben im Bauwesen. Beiträge zum 98. DVW-Fortbildungsseminar am 21. und 22. September 2010 in Weimar. Schriftenreihe des DVW, Band 62, Wittwer, Stuttgart, S. 45-58.
ISBN 978-3-89639-786-7

Pink, Sönke [2008]: Entwicklung und Erprobung eines multifunktionalen Geosensornetzwerkes für ingenieurgeodätische Überwachungsmessungen. Dissertation. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 83, Neubiberg, 180 S.
ISSN 0173-1009
http://137.193.200.7:8081/doc/86267/86267.pdf
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Rödelsperger, Sabine [2011]: Real-time Processing of Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR) Measurements. Schriftenreihe Fachrichtung Geodäsie, Technische Universität Darmstadt, Heft 33, Darmstadt, 98 S.
ISBN 978-3-935631-22-8

Als Internetversion:
Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 668, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München.
http://dgk.badw.de/fileadmin/docs/c-668.pdf
letzter Aufruf: 12.01.2012.

Schneid, Sascha / Franzius, Jan-Niklas [2011]: Intelligente Geosensor-Netzwerke als Basis für ein interdisziplinäres Bauwerks-Monitoring. In: *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) (Hrsg.):* Messen im Bauwesen 2011, Schadenvermeidung. Berlin, S. 29-40.
ISBN 978-3-9813853-6-6

Smartec SA [2009]: 10.1010 SOFO Standard Deformation Sensor. Online-Publikation.
http://smartec.ch/PDF/SDS%2010.1010%20SOFO%20Standard%20Deformation%20Sensor.PDF
letzter Aufruf: 13.01.2012.

Staiger, Rudolf [2009]: Zur Bedeutung der Messtechnik – oder gibt es die Kunst des Messens noch? In: Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), 116. Jhrg., Heft 3, Berlin, S. 106-114.
ISSN 0002-5968

Stempfhuber, Werner [2009]: Geodätische Monitoringsysteme – Stand der Technik und Abgrenzung der gegenwärtigen Systeme. In: *DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Hrsg.):* Zeitabhängige Messgrößen – Verborgene Schätze in unseren Daten. Beiträge zum 85. DVW-Seminar am 7. und 8. September 2009 in Kassel. Schriftenreihe des DVW, Band 59, Wißner, Augsburg, S. 181-191.
ISBN 978-3-89639-732-4
http://www.geometh.ethz.ch/people/former_staff/stwerner/KasselDVW2009.pdf
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Sohraby, Kazem / Minoli, Daniel / Znati, Taieb [2007]: Wireless Sensor Networks – Technology, Protocols, and Applications. Wiley, Hoboken, N. Y., 307 S.
ISBN 978-0-471-74300-2
http://books.google.de/books?id=aEPBTmUhyI0C&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Stefanidis, Anthony / Nittel, Silvia (Hrsg.) [2005]: GeoSensor Networks. Papers presented at the First GeoSensor Networks Workshop, held in Portland, Maine, in October 2003. CRC Press, Boca Raton, Fl., 296 S.
ISBN 0-415-32404-1

Thuro, Kurosch / Singer, John / Festl, Judith / Wunderlich, Thomas / Wasmeier, Peter / Reith, Christoph / Heunecke, Otto / Schuhbäck, Stefan / Glabsch, Jessica [2010]: New Landslide Monitoring Techniques – Developments and Experiences of the alpEWAS Project. In: Journal of Applied Geodesy, 4. Jhrg., Heft 2, Berlin, S. 69-90.
ISSN 1862-9016

Thut, Arno [2008]: Geotechnische Messverfahren. In: *Witt, Karl Josef (Hrsg.):* Grundbau-Taschenbuch,

Teil 1: Geotechnische Grundlagen, Kap. 11. 7. Aufl., Ernst, Berlin, S. 653-717.
ISBN 978-3-433-01843-9

Vavrovsky, Georg-Michael [2002]: Spezielle Aspekte bei der Vergabe von geistig-schöpferischen Dienstleistungen. Wiener Gespräche Wissenschaft – Wirtschaft, Vortrag vom 28. Jänner 2002.
http://www.bsik.at/vermessen/aktuelles_html/Info_BVerG/Vortrag_Dr__Vavrovsky
letzter Aufruf: 11.01.2012.

Vennegeerts, Harald / Liebig, Jan Peter / Hansen, Michael / Neuner, Hans / Paffenholz, Jens-André / Grünberg, Jürgen / Kutterer, Hansjörg [2010]: Monitoring eines Brückentragwerks – Vergleichende Messungen mit einem terrestrischen Laserscanner und Sensoren der Baumesstechnik. In: *Wunderlich, Thomas (Hrsg.):* Ingenieurvermessung 2010 – Beiträge zum 16. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, München 2010. Wichmann, Berlin, S. 297-307.
ISBN 978-3-87907-492-1

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.) [2003]: GESA-Symposium 2003. Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Messtechnik, Monitoring und Beanspruchungsanalyse. VDI-Berichte Nr. 1757, VDI-Verlag, Düsseldorf, 554 S.
ISBN 3-18-091757-1

Welsch, Walter / Heunecke, Otto / Kuhlmann, Heiner [2000]: Handbuch Ingenieurgeodäsie, Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Wichmann, Heidelberg, 507 S.
ISBN 3-8707-295-7

Woschitz, Helmut [2010]: Entwicklung einer langarmigen faseroptischen Strain-Rosette zum Monitoring eines Rutschhanges. In: Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation (VGI), 98. Jhrg., Heft 1, Wien, S. 29-39.
ISSN 0029-9650
http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i2720/publications/papers/documents/2010_VGI_WHD.pdf
letzter Aufruf: 13.01.2012.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Otto Heunecke

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, D-85577 Neubiberg

E-Mail: otto.heunecke@unibw.de

Thomas Horst

Der Memminger Arzt Jakob Stopel († 1535) und sein humanistisch geprägtes Umfeld

Kulturhistorische Betrachtungen zum *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“* von 1519

Zusammenfassung

Der Beitrag untersucht erstmals das für die Kartographie des frühen 16. Jahrhunderts aufgrund seiner umfangreichen Koordinatenlisten bedeutsame geographische Werk „Repertorivm in Formam Alphabeticam“ des Memminger Stadtarztes Dr. JAKOB STOPEL († 1535), das 1519 in der Offizin des Gutenberg-Nachfolgers ALBERT KUNNE gedruckt wurde. Mit der Betrachtung von STOPELS wissenstheoretischem Umfeld – Freundschaft mit dem Benediktinerpater NIKOLAUS ELLENBOG (1481-1543) – werden gänzlich neue Einblicke in den schwäbischen Klosterhumanismus ermöglicht. Zudem werden Vorschläge gegeben, welche kartographischen Quellen STOPEL für sein geographisches Lexikon verwendet haben könnte.

Summary

The article deals for the first time with the “Repertorivm in Formam Alphabeticam”, a geographical dictionary compiled by Dr. JAKOB STOPEL († 1535), which contains more than 8600 geographical coordinates of regions, towns, waters and mountains. STOPEL was a general practitioner in the imperial city of Memmingen, Swabia. His opus was printed in 1519 by ALBERT KUNNE, who had a printing press in Memmingen since 1509. The detailed analysis of the scientific environment in which STOPEL worked and offers new insights into the Humanism in Swabian monasteries of this time – for example, his friendship with the Benedictine monk NIKOLAUS ELLENBOG (1481-1543). In addition, the article discusses the cartographic sources of STOPEL’s table of coordinate, which includes the location of places in the New World, remarkable information for this time period.

1. Einführung

Als ich das erste Mal im Jahre 2004 mit KURT BRUNNER, der sich als Professor für Kartographie und Topographie stets um die Erforschung des eigenen Faches bemüht hat, Kontakt aufnahm, war ich als junger Historiker sehr beeindruckt, welche Fülle an einschlägigen Studien und Materialien er über Jahrzehnte lang in seinem Dienstzimmer gesammelt hatte.[1] Auf die erste Begegnung folgten zahlreiche, intensive fachliche Gespräche, die sich im Laufe der Zeit zu einem äußerst fruchtbringenden, interdisziplinären Diskurs entwickeln sollten. Seit 2005 war ich als Wissenschaftler an seinem Lehrstuhl tätig. In den letzten Jahren ist nicht nur meine kartographiehistorische, von ihm betreute Dissertation entstanden; vielmehr wurde mein Interesse an der Geschichte der Kartographie mit zahlreichen gemeinsamen Projekten weiter gefestigt.

Deshalb freue ich mich, im Rahmen dieser Festschrift für meinen Mentor erstmals ein bislang in der Geschichte der Kartographie weitgehend unberücksichtigtes Thema vorstellen zu können, das bereits Gegenstand unseres ersten fachlichen Gespräches war: Professor BRUNNER hatte mir nämlich berichtet, dass er 1998 bei einem Besuch in einer Ausstellung in Memmingen einen seltenen Druck mit der Angabe von Koordinaten gesehen habe. Meine diesbezüglichen Nachforschungen haben ergeben, dass es sich dabei um das 1519 in Memmingen gedruckte *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“* des dort praktizierenden Stadtarztes JAKOB STOPEL († 1535) handelte. In der freien Reichsstadt Memmingen lebten zu Beginn des 16. Jahrhunderts zahlreiche Ärzte, Drucker und Gelehrte *[Kießling, 1997, S. 220-225]*. Zugleich war die Stadt bis 1517 das Zentrum der *Welser-Vöhlin-Gesellschaft*, die ihren Handel im Entdeckungszeitalter bis nach Venezuela auszudehnen versuchte *[Horst, 2006a]*.

Um das geographische Opus des weltoffenen Geistes STOPEL besser verstehen zu können, ist es notwendig, zunächst auf sein Umfeld und den Klosterhumanismus seiner Zeit einzugehen. Denn im humanistischen Zeitalter war es keineswegs unüblich, dass sich Ärzte wie HARTMANN SCHEDEL (1440-1514), HIERONYMUS MÜNZER († 1508) *[vgl. Wawrik, 2010]* oder WOLFGANG LAZIUS (1514-1565) *[vgl. den Beitrag von Petra Svatek in vorliegender Festschrift, S. 237-248]* als Universalgelehrte auch mit kartographisch-kosmographischen und astronomisch-astrologischen Fragen beschäftigt haben –

[1] Er hat mir dieses Material stets bereitwillig zur Verfügung gestellt, wofür ihm an dieser Stelle recht herzlich gedankt sei.

so beispielsweise auch in der bekannten *Schedelschen Weltchronik* von 1493, wie *Brunner* zuletzt *[2010]* gezeigt hat.

2. Der Arzt Ulrich Ellenbog (1435-1499) – Vorgänger und Vorbild Stopels?

Zum humanistisch geprägten Umfeld von STOPEL gehörte sicherlich auch sein Vorgänger, Dr. ULRICH ELLENBOG (1435-1499), der wie der in Nürnberg wirkende HIERONYMUS MÜNZER aus Feldkirch in Vorarlberg stammte und ein Vertreter des oberdeutschen Stadtbürgertums war. Von ELLENBOGs vielfältigen Interessen zeugen mehrere pharmazeutische und gewerbehygienische Schriften, die zum größten Teil im Bauernkrieg verloren gingen. Erhalten haben sich jedoch zwei medizinische Inkunabeln unter dem Titel *„Ain wunderbaere jnstruction vnd vnderwysung wider die pestilentz" [Ellenbog, 1494]* sowie eine *„Ordnung wider die Pestilentz" [Breher, 1942, S. 39-98; Saam, 1991, S. 126f., Nr. 70/71]*, beide in deutscher Sprache.[2] Nach seinem Studium der Sieben freien Künste (Septem Artes Liberales) an den Universitäten Wien und Heidelberg (ab 1453), wo ELLENBOG im Alter von 20 Jahren zum Magister Artium ernannt wurde, ging er zum weiteren Studium an die italienische Hochschule nach Pavia, wo er 1459 zum Dr. med. promovierte *[Schwinges, 2001ff.]*. Nach seiner Rückkehr war er bis 1468 in seiner Heimatstadt Feldkirch als Arzt tätig. Im Jahre 1470 kam er wohl erstmals mit seiner aus Ravensburg stammenden, sehr wohlhabenden Frau MARGARETHE, geborene WEBER († 1489), die ihm insgesamt zwölf Kinder schenken sollte, in die freie Reichsstadt Memmingen *[Bigelmair, 1956, S. 117f.]*. Etwa zur selben Zeit ist er auch in Augsburg zu finden, wo er als Arzt des dortigen Bischofs PETER VON SCHAUMBERG (1388-1469) sowie des Dompropstes und des Domkapitels bis 1478 wirkte. Am Hof des Fürstbischofs von Augsburg bestanden seit der Mitte des 15. Jahrhunderts recht enge Beziehungen zu einer Reihe von Humanisten, darunter auch zum Arzt HERMANN SCHEDEL († 1485, ein Onkel von HARTMANN SCHEDEL (1440-1514), dem Herausgeber der nach ihm benannten Weltchronik) oder zum Benediktinermönch SIGMUND MEISTERLIN († 1497), der mit seiner *„Chronographia"* im Jahr 1457 ein erstes deutschsprachiges humanistisches Geschichtswerk vorgelegt hatte *[vgl. Zoepfl, 1949]*. Wenig später wirkte in der Fuggerstadt auch der bedeutende Augsburger Stadtschreiber KONRAD PEUTINGER (1465-1547), der eine umfangreiche Bibliothek besaß *[Künast / Zäh, 2003/2005]* und mit zahlreichen Humanisten seiner Zeit in brieflichem Kontakt stand *[König, 1923]*. Er zeigte zusammen mit WILLIBALD PIRCKHEIMER (1470-1530) ein reges Interesse an der Geographie *[Weyrauther, 1907]*. Nach PEUTINGER ist deshalb zu Recht eine auf die Spätantike zurückgehende Straßenkarte, die sog. *„Tabula Peutingeriana"*, benannt worden.[3]

Geographische Studien wurden auch an der 1472 gegründeten bayerischen Landesuniversität Ingolstadt gepflegt, wo ELLENBOG als einer der ersten Professoren für Medizin im Sommersemester 1472/73 belegt ist.[4] Nach dem Ableben seines Schwiegervaters zog er 1478 zur besseren Verwaltung der ererbten Güter nach Biberach an der Riß. Die Wanderjahre endeten jedoch mit seiner Niederlassung in der Freien Reichsstadt Memmingen im Jahre 1482, wo er bis zu seinem Tode am 19. Januar 1499 als Stadtarzt praktizierte. Der aufgrund seines Könnens weit über Schwaben hinaus bekannte und von Fürsten recht umworbene Humanist[5] besaß zudem eine sehr reichhaltige Bibliothek, die den Schwerpunkt nicht nur auf medizinische, sondern auch auf theologisch-erbauliche Werke richtete und ihm sicher auch als Arbeitsmittel für seine zahlreichen Studien diente. Diese Bibliothek ging zwar zum größten Teil im Zuge des Bauernkrieges verloren *[Zoepfl, 1919a, S. 143-147]*; trotzdem konnte sie teilweise rekonstruiert werden *[Fürbeth, 2000]*. Von ELLENBOGs Nachkommen *[vgl. Bigelmair / Zoepfl, 1938, S. XXXIII-LVII]* spielt vor allem sein Sohn NIKOLAUS ELLENBOG (1481-1543), der neben JOHANNES TRITHEMIUS (1462-1516) und VEIT BILD (1481-1529) einer der bedeutendsten Vertreter der Benediktiner im Rahmen des Klosterhumanismus war, eine nicht unbedeutende Rolle *[vgl. Dörner, 2006; und Abschnitt 4]*.

[2] Die *„Ordnung wider die Pestilentz"* enthält im Zeitalter des schwarzen Todes wichtige hygienische Verhaltensvorschriften für die Memminger Bürger für den Fall einer schon eingetretenen Erkrankung sowie präventive Ratschläge zur Vermeidung einer Gesundheitsgefährdung. Sie war auf Veranlassung des Memminger Rates bereits im Jahre 1482 entstanden *[Breher, 1942, S. 9;* vgl. dazu auch: *Ellenbog, ca. 1485/90]*. Einige Teile dieser kurzen Abhandlung sind im *„Codex Latinus Monacensis 4749"* der Bayerischen Staatsbibliothek zu finden, darunter auch zwei Briefe von STOPEL an einen Frater und den Prior des Augustinerklosters in Mindelheim (fol. 96). Die *„Ordnung"* wurde zudem von ELLENBOGs Sohn NIKOLAUS in der Druckerei des Klosters Ottobeuren neu herausgegeben *[Bigelmair, 1956, S. 123]*. Einen Überblick über die medizinischen und alchemistischen Schriften des ULRICH ELLENBOG gibt *Schnitzlein [1983, S. 22-26]*.

[3] Vgl. *Nüssli [2007]* sowie *Weber [1976]*.

[4] Vgl. seine Immatrikulation am 5. Mai 1472 *[Pölnitz, 1937, Sp. 15]*. Zudem wissen wir, dass ULRICH ELLENBOG am 27. Juni 1472 an den Beratungen über die Statuten der medizinischen Fakultät teilnahm *[Breher, 1942, S. 5]*. In der British Library in London befindet sich nämlich unter der Signatur Add. 27307 sein medizinisches Tagebuch mit verschiedenen Eintragungen über die Behandlung von Patienten aus den Jahren 1470 bis 1486 *[Zoepfl, 1919a, S. 139; Kürten, 1931, S. 249-257]*. Dieses berichtet auch über seine Teilnahme an der Gründungsfeier der Ingolstädter Universität *[Kürten, 1931, S. 245f.]*.

[5] Sein enges Verhältnis zum bayerischen Herzogshaus wird durch eine demselben gewidmete Handschrift in der Herzog-August-Bibliothek in Wolfenbüttel *[Ellenbog, ca. 1470-1473]* belegt. Ab 1484 war ELLENBOG zudem auch als Stadtarzt von Ravensburg tätig. Von 1487 bis 1490 wird er darüber hinaus in den Quellen auch als Leibarzt von Erzherzog SIGISMUND DEM MÜNZREICHEN VON TIROL (1427-1496) genannt und scheint sich somit zumindest fallweise in Innsbruck aufgehalten zu haben *[Assion, 1982, S. 50 und S. 57-64]*.

3. Leben und Werk des Memminger Arztes und Humanisten Jakob Stopel († 1535)

Es kann nur vermutet werden, dass der Memminger Humanist JAKOB STOPEL (auch: STOPPEL) seinen Vorgänger, mit dessen Sohn er in engem Kontakt stand, auch als persönliches Vorbild ansah. Im Gegensatz zu ULRICH ELLENBOG ist jedoch über die Herkunft STOPELS und seine Familie nur sehr wenig bekannt.[6] Trotz intensiver Recherchen konnte bisher keine entsprechende Immatrikulation an einer der führenden medizinischen Hochschulen jener Zeit (wie etwa an der Universität Montpellier) aufgefunden werden. Es erscheint jedoch als gesichert, dass STOPEL zumindest elementare Kenntnisse des Triviums (Grammatik, Dialektik und Rhetorik) sowie des Quadriviums (Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie) gehabt haben muss, denn in den Bestallungsurkunden von 1501, 1507 und 1511 *[vgl. Staatsarchiv Augsburg, Reichsstadt Memmingen, Urkunde 504* (16. Dezember 1501)*, 522* (14. Dezember 1507*) und 540* (16. Dezember 1511)*]*[7] wird er stets als hochgelehrter Herr und *„der Siben freyen kunst vnd der Ertzney doctor“* bezeichnet. Seine jährliche Besoldung wird darin mit 30 Gulden samt einer Abgeltung in Naturalien angegeben; dafür war er jedoch frei von weiteren Abgaben. Seinen ersten Sold investierte er in den Kauf eines Hauses in der Memminger Herrenstraße, das er 1511 abbezahlt hatte. Am 16. November 1512 immatrikulieren sich seine beiden Söhne JOHANNES und JAKOBUS jr. zusammen an der Universität Tübingen *[Hermelink, 1906, S. 193, Nr. 78 & 79]*.[8] Als im selben Jahr in Memmingen eine Stadtapotheke eingerichtet wurde, wurde beschlossen, dass STOPEL diese selbst nicht führen durfte. Dafür wurde ihm zugesichert, dass es keinem fremden Arzt gestattet sei, in der freien Reichsstadt zu praktizieren. Im Gegenzug musste STOPEL jedoch Spitalbedürftige umsonst behandeln *[Unold, 1826, S. 125]*. In dieser Zeit war der Memminger Stadtarzt bereits weit über seine Heimatstadt hinaus bekannt, denn anders ist es nicht zu erklären, wieso 1518 der Baseler Bischof CHRISTOPH VON UTENHEIM (reg. 1502-1527), dessen Bruder sich an der *„Mala Francesca“* (Syphilis)[9] infiziert hatte, vom Memminger Rat die Beurlaubung des Arztes forderte, *„weil er beruehmt, daß er mit solchen Curen wol vmbgehen koenne“ [Schorer, 1660, S. 56]*. Im folgenden Jahr ist STOPEL zugleich als Stadtarzt in Kaufbeuren belegt *[Visel, 1970, Sp. 244]* und betätigte sich auch politisch: So vertrat er die freie Reichsstadt bereits 1516 beim Ankauf des Dorfes Woringen und gehörte 1525 einer Kommission an, die im Memminger Rathaus eine Disputation zwischen katholischen und evangelischen Geistlichen zu beurteilen hatte. In den Folgejahren (1528-1530) sind in den Protokollen des Memminger Rates jedoch auch enorme Beschuldigungen gegen STOPEL wegen angeblicher Unzucht mit der Androhung der Verweisung aus der freien Reichsstadt zu finden *[Visel, 1963, S. 36]*. Derselbe scheint in seinen letzten Lebensjahren auch ein Anhänger des Memminger Reformators SIMPERT SCHENK, ein abtrünniger Karthäuser und Bekannter ZWINGLIS *[Bigelmair, 1956, S. 136]*, gewesen zu sein. STOPEL ist schließlich – wie ein Grabstein berichtet *[Braun, W. 1975; Ehrhart, 1813, S. 331]* – 1535 verstorben und wurde beim St. Leonhardskirchlein außerhalb der Stadt begraben. Bleibenden Ruhm als Geograph hat der umseitig gebildete Arzt vor allem aufgrund der deutschen Erstnennung von Amerika in seinem *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“* erhalten (vgl. Punkt 4). Jedoch war er publizistisch auch auf astrologischem Gebiet und im Kalenderwesen tätig.

3.1 Astrologische Schriften

Im Januar des Jahres 1514 beobachtete man, so berichtet eine Memminger Chronik von 1660, an unterschiedlichen Orten je drei Sonnen und Monde *[Schorer, 1660, S. 61]*. Diese Himmelserscheinung gab Anlass für *„Die außlegung Jacobi Stopels | Der freyen ku[e]nst | vn[d] ertzney doctor zu Memmingen Auff die iij. Sun|nen und Mo[e]n so gesechen sind vff den x. vnd xj. tag | Jenner. Dar nach xvij. Marcij Anno d[omi]ni.1514. | Wie hie nacher bezaichnet ist“ [Stopel, 1514]*. In dem astrologischen Traktat wird die Entstehung der Himmelserscheinung näher erläutert. Bei der astronomischen Deutung stützte sich STOPEL auf das im Altertum berühmt gewordene Lehrgedicht *„Phainomena“* des ARATUS VON SOLEI (3. Jh. v. Chr.), jedoch auch auf den griechischen Philosophen ARISTOTELES (384-322 v. Chr.), auf den an der Bibliothek in Alexandria wirkenden Astronomen CLAUDIUS PTOLEMÄUS (2. Jh. n. Chr.) sowie *„andern natu[e]rlich[e]n maister“*, zu denen STOPEL den persischen Mathematiker ALBUMASAR († 886) rechnet. Nach seinem Urteil bringe diese Konstellation der Gestirne großes Unheil hervor, wozu *„groß rauberey vnd morderey“* sowie die *„Niderdruckung der Cristen“* gehöre. Im Zeitalter der Bauernaufstände und der Türken-

[6] STOPEL wurde wohl um 1480 geboren. Er war mit AGNES, geb. BÖPPLIN (PÖPPEL), die am 16. November 1522 in Memmingen verstorben ist, verheiratet. Die gemeinsame Tochter MARGARETHE (um 1500-1537) ehelichte 1522 den Memminger Großzunftmeister, Stadtamtmann und Geheimen Rat GORDIAN SÄTTELIN VON EISENBURG (um 1495-1560) *[vgl. Visel, 1963, S. 36]*. Eine andere Tochter STOPELS, über die nichts Weiteres bekannt ist, war mit dem Memminger Kaufmann WILHELM II. HAINTZEL (um 1480-1532), der auch in Venedig tätig war, verheiratet.

[7] Eine weitere Urkunde von 1516 befindet sich im Stadtarchiv Memmingen; ähnliche Bestätigungen erfolgten 1521 und 1524.

[8] Am 21. Juni 1514 erwarben die beiden Brüder, die im Sommer 1514 auch an der Hochschule in Wittenberg eingeschrieben waren, in Tübingen das Baccalaureat. Der Name von JOHANNES STOPEL ist zusätzlich in einer Gruppenimmatrikulation an der Universität in Ingolstadt unter dem 29. Mai 1517 neben einem gewissen GABRIEL STOPEL aus Memmingen zu eruieren *[Pölnitz, 1937, Sp. 409, Zeile 20 und 21]*.

[9] Die Syphilis versuchte man damals mit dem aus Amerika eingeführten Guajak-Holz zu behandeln.

gefahr musste eine solche Aussage auf die Zeitgenossen durchaus bedrohlich wirken. Auch in den Folgejahren scheint STOPEL ähnliche *„Prognostica“* verfasst zu haben *[vgl. Steinhofer, 1744, S. 261]*.

3.2 Einblattdrucke zum Kalenderwesen

Der Memminger Arzt trat aber auch auf dem Gebiet der Chronologie als Verfasser eines deutschen Kalenders für das Jahr 1505 in Erscheinung. Der in roter und schwarzer Farbe vom Memminger Drucker ALBERT KUNNE in Holz geschnittene Einblattdruck ist nur fragmentarisch in einem Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek erhalten *[Stopel, 1505; vgl. Zinner, 1941, S. 138, Nr. 853]*. Das großformatige Blatt im Hochformat (B = 22 cm, H = 49 cm) enthält Ratschläge für den günstigen Zeitpunkt für Garten- und Landarbeiten und endet mit den Worten *„Jacobus Stopel artium et medicinae doctor in Memmingen“ [Abbildung bei Visel, 1963, S. 14; Weller, 1864, Nr. 278]*.[10]

Ein ähnlicher Wandkalender wurde 1551 *„Gepracktıciert durch Jacobum Stoppel“* und unter dem Titel *„Nach der geburt Christi, M.D.LII. welchs würt ein Schaltjar“* in KNOBLOCHs Druckerei in Straßburg publiziert. Ein Exemplar dieses seltenen Einblattdruckes (B = 30 cm, H = 72 cm) mit einem kleinen Holzschnitt den Aderlass betreffend wurde im November 2011 beim Auktionshaus *Reiss & Sohn* in Königstein im Taunus versteigert *[Reiss & Sohn, 2011]*. Die Autorschaft STOPELs ist hier wohl fingiert, wenngleich natürlich die Möglichkeit besteht, dass dieser Kalender ein Werk seines gleichnamigen Sohnes darstellt.

4. Stopels wissenstheoretisches Umfeld: seine Freundschaft mit dem Benediktiner Nikolaus Ellenbog (1481-1543)

NIKOLAUS ELLENBOG wurde am 18. März 1481 als elftes und letztes Kind der vermögenden MARGARETHE ELLENBOG in Biberach an der Riß geboren. Nach dem Umzug der Familie nach Memmingen, wo sein Vater ULRICH als Stadtarzt praktizierte, scheint NIKOLAUS zunächst die Lateinschule der Freien Reichsstadt besucht zu haben, ehe er sich zum Studium 1497 an die Universität Heidelberg begab, das er am 8. November 1499 mit dem Baccalaureus artium abschloss *[vgl. Dörner, 2006, Sp. 600]*. Seine weitere Ausbildung, die zunächst darauf ausgerichtet war, in die Fußstapfen seines Vaters als Arzt zu treten, absolvierte er an der Hochschule Krakau (Immatrikulation am 15. November 1501), wo damals unter dem schlesischen Mathematiker JOHANN VON GLOGAU (um 1445-1507), der auch den bekannten Astronomen NIKOLAUS KOPERNIKUS (1473-1543) beeinflusst hat, ein Zentrum der Astronomie angesiedelt war. Grundlegende Kenntnisse in diesem verwandten Fachgebiet waren für jeden Medizinstudenten jener Zeit unerlässlich. Mit dem Wechsel an die französische Universität Montpellier, einer zeitgenössischen Hochburg für die medizinische Ausbildung, setzte NIKOLAUS in den Jahren 1502 und 1503 seine Studien fort. Während einer Reise in die Gascogne fasste er jedoch bei einem Aufenthalt in einem Dominikanerinnenkloster den Entschluss, Mönch zu werden. Nach seiner Rückkehr in die schwäbische Heimat und nachdem er eine dreimonatige, lebensgefährliche Erkrankung überstanden hatte *[Zäh, 2010, S. 243]*, trat er am 23. Februar 1504 in das unweit von Memmingen liegende Benediktinerkloster Ottobeuren ein. Rund zwei Jahre später wurde er in Augsburg zum Priester geweiht und feierte am Weißen Sonntag 1506 seine Primiz. Der Benediktinerkonvent in Ottobeuren wurde in dieser Zeit von einem unfähigen Abt geleitet, was zu einer wirtschaftlichen und personellen Krise führte. Mit der Abtwahl des aus Schrezheim bei Dillingen stammenden LEONHARD WIDENMANN, der hier die Melker Klosterreform einführte und die Schicksale des Konventes 38 Jahre lang bestimmen sollte, konsolidierte sich die Lage. Der neue Abt zeigte durchaus Verständnis für ELLENBOGs humanistische Ambitionen, in deren Mittelpunkt das Studium der hebräischen Originaltexte stehen sollte. Nach nur vier Jahren in der klösterlichen Gemeinschaft wurde dem begabten Mönch NIKOLAUS das Amt des Priors übertragen, das er zunächst bis 1512 und erneut von 1534 bis 1538 ausführte; von 1512 bis 1522 musste er die wirtschaftlichen Belange des Klosters als Cellerar regeln, was seinem eigentlichen Ziel eines *„rein kontemplativen Klosterlebens“ [Zäh, 2010, S. 244]* widersprach. Immerhin war er zugleich auch Verwalter der klösterlichen Bibliothek, die er insbesondere als Novizenmeister (1522-1531) mit zahlreichen Anschaffungen von humanistischen Schriften (so beispielsweise der *„Tabulae directionum“* des JOHANNES REGIOMONTANUS *[Bigelmair, 1956, S. 124])* erweitern und sicherlich auch für das eigene Studium nutzen konnte. Von 1509 an war er zudem für die klösterliche Druckerei zuständig, die in Ottobeuren bis 1525, als das Kloster während des Bauernkrieges geplündert wurde, bestand *[Bigelmair/Zoepfl, 1938, S. XLVIII; Neudert, 1986, S. 89; Visel, 1953, S. 2]*. Erst ein langwieriges Gichtleiden schränkte ELLENBOG ab 1536 immer mehr ein. Am 6. Juni 1543 ist er in Ottobeuren verstorben. Somit hat er die Gründung einer benediktinischen Ordenshochschule zur Hebung des wissenschaftlichen Geistes nur noch am Rande erlebt. Während des Schmalkaldischen Krieges (1546/47) wurde diese, die 1544 bereits nach Elchingen verlegt worden war, aufgelöst. Sie etablierte sich erst 1549 in Dillingen an der Donau *[Zoepfl, 1919b]*.

Von NIKOLAUS ELLENBOG sind uns drei gedruckte und mehrere handschriftlich erhaltene Werke, darunter

[10] Für die Auffindung dieses Kalenderblattes in der Bayerischen Staatsbibliothek sei Herrn THEO BAUER (BSB München) herzlich gedankt. Es findet sich nämlich bei der Werkübersicht des Druckers KUNNE *[Saam, 1991]* nicht erwähnt.

eine um 1540 verfasste Klosterchronik *[Staatsarchiv Augsburg, Reichsstift Ottobeuren, MüB 6]*, einige Kollektaneen, Kommentare, exegetische Arbeiten sowie kontrovers-theologische Schriften, aber auch astronomisch-astrologische Traktate überliefert. So befindet sich in der Herzog-August-Bibliothek in Wolfenbüttel eine von ihm angefertigte Kopie der *„Phainomena"* des ARATUS VON SOLEI *[Ellenbog, Anfang 16. Jh.]*; darüber hinaus wandte er sich in einem, seinem Bruder JOHANNES gewidmeten Werk gegen die Totenbeschwörung *[Dörner, 2006, Sp. 608]*.

Das äußerst reichhaltige wissenschaftliche Opus des humanistisch gesinnten Mönches wird jedoch in einer vollständig erhaltenen, rund 891 Stücke umfassenden Briefsammlung *[Bigelmair/Zoepfl, 1938]* eindrucksvoll dokumentiert. Im humanistischen Rückgriff auf die in der Antike verwendete literarische Form des Briefes *[Neudert, 1986, S. 88]* fertigte ELLENBOG seit seinem Klostereintritt bis zu seinem Tode zahlreiche Kopien von an ihn gerichteten Briefen in einem Briefbuch an, das insgesamt vier Bände umfasst. Diese Sammlung gehört zu den *„bedeutenderen Briefcorpora des deutschen Humanismus" [Zäh, 2010, S. 240]*, vor allem weil man darin das weit verzweigte wissenschaftliche Netzwerk, das sich ELLENBOG im Laufe der Zeit aufgebaut hatte, sowie einen regen Austausch von Büchern und Gedanken mit Gleichgesinnten erkennen kann. So korrespondierte er mit den führenden Humanisten seiner Zeit, zu denen neben KONRAD PEUTINGER sicherlich auch ERASMUS VON ROTTERDAM († 1536; vgl. Abb. eines Briefes bei *Pörnbacher [2002, S. 88]*) sowie KONRAD PELLICAN (1478-1556), um nur einige seiner Briefpartner zu nennen, gehörten *[Müller, H., 2006; Posset, 2005]*. In den Briefen sind interessante Details zur zeitgenössischen Kartographie zu finden, die bislang von der Forschung übersehen worden sind.

4.1 Kartographische Hinweise in Ellenbogs Briefwechsel

So bemühte sich ELLENBOG nach den Wirren des Bauernkrieges beim Memminger Priester LUKAS FECHLIN intensiv um eine neue, wohl großformatige Weltkarte für sein Kloster *[Brief VI, 47 vom 18. Mai 1534]*, die dort *„allen sichtbar"* aufgehängt werden sollte, nachdem eine ältere Karte auf makabre Weise verloren gegangen war: Ein Bauer hatte sie (ohne den Wert dieses kartographischen Dokumentes zu erkennen) entwendet und seiner Ehefrau übergeben, die schließlich das Kartenbild zerstörte, um davon die Leinwand abzulösen *[Bigelmair/Zoepfl, 1938, S. LIV]*. FECHLIN übersandte daraufhin dem Kloster Ottobeuren neben einer neuen Weltkarte auch einen kleinen Erdglobus. Bereits 1531 hatte ELLENBOG vom Kloster Donauwörth einen *„Globus tornatilis pro inscribendis stellis fixis"* erbeten und diesen auch erhalten *[Briefe V, 65 und 75 vom 2. Januar und 9. April 1531]*. Wenig später wird in seinen Briefen davon berichtet, dass der Stadtschreiber von Füssen, MARTIN FURTENBACH[11], ihn um die Überlassung eines großen, noch nicht bemalten Himmelsglobus gebeten hat. Dieser Bitte konnte ELLENBOG jedoch nicht nachkommen, weil er diesen selbst erst fertigstellen wollte *[Brief VI, 46 vom 8. April 1534]*. Diese vereinzelten Hinweise mögen genügen, um die Bedeutung der Kartographie im Zeitalter des Klosterhumanismus hervorzuheben.

4.2 Wissenschaftlicher Austausch mit Jakob Stopel

Unter diesem Aspekt gilt es auch, rund 20 lateinische Briefe aus der Zeit zwischen 1504 und 1532 zu betrachten, die belegen, dass ELLENBOG mit dem Nachfolger seines Vaters, dem Memminger Stadtarzt Dr. JAKOB STOPEL, in engem Kontakt stand: STOPEL hatte ihm nämlich die Schriften des GIOVANNI PICO DE MIRANDOLA (1463-1494) *[Brief I, 32 von 1506]*, des JOHANNES VON DAMASKUS (7./8. Jh.) *[Brief I, 100 vom 10. März 1511]* und die *„Theoricae planetarum"*, *„ein geradezu göttliches Werk"* des italienischen Astronomen JOHANNES CAMPANUS VON NAVARRA (um 1500 - um 1575) *[Brief II, 64 vom 23. Juli 1514]* ausgeliehen; ebenso die bei ALBERT KUNNE in Memmingen gedruckte geographische Studie *„In Europam"* des AENAES SILVIUS PICCOLOMINI (Papst PIUS II., 1405-1464, vgl. *Brief I, 11 vom 1. April 1505*), die *„Navigationes"* des AMERIGO VESPUCCI (1454-1512), die in STOPELS Exemplar der 1507 in Saint-Dié-des-Vosges gedruckten *„Cosmographiae Introductio" [Lehmann, 2010]* des MATTHIAS RINGMANN (PHILESIUS, 1482-1511) enthalten waren *[Brief I, 100 vom 10. März 1511; vgl. Visel, 1970, Sp. 243]* sowie die *„Ephemeriden"* des JOHANNES SCHÖNER (1477-1547) für das Jahr 1532 *[Brief VI, 11 vom 1. August 1532]*. Optimal ergänzt wurden diese Schriften durch den *„Almagest"* des CLAUDIUS PTOLEMÄUS, der durch die lateinische Übersetzung des GEORG VON TRAPEZUNT (1395-1484) im 15. Jahrhundert dem Abendland erschlossen wurde. ELLENBOG empfand diese Lektüre jedoch für sein *„tardum ingenium"* als zu schwer *[Bigelmair/Zoepfl, 1938, S. LIX und Brief V, 81 vom 1. Mai 1531]*.

Im humanistisch geprägten Briefwechsel treten neben medizinischen *[Brief IV, 85 vom 6. September 1528 und Brief VI, 3 vom 15. März 1532]* und philosophischen Erkundungen vor allem astronomisch-astrologische *[Brief V, 88 vom 24. Oktober 1531]* und naturwissenschaftliche Fragestellungen *[Briefe V, 50 und 51 vom 30. September und 5. Oktober 1530 (zur Nativitäts-*

[11] Es kann nur vermutet werden, dass FURTENBACH mit dem Autor einer verlorenen, im Jahre 1535 für RAIMUND FUGGER (1489-1535) gefertigten, von einem Atlas getragenen Armillarsphäre, die sich lange Zeit in der kaiserlichen Hofbibliothek zu Wien befand *[Zinner, 1967, S. 317]*, identisch ist; derselbe legte zumindest im Januar 1538 eine astronomische Beschreibung eines gesehenen Kometen vor.

berechnung) sowie Brief V, 77 vom 16. Mai 1531 zum Werk „Decem tractatus astronomiae" des italienischen Astronomen GUIDO BONATTI († um 1300) und Brief VI, 30 zur Entfernungsberechnung in der Kosmographie des PTOLEMÄUS] in den Vordergrund.

Eine große Bedeutung nahm dabei der gegenseitige Austausch von einschlägigen Schriften und Karten ein: So hatte ELLENBOG, der STOPEL wohl seit seiner Kindheit in Memmingen kannte und als Arzt besonders schätzte, bereits 1504 astronomische Tafeln geliehen, die er kurz davor in Montpellier selbst erst erworben hatte *[Brief I, 2 vom 27. Mai 1504]*. Wenig später dankte ihm STOPEL für die Übersendung eines Spiegels, der seinen Platz über seinem Schreibtisch gefunden habe und der ihn stets zur Pflicht der Selbstreflexion ermahne *[Brief I, 40 vom 25. Januar 1507/08]*. 1511 diskutierte man schließlich über den von STOPEL auf einer Karte gezeichneten Plan des von DÄDALUS erbauten Labyrinthes auf Kreta *[Brief I, 98 und II, 2 vom 17. Februar und 8. März 1511]*. Im selben Jahr bat ELLENBOG den Memminger Arzt darum, die Ehre des Humanisten JOHANNES REUCHLIN (1455-1522)[12], der ein großer Förderer der hebräischen Sprachwissenschaft war, zu verteidigen *[Brief II, 12; Posset, 2005, S. 168; Müller, J.-D., 2010; Zäh, 2010]*. 1522 schließlich leitet ELLENBOG an seinen Freund die Bitte des Augsburger Benediktiners VITUS BILD (1481-1529, vgl. *Posset 2005, S. 133-154; Müller, H./Ziesack, 2003; Ziesack, 2006*), der bei JOHANNES STABIUS (um 1460-1522) seine Ausbildung erhalten hatte, um STOPELS *„Pileum cosmographum"* weiter *[vgl. Brief III, 80 vom 13. März 1522; sowie Braun, P. 1793, S. 188; Schröder, 1893, S. 180]*. Es kann nur vermutet werden, dass damit eine ebene, kartographische Darstellung der Erdoberfläche gemeint war, die STOPEL mithilfe der Kegelprojektion nachgeahmt oder gar selbst entworfen hat; zumindest hatte der LUTHER-Gegner JOHANNES ECK (1486-1543), der selbst auch geographisch tätig war *[Günther, 1894]*, bei seinem Besuch in Memmingen im Jahre 1515 so etwas bei ihm gesehen *[Franz, 1952; Schelhorn, 1730, S. 210f.]*. Dies erscheint durchaus möglich, nachdem STOPEL sicherlich schon seit 1515 mit der Kompilation der Koordinaten beschäftigt war, die er in seinem umfangreichsten und bedeutendsten Werk, dem *„Repertorivm in Formam Alphabeticam"*, für eine breitere Öffentlichkeit niederschrieb.

[12] ELLENBOG unterhielt seit 1508 briefliche Beziehungen zu REUCHLIN *[Brief I, 70; Zäh, 2010, S. 247]*, der wenig später durch die Schmähschriften des zum Christentum konvertierten Juden JOHANNES PFEFFERKORN (1469-1524) persönlich angegriffen und von einer Reihe von humanistischen Freunden, darunter auch von ERASMUS VON ROTTERDAM (1465/69-1536) und HEINRICH GLAREAN (1488-1563) unterstützt wurde.

5. Das geographische *„Repertorivm in Formam Alphabeticam"* von 1519

Von STOPELS geographischem Lexikon *[Saam, 1991, S. 158, Nr. 154; Uffenbach, 1730, Appendix II, S. 107f.]* konnten bislang lediglich sechs Exemplare weltweit ausfindig gemacht werden: So hat sich der Druck in der wissenschaftlichen Stadtbibliothek in Memmingen *[Signatur: 4° 12.17; vgl. Jahn/Berger, 1998, S. 99, Kat. Nr. 31]*, in der Newberry Collection, Chicago, USA, erworben 1969 bei *Sotheby's [Signatur: VAULT folio Ayer 7 .S88 1519; vgl. Johnson, 1970; Visel, 1970]*, in der Zentralbibliothek Bern, Schweiz *[Signatur: ZB Bong IV 905]*, aus dem Nachlass des französischen Diplomaten und Büchersammlers JACQUES BONGARS (1554-1612) mit einem handschriftlichen Register des JERONIMO SEYTZ, in der Universitäts- und Stadtbibliothek Köln *[Signatur: GBXI199+A]* sowie in der Österreichischen Nationalbibliothek Wien *[Signatur: Alt Prunk 72.E.9]* erhalten. Ein weiteres, mittlerweile digitalisiertes Exemplar befindet sich in der Universitätsbibliothek München *[Signatur: W 2 H.aux. 44; vgl. Stopel, 1519]*.

Das Opus weist einen Einband aus blind gepresstem Schweinsleder über Buchenholzdeckeln sowie 14 Lagen zu acht Blatt und einen Gesamtumfang von 116 Seiten auf. Es beginnt mit dem Incipit *„REPERTORIVM IN FORMAM ALPHABETI|cam redactu[m]"*, also einem detaillierten alphabetischen Verzeichnis, das – wie ein kurzer Text erläutert (Abb. 1) – alle Meere, Quellen, Flüsse, Berge, Völker, Staaten und Städte der damals bekannten Welt samt deren geographischen Längen- und Breitenangaben auflisten sollte. Als verwendete Quellen werden hierfür vom Autor neben der *„Geographike hyphegesis"* (Einführung in die Geographie) des PTOLEMÄUS auch Reiseberichte, Geschichten aus der Heiligen Schrift und *„alles Brauchbare von den übrigen gelesenen Geschichtsschreibern und Dichtern"* genannt. Diese Angaben seien nicht nur mit STOPELS geographischem Werk (Anspielung auf sein *„Pileum cosmographum"*?), sondern auch mit den übrigen Schriften und mit zahlreichen Karten (nicht nur von PTOLEMÄUS) in Übereinstimmung gebracht worden.

5.1 Der Drucker Albert Kunne († 1521)

Das Lexikon enthält durchschnittlich 39 Zeilen pro Seite, die in einer neuartigen Buchschrift, der Antiqua, die sich im italienischen Humanismus herausgebildet hatte, gestaltet wurde. Das Buch wurde auf eigene Kosten des Autors in der Memminger Offizin von ALBERT KUNNE (wohl in einer kleinen Auflage) gedruckt, der von etwa 1478 bis 1520 in der Freien Reichsstadt eine der frühesten deutschen Buchdruckerwerkstätten betrieb *[Saam, 1991]*. Im Kolophon seines ersten datierten Druckes, der 1482 unter dem Titel *„Fasciculus temporum omnes antiquorum cronicas complectens"* erschienenen Weltgeschichte von WERNER ROLEVINCK (1425-1502), nennt er sich *„Albertus Kunne de Duderstadt, Moguntinensis*

REPERTORIVM IN FORMAM ALPHABETI-
cam redactū. Inſe cōtinens totius iam cogniti orbis Terras
Maria. Fontes. Flumina. Montes. Gentes. Ciuitates atq;
villas. Secundū eorum longitudines ac latitudines. Tam
abipſo Ptholo. q̄ ceteris modernioribus luſtratas. Sacrę
ſcripturę hyſtorias legentibus. ceteriscp hyſtoriographis
ac poetis p vtile. Non ſolū huic meo operi Geographico.
Verum etiam ceteris vniuerſalibus chartis. necnon Ptholo.
tabulis accomodatum.

Bibl. Acad. Lund.

	Tabula Ptholo.	Longitu. G	M	Latitu. G	M
Abacena ciuitas	7 Europe	38.	0.	38.	15
Abacena ciui.	5 aſie	93.	0.	36.	0
Abadebe villa	3 affrice	51.	30.	30.	0
Abarbina ciui.	ibi	97.	0.	40.	10
Abaſorum promontorium	6 aſ.	92.	30.	23.	20
Abdara ciui.	2 euro.	10.	45.	37.	5
Abdera	9 euro.	52.	10.	41.	45
Abdira ciui.	2 affri.	34.	30.	30.	45
Abella ciui.	6 euro.	40.	0.	41.	10
Abellinum ciui.	ibi	40.	50.	40.	45
Abiſama ciui.	6 aſ.	82.	0.	11.	45
Abi flu. oſtia	1 euro.	21.	0.	56.	30
Abidus	1 aſ.	55.	20.	41.	15
Abilis colūna	1 affri.	7.	50.	35.	40
Abila ciui. vel Liſaulum	4 aſ.	63.	45.	33.	20
Abida ciui.	ibi	63.	15.	32.	45
Abinna ciui.	5 aſ.	85.	10.	33.	10
Abiſſa ciui.	6 aſ.	52.	20.	20.	15
Abiria regio	10 aſ.	118.	0.	25.	30
Abinta	9 euro.	43.	40.	48.	0
Abiſtrum	6 euro.	41.	0.	39.	25
Ablata ciui.	1 aſ.	68.	20.	42.	0
Abliana	3 aſ.	73.	0.	45.	15
Aboea ciui.	10 euro.	49.	45.	35.	10
Aboni menia	1 aſ.	62.	0.	44.	0
Abrauanni flu. oſtia	1 euro.	19.	20.	60.	45
Abrochos regio	3 affri.	57.	30.	23.	30
Abroſtola ciui.	1 aſ.	60.	30.	40.	50
Abragama ciui.	8 aſ.	163.	30.	39.	30
Abſindum	2 euro.	6.	30.	36.	50

A

Abb. 1: *Titelseite von* STOPELS *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“ (Memmingen, 1519).*

Dioecesis et admissum ab alma universitate coloniensi". Diese Nennung weist auf die im Eichsfeld bei Göttingen liegende Stadt Duderstadt als Geburtsort hin. In den dortigen Steuerlisten taucht KUNNE erstmals 1457 und 1459 auf; zwischen 1460 und 1465 scheint er jedoch seine Heimat verlassen zu haben. Es ist durchaus möglich, dass er in Mainz, das damals ein Zentrum der Buchdruckerkunst in der Nachfolge von JOHANNES GUTENBERG (um 1400-1468) darstellte, seine Ausbildung erhielt. 1475/76 ist er jedenfalls in Trient mit sechs Drucken nachweisbar *[Saam, 1991, S. 104-106, Nr. 1-6]*. Es kann deshalb angenommen werden, dass er hier als Schriftgießer mit der oberitalienischen Druckkunst in Berührung kam. In dieser Zeit wurde auch in Memmingen, das an einem bedeutenden Schnittpunkt von verschiedenen Fernhandelswegen lag, eine Papiermühle angelegt. Dies mag seine Entscheidung, hier eine Druckerei aufzumachen, beeinflusst haben *[Visel, 1997, S. 99]*. Von KUNNE, der bereits 1505 den Einblattkalender STOPELs verlegt hatte, sind insgesamt etwa 160 Drucke, darunter theologische Werke in lateinischer Sprache, Andachts- und Erbauungsliteratur, Schulbücher und medizinische Schriften nachgewiesen *[Reske, 2007, S. 612; Saam, 1991]*.[13] 1509 verkaufte seine Offizin eine Druckpresse an das Kloster Ottobeuren, das damit seine eigene Klosterdruckerei begründete. KUNNE selbst scheint 1521 – wohl als Opfer der Pest – in Memmingen verstorben zu sein.

5.2 Inhalt von Stopels Werk

Das *„Repertorivm in Formam Alphabeticam"* ist folgendermaßen aufgebaut:

A) Der umfangreichste Teil des Lexikons (fol. 1-104) besteht aus einem alphabetischen Verzeichnis von insgesamt 7.789 geographischen Örtlichkeiten, deren Koordinaten in drei Spalten auf der rechten Seite aufgeführt werden.

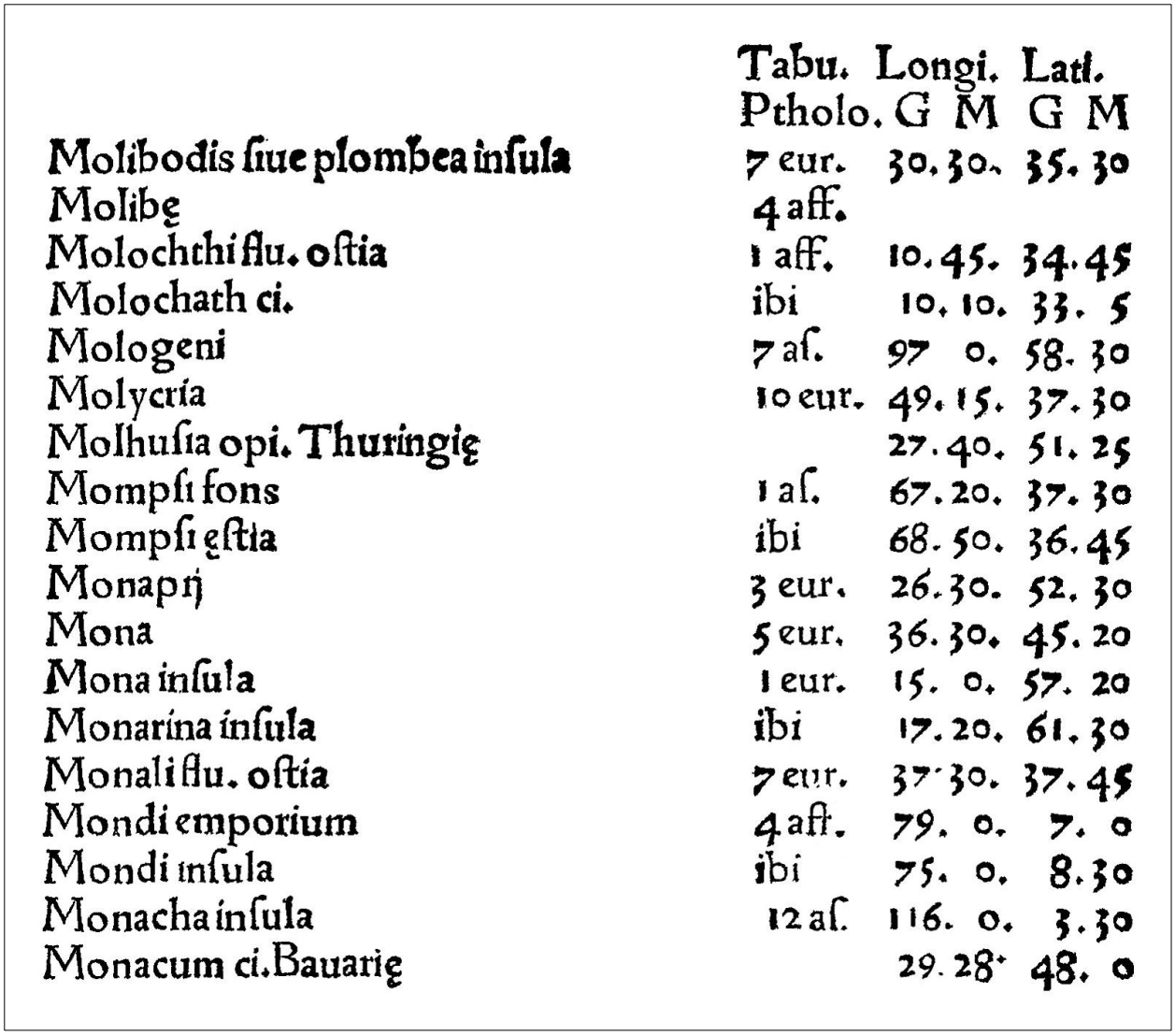
   Die erste Rubrik (*„Tabula Ptholo"*) führt dabei die entsprechende Kartentafel der *„Geographike hyphegesis"* des CLAUDIUS PTOLEMÄUS auf, wobei die Abkürzungen *„eur."*, *„aff."* und *„as."* die drei Kontinente Europa, Afrika und Asien bezeichnen, während das *„ibi[dem]"* (lateinisch für „ebendort") anzeigt, dass der jeweilige Ort (*„ci[vitas]"* oder *„op[p]i[dum]"*) auf derselben ptolemäischen Kartentafel wie der vorhergehende zu finden ist. Der Hauptteil (Buch 2, 2-7,4) dieses antiken griechischen Werkes *[Stückelberger / Graßhoff, 2006; Stückelberger / Mittenhuber, 2009]*, das bekanntlich im 15. Jahrhundert in lateinischer Übersetzung vorlag und unter dem Titel *„Cosmographia"* (Ulm, 1482 und 1486) *[vgl. Meine, 1982]* verlegt wurde, besteht aus Orts- und Koordinatenlisten, welche die geographischen Längen- und Breitenpositionen von etwa 8.100 Orten, Flüssen und Bergen der damals bekannten Ökumene angeben. Diese Ortspositionen wurden auch bei der Gestaltung der 26 ptolemäischen Regionalkarten verwendet, von denen zehn auf Europa, vier auf Afrika und zwölf auf Asien entfallen *[Pagani, 1990]*. Auf diese bezieht sich STOPEL in seiner ersten Spalte, wenngleich er hier auch Orte (vor allem in Preußen) aufführt, die er *„extra Pthol."*, also außerhalb des ptolemäischen Kartenwerkes aus neuen Karten, den sogenannten *„Tabulae modernae"*, entnehmen konnte. Jedoch wird dies – wie das Beispiel der bayerischen Landeshauptstadt München zeigt (Abb. 2) – nicht immer angegeben.

   In der zweiten und dritten Spalte wird jeweils die geographische Lage der genannten Örtlichkeiten nach deren Länge (*„Longitu[dum]"*) und Breite (*„Latitu[dum]"*) in Grad und Minuten erwähnt; Der Ausgangsmeridian für diese Angaben liegt bei den *„Insulae Fortunatae"* (Inseln der Glückseligen, Kanaren, vgl. auch *Forstner [2005, S. 21-23 und S. 63-68]*). Insgesamt ist bei dieser Koordinatenliste auffallend, dass die Buchstaben *„A"* (1.119 Einträge), *„C"* bzw. *„K"* (1.008 Einträge), *„S"* (793 Einträge) sowie *„P"* und *„T"* (jeweils 611 Einträge) besonders viele Orte verzeichnen, während die übrigen 17 Lettern eine durchschnittliche Anzahl von 216 Orten aufführen.

B) Darauf folgt ein kurzes Verzeichnis (fol. 105-110) unter dem Titel *„ABACVS AD DEPRENDENDAM (sic!) NOBILI|um locorum longitudinem ac latitudinem"*, wobei 166 bekanntere europäische und afrikanische Regionen mit der Angabe von 715 Örtlichkeiten samt deren geographischen Lage erfasst sind.

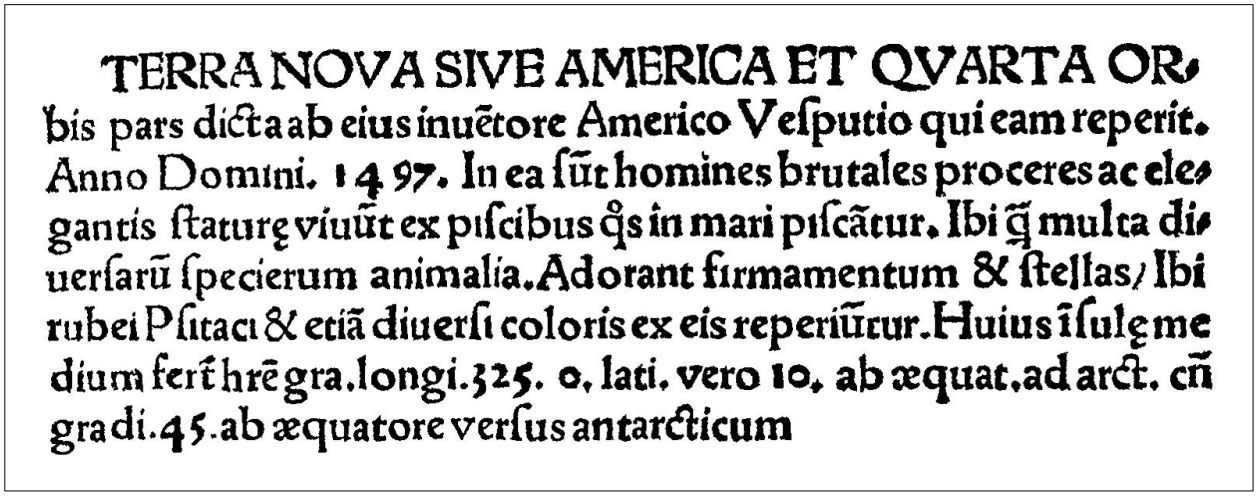
C) Für die Geographie der damaligen Zeit stellen vor allem die Entdeckungsreisen in den fernen Osten und in die Neue Welt einen markanten Wendepunkt dar. Deshalb hat STOPEL seinem Lexikon auch den asiatischen Kontinent und die dazugehörigen Inseln in einem eigenen Kapitel über *„INDIA SUPERIOR SIVE ORIENTALIS POST|PTHOLOMEI TEMPVS REPERTA"* (fol. 111-113) mit der Angabe von 78 Koordinaten hinzugefügt. In kurzen, ethnographisch relevanten Texten werden hier dem Leser die jeweiligen Bewohner, deren Sitten und die Tierwelt vorgestellt. Daran schließen sich interessante Ausführungen zum amerikanischen Kontinent (fol. 113f.) an. Nach der Meinung des Autors ist die Neue Welt von AMERIGO VESPUCCI im Jahre 1497 entdeckt worden (Abb. 3). Diese Information konnte STOPEL seinem Exemplar der *„Cosmographiae Introductio"* des MATTHIAS RINGMANN und dem elften Kapitel (60r-62r) der *„Luculentissima quaedam terrae totius descriptio"* des fränkischen Wissenschaftlers und Globenbauers JOHANNES SCHÖNER entnehmen *[Schöner, 1515, fol. 60r;* vgl. *Maruska, 2008; Wawrik, 1981]*.

[13] Jedoch war das Unternehmen bald in einer wirtschaftlichen Krise, denn 1501 wurde KUNNE vom Dekan des Stiftes Einsiedeln, ALBRECHT VON BONSTETTEN (1442/43-ca. 1504), der selbst auch kartographisch tätig war, angeklagt, weil er einen übernommenen Druckauftrag nicht ausgeführt hatte *[Visel, 1997, S. 99]*.



	Tabu. Ptholo.	Longi. G	M	Lati. G	M
Molibodis ſiue plombea inſula	7 eur.	30.	30.	35.	30
Molibę	4 aff.				
Molochthi flu. oſtia	1 aff.	10.	45.	34.	45
Molochath ci.	ibi	10.	10.	33.	5
Mologeni	7 aſ.	97	0.	58.	30
Molycria	10 eur.	49.	15.	37.	30
Molhuſia opi. Thuringię		27.	40.	51.	25
Mompſi fons	1 aſ.	67.	20.	37.	30
Mompſi ęſtia	ibi	68.	50.	36.	45
Monapŋ	3 eur.	26.	30.	52.	30
Mona	5 eur.	36.	30.	45.	20
Mona inſula	1 eur.	15.	0.	57.	20
Monarina inſula	ibi	17.	20.	61.	30
Monali flu. oſtia	7 eur.	37.	30.	37.	45
Mondi emporium	4 aſt.	79.	0.	7.	0
Mondi inſula	ibi	75.	0.	8.	30
Monacha inſula	12 aſ.	116.	0.	3.	30
Monacum ci. Bauarię		29.	28.	48.	0

Abb. 2: *Ausschnitt aus dem ersten Teil des geographischen Lexikons.*



TERRA NOVA SIVE AMERICA ET QVARTA OR-
bis pars dicta ab eius inuẽtore Americo Veſputio qui eam reperit.
Anno Domini. 1497. In ea ſũt homines brutales proceres ac ele-
gantis ſtaturę viuũt ex piſcibus q̃s in mari piſcãtur. Ibi q̃ multa di-
uerſarũ ſpecierum animalia. Adorant firmamentum & ſtellas/ Ibi
rubei Pſitaci & etiã diuerſi coloris ex eis reperiũtur. Huius ĩſulę me
dium ferẽt hrẽ gra. longi. 325. 0. lati. vero 10. ab æquat. ad arct. cũ
gradi. 45. ab æquatore verſus antarcticum

Abb. 3: *Nach Meinung des Memminger Stadtarztes* JAKOB STOPEL *wurde der amerikanische Kontinent von* AMERIGO VESPUCCI *1497 entdeckt.*

Im Einzelnen werden von STOPEL in der Neuen und Alten Welt folgende Regionen (mitsamt ihrer geographischen Lage) aufgeführt:

- *„PARIAS INSVLA“,*
- *„SPAGNOLLA INSVLA“,*
- *„ISABELLA insula“,*
- *„INSVLA una, cuius littus incognitu[m]“,*
- *„SEPETM [sic!] insulę pulchrę“,*
- *„VIRIDIS insula“,*
- *„INSULÆ decem“,*
- *„SARMENTO magna“,*
- *„SEPTEM insulę“,*
- *„PORTA SANCTA insula“,*
- *„MEDERA insula“,*
- *„BUSAMAVTO insula“,*
- *„CAPUT BONÆ SPEI“,*
- *„BRASILIÆ REGIO“.*

D) Abschließend gibt STOPEL eine Auflistung von 89 bekannten Provinzen (fol. 114f. unter dem Titel *„ABACVS LOCORVM NOBILIVM | Provi[n]ciaru[m] pri[n]cipia | media & fines | In Longitudinis & Latit[udinis] gradi[um]“*), wobei er ebenso die genaue geographische Lage mittels Koordinaten auflistet.

Auf der letzten Seite (fol. 116) des geographischen Registers werden endlich – wie in zeitgenössischen Inkunabeln üblich – im Explicit der Autor und Drucker namentlich erwähnt. Dort wird auch darauf verwiesen, dass der Druck mit einem kaiserlichen Privileg versehen wurde (Abb. 4).

6. Die Quellen des *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“*

Insgesamt findet sich in STOPELs Lexikon eine stattliche Anzahl von 8.685 Koordinatenangaben. Dies wirft die Frage auf, woher der Memminger Stadtarzt seine geographischen Informationen bezog, nachdem eigene Messungen hier weitgehend auszuschließen sind. Diese Frage kann nur mit einer detaillierten, vergleichenden Analyse sämtlicher genannter Ortspositionen beantwortet werden, was den Rahmen der vorliegenden Abhandlung erheblich gesprengt hätte. Deshalb seien hierzu – ohne dabei einen Anspruch auf Vollständigkeit erreichen zu wollen – lediglich einige Anregungen gegeben,

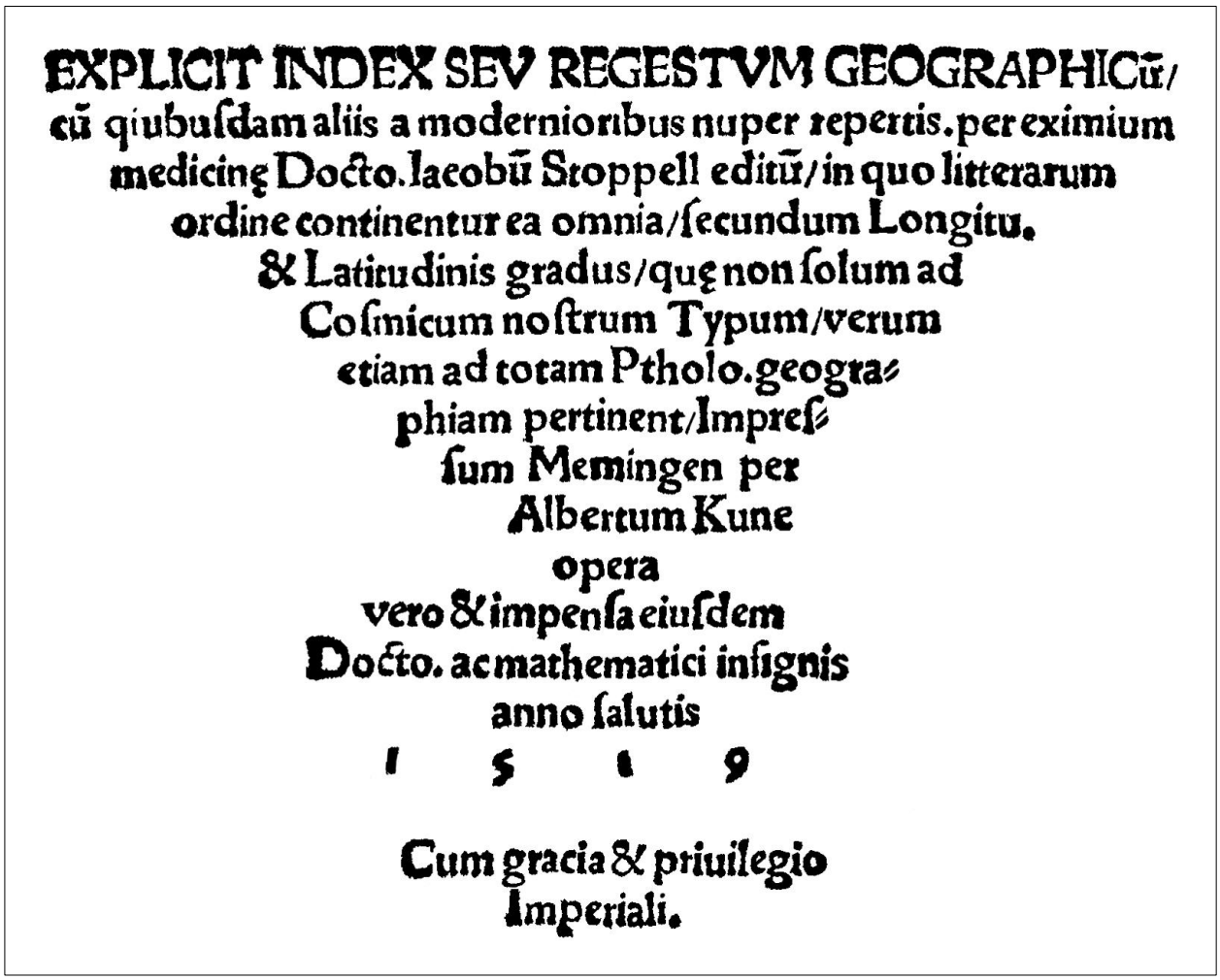

EXPLICIT INDEX SEV REGESTVM GEOGRAPHICũ/
cũ qiubuſdam aliis a modernioribus nuper repertis. per eximium
medicinę Docto. Iacobũ Stoppell editũ/ in quo litterarum
ordine continentur ea omnia/ ſecundum Longitu.
& Latitudinis gradus/ quę non ſolum ad
Coſmicum noſtrum Typum/ verum
etiam ad totam Ptholo. geogra-
phiam pertinent/ Impreſ-
ſum Memingen per
Albertum Kune
opera
vero & impenſa eiuſdem
Docto. ac mathematici inſignis
anno ſalutis
1 5 1 9
Cum gracia & priuilegio
Imperiali.

Abb. 4: *Explicit-Vermerk in STOPELs geographischem Werk.*

welche die Frage nach STOPELS verwendetem Quellenmaterial weiter erhellen könnten.

6.1 Spätmittelalterliche Koordinatentafeln

Spätestens seit dem Erscheinen der nach wie vor für die Geschichte der Kartographie wichtigen Studie des Amerikaners *Dana Bennett Durand [1952]* ist in der Forschung bekannt (wenngleich wenig zitiert), dass in Klöstern des Donauraumes (wie dem Augustinerchorherrenstift Klosterneuburg bei Wien) an der Schwelle zur Frühen Neuzeit astronomische Messungen vorgenommen wurden, die im Rahmen der sogenannten Ersten Wiener Mathematischen Schule unter dem Astronomen JOHANNES VON GMUNDEN († 1442) ihren ersten Höhepunkt sowie ihren Niederschlag in der Kartographie fanden *[Horst / Brunner, 2012]*. Von Bedeutung ist dabei insbesondere, dass im ausgehenden 15. Jahrhundert zahlreiche handschriftliche Ortsverzeichnisse in Umlauf waren, die unabhängig vom wiederentdeckten ptolemäischen Kartenwerk die neuesten geographischen Angaben von mitteleuropäischen Orten enthielten, die in der Antike noch nicht existierten. Diese Ortspositionen des *„Integralen Humanismus" [Grössing, 1983]* wurden auch für astronomisch-astrologische Zwecke herangezogen, weshalb nicht verwunderlich ist, dass erstmals 62 Koordinatenangaben europäischer Städte (bezogen auf Nürnberg) im *„deutschen Kalender"* des Astronomen und Mathematikers JOHANNES MÜLLER aus Königsberg (REGIOMONTANUS, 1437-1476) zu finden sind *[vgl. die „Tavel der lande vnd steete" im Blockbuch des Regiomontanus, 1474, fol. 13v; Müller, U., 1993, S. 313-315, Nr. 137f.; Zinner, 1937]*. Dieselbe Koordinatentafel wurde auch in einer weiteren Inkunabel, nämlich in REGIOMONTANS *„Ephemeriden" [Regiomontanus, 1474/76]*, erneut abgedruckt. Diese Jahrbücher mit astronomischen Berechnungen stellen für die Geschichte der Nautik eine immense Bedeutung dar *[Schmeidler, 1972]*.

6.2 Frühneuzeitliche, gedruckte Ortspositionen

Zu Beginn des Renaissancezeitalters, wurden entsprechende Koordinatentafeln vermehrt auch in geographisch-kosmographische Werke eingebunden *[Finsterwalder, 1997]*. Dazu zählen insbesondere drei frühe Drucke von bekannten Kartographen dieser Zeit:

- Die *„Luculentissima quaedam terrae totius descriptio"* des JOHANNES SCHÖNER von 1515 *[Schöner, 1515]* war als Erläuterung zu seinem zeitgleich erschienenen Globenpaar gedacht *[Horst, 2009a; Van Duzer, 2010]*. Das Kernstück dieses Werkes bildet ein Verzeichnis von nahezu 1.900 Orten mit geographischen Koordinaten (davon 187 in Mitteleuropa), wobei sich die Längenangaben auf den Meridian der kanarischen Insel Ferro beziehen. *Finsterwalder [1997, S. 99 und Beilage 1]* konnte bereits nachweisen, dass die SCHÖNERschen Koordinaten einen eindeutigen Maßstabsfehler aufweisen, nämlich zu groß sind. Er geht in seinem Beitrag der Frage nach, woher SCHÖNER, der ebenso wie STOPEL auch auf medizinischem Gebiet bewandert war *[Schöner, 1529; vgl. Telle, 1972; Zinner, 1941, Nr. 1396]*, seine Informationen bezogen haben könnte, und verweist auf die Möglichkeit, dass diese aus Karten entnommen worden sein könnten. Hierzu kommen insbesondere die Karten des Nürnberger Instrumentenbauers ERHARD ETZLAUB (1455-1532), der als Arzt auch zahlreiche Wandkalender (Almanache) herausgab, sowie Abkömmlinge des Typs der ETZLAUB-Karte in Frage *[Brunner, 2001; Meurer, 2001, S. 133-166]*. Zweifellos ist, dass SCHÖNER seine Koordinaten auch in eigenen kartographischen Produkten verwendet hat.
- Das *„Calendarium Romanum magnum"* des seit 1511 an der Universität Tübingen lehrenden Astronomen JOHANNES STÖFFLER *[1518]* listet im Kapitel *„Abacus regionum"* insgesamt 422 Koordinaten europäischer Orte (in der Länge bezogen auf die Stadt Tübingen) auf *[Forstner, 2005, S. 82; Müller, U., 1993, Nr. 117, S. 285f.]*. Zugleich schlägt dieses Werk wegweisende Verbesserungsvorschläge für den damaligen Julianischen Kalender vor, die noch 1582 die Grundlage für die Gregorianische Kalenderreform bilden sollten.[14] Der von der Schwäbischen Alb stammende Astronom JOHANNES STÖFFLER (1452-1531) wurde nach seinem Studium an der Universität Ingolstadt Pfarrer in der Reichsherrschaft Justingen *[Moll, 1877]*. Er hat 1493 einen einzigartigen Himmelsglobus geschaffen *[Oestmann, 1993]* und beeinflusste als wegweisender Mentor auch den bekannten Reformator PHILIPP MELANCHTHON (1497-1560) sowie den Hebraisten und Kosmographen SEBASTIAN MÜNSTER (1488-1552), der bereits in seiner Tübinger Studienzeit kartographisch tätig war, wie sein in der Bayerischen Staatsbibliothek erhaltenes Kollegienbuch nahelegt *[Horst, 2012a]*. In jüngster Zeit wurde in der Universitätsbibliothek Tübingen zudem eine Pilgerkarte in STÖFFLERS unveröffentlichter Neuausgabe der Geographie des PTOLEMÄUS entdeckt, die auf die *„Carta Itineraria Evropae"* des MARTIN WALDSEEMÜLLER (HYLACOMILUS, um 1475-1520) von 1511/20, einer *„Neuentwicklung auf der Basis von Etzlaubschen Koordinaten in Mitteleuropa"* zurückgeht *[Guckelsberger, 2011]*.
- Auch das *„Cosmographicus Liber"* des an der bayerischen Landesuniversität in Ingolstadt lehrenden Mathematikers und Astronomen PETER APIAN (PETER BIENEWITZ, 1495-1552, vgl. *Röttel [1995]*) wurde – vor allem in seiner Bearbeitung

[14] 1511 ist beim Memminger Drucker ALBERT KUNNE zudem STÖFFLERS *„Almanach teutsch"* erschienen *[Saam, 1991, S. 155, Nr. 147]*.

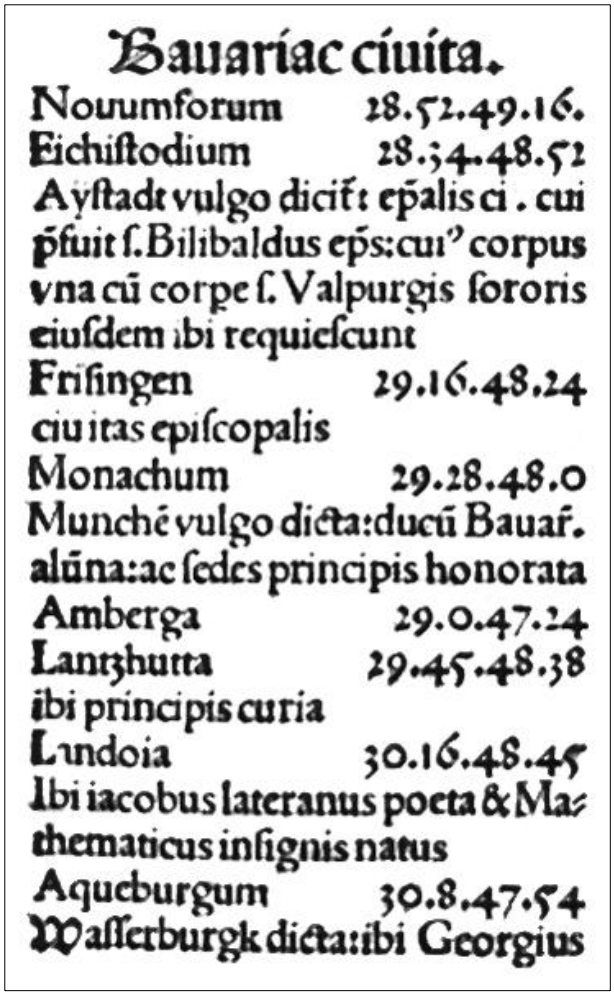
durch den Naturwissenschaftler und Instrumentenbauer GEMMA FRISIUS (JEMME REINERSZ, 1508-1555) – ein regelrechter geographischer Bestseller und erlebte mehr als zwanzig Auflagen. Die Erstausgabe *[Apian, 1524]* gibt eine mathematische Erklärung des Aufbaus der geozentrisch ausgerichteten Welt mit der von den vier Elementen umgebenen Erde im Mittelpunkt und ist somit zugleich eine Einführung in die Fachgebiete der Astronomie, Geographie, Kartographie und Seekunde *[Horst, 2012b, S. 49]*. Sie enthält summa summarum 1.417 Orte (davon 246 im mitteleuropäischen Raum) mit ihren Längen und Breiten, die mit einer Genauigkeit von 1' angeführt sind *[Forstner, 2005, S. 82-84]*. APIAN scheint hierfür die Koordinaten von *Schöner [1515]* weiter verwendet zu haben; jedoch sind im *„Cosmographicus Liber"* gerade für den Bereich von Ober- und Niederbayern und der südöstlichen Oberpfalz verbesserte Koordinatenwerte von rund 60 Orten festzustellen. Diese geographischen Ortspositionen konnte der vielseitig begabte Hofmathematiker in der nur ein Jahr zuvor erschienenen Bayernkarte des aus Abensberg stammenden bayerischen Hofhistoriographen JOHANNES AVENTINUS (JOHANN GEORG TURMAIR, 1477-1534), die dessen *„Baierischer Chronik"* als Kunstbeigabe beigefügt war und einen trapezförmigen, graduierten Rahmen besitzt, problemlos abgreifen *[Finsterwalder, 1995, S. 164; Hartmann, 1899]*.

Während das *„Cosmographicus Liber"* für STOPELS Lexikon keine Vorlage darstellen konnte, weil es erst fünf Jahre nach dem *„Repertorivm in Formam Alphabeticam"* erschienen ist, so gilt es zu eruieren, inwieweit er Zugang zu den bei *Schöner [1515]* und *Stöffler [1518]* angeführten Ortspositionen hatte. Die in STÖFFLERS *„Calendarium Romanum magnum"* vorgestellten Koordinaten waren in erster Linie *„zur Umrechnung seiner Kalenderdaten auf andere Orten"* und nicht *„zur Herstellung von Karten und Globen"* geeignet *[Finsterwalder, 1997, S. 98]*; folglich können sie (auch aufgrund der damit verbundenen geringeren Genauigkeit) für STOPEL keine Primärquellen dargestellt haben. In Bezug auf *Schöner [1515]* ist jedoch zu konstatieren, dass der Memminger Stadtarzt diesen Druck, der sich vermutlich in seinem persönlichen Besitz befand, sicherlich gekannt hat: Der zweite Teil (B: *„Abacus"*) seines Lexikons (fol. 105-110) erinnert nämlich in seinem gesamten Aufbau an das sechste, achte und zehnte Kapitel von SCHÖNERS *„Luculentissima … descriptio"*, das listenartig in exakt derselben Anordnung unter den Überschriften *„DE INSIGNIORIBVS EUROPAE CIVITATIBVS CVM NOVIS RADICIBVS"* (fol. 27r-36r, für Europa), *„DE CIVITATI. APHRICAE INSIGINIORIBVS"* (fol. 40r-43v, für Afrika) und *„DE CIVITATIBVS ASIAE NOTABILIORIBVS"* (fol. 55r-59v, für Asien) sehr ähnliche, wenn auch teilweise abweichende Ortspositionen aufführt. Dies wird alleine schon beim direkten Vergleich der bayerischen Koordinaten (Abb. 5 und 6) deutlich, die in ihrer Anordnung recht ähnlich erscheinen, wenngleich STOPEL für die Städte Landshut, Regensburg und Passau verbesserte Werte anführt. Diese scheint er entweder aus handschriftlichen Verzeichnissen oder aus Germania-Karten des Etzlaub-Typs entnommen zu haben. Als dritte Möglichkeit käme hier zudem ein direkter persönlicher – möglicherweise jedoch auch brieflicher – Kontakt zu JOHANNES SCHÖNER in Nürnberg in Frage. Dies ist nicht allzu abwegig, denn wir wissen, dass SCHÖNER auch mit dem Patrizier WILLIBALD PIRCKHEIMER korrespondiert hat *[Klemm, 1992]*, auf dessen Vermittlung er 1526 seine Stelle als Professor für Mathematik am Nürnberger Egidiengymnasium erhielt. Außerdem gilt es zu berücksichtigen, dass in den süddeutschen Reichsstädten Nürnberg, Augsburg und Memmingen in dieser Zeit bedeutende Handelshäuser (*Fugger, Welser, Vöhlin*) angesiedelt waren, die nicht nur die Reisen in die Neue Welt finanzierten, sondern auch ein großes Interesse an deren geographischer Erschließung zeigten.

Dies führt zu der interessanten Frage, woher JAKOB STOPEL die geographischen Informationen seines Lexikons bezog, das erstmals auch außereuropäische Ortspositionen enthält. Hierbei darf zunächst davon ausgegangen werden, dass er über die Entdeckungsreisen seiner Zeitgenossen – wie beispielsweise derjenigen des Allgäuers BALTHASAR SPRENGER (um 1480-1509/11) nach Indien von 1505/06 *[Horst, 2006b]* – mittels gedruckter Reiseberichte bestens informiert war.

6.3 Kartographische Quellen

Die Entdeckungsreisen wurden in dieser Zeit auch in frühneuzeitlichen Regional- und Weltkarten und auf Globen, welche die Vorstellung des geographischen Bildes der Erde wesentlich beeinflussten, visualisiert *[vgl. Horst, 2009b; 2010]*. Für den amerikanischen Kontinent standen dem Memminger Arzt damals somit verschiedenste kartographische Produkte zur Verfügung *[vgl. die Auflistungen bei Harrisse, 1866/1871; 1892; Ruge, 1892]*, die ihm als Quellen gedient haben könnten. Als regelrechter Glückstreffer ergab sich dabei der vom Autor dieses Beitrages durchgeführte Vergleich mit der Weltkarte *„Universalis cosmographia secundum Ptholomaei traditionem et Americi Vespucii alioru(m)que lustrationes"* des deutschen Kartographen MARTIN WALDSEEMÜLLER, die der Jesuitenpater und Kartographiehistoriker JOSEF FISCHER (1858-1944) in der Schlossbibliothek von Wolfegg in Oberschwaben im Jahre 1901 in einem Sammelband aus dem Besitz SCHÖNERS entdeckt hat *[Fischer/Wieser, 1903]*. Auf dieser in einer Auflage von rund 1.000 Stück gedruckten, großformatigen Karte (12 Blätter, zusammen: B = 244 cm, H = 136 cm) in modifizierter konischer (herzförmiger) Netzabbildung des PTOLEMÄUS, wird bekanntlich zum ersten Mal der Name *„America"* mit einer relativ genauen


Bauariac ciuita.
Nouumforum 28.52.49.16.
Eichistodium 28.34.48.52
Aÿstadt vulgo dicit: epālis ci. cui
pfuit s. Bilibaldus eps: cui' corpus
vna cū corpe s. Valpurgis sororis
eiusdem ibi requiescunt
Frisingen 29.16.48.24
ciu itas episcopalis
Monachum 29.28.48.0
Munché vulgo dicta: ducū Bauar.
alūna: ac sedes principis honorata
Amberga 29.0.47.24
Lantzhutta 29.45.48.38
ibi principis curia
Lndoia 30.16.48.45
Ibi iacobus lateranus poeta & Ma-
thematicus insignis natus
Aquebugum 30.8.47.54
Wasserburgk dicta: ibi Georgius

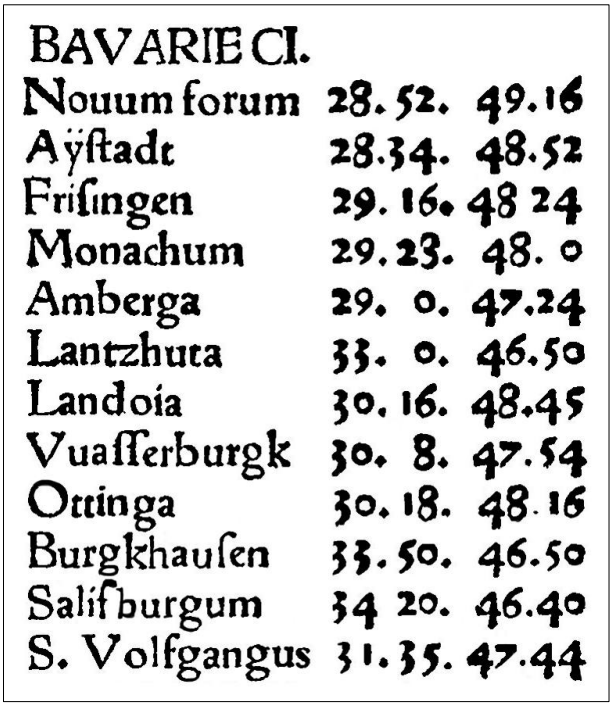

BAVARIE CI.
Nouum forum 28. 52. 49.16
Aÿstadt 28.34. 48.52
Frisingen 29. 16. 48 24
Monachum 29. 23. 48. 0
Amberga 29. 0. 47.24
Lantzhuta 33. 0. 46.50
Landoia 30. 16. 48.45
Vuasserburgk 30. 8. 47.54
Ottinga 30. 18. 48.16
Burgkhausen 33. 50. 46.50
Salisburgum 34 20. 46.40
S. Volfgangus 31. 35. 47.44

Abb. 5 und 6:
Der direkte Vergleich der bayerischen Ortspositionen bei Schöner [1515] (Abb. 5, links) und Stopel [1519] (Abb. 6, oben) zeigt gewisse Gemeinsamkeiten.

Ostküste erwähnt *[Lester, 2010]*. Der Holzschnitt ist 1507 im Umkreis der gelehrten Gesellschaft am Gymnasium Vosagense im lothringischen Saint-Dié-des-Vosges entstanden und diente als visuelle Erläuterung zur *„Cosmographiae Introductio"* des humanistischen Philologen MATTHIAS RINGMANN, die auch in STOPELS Besitz war. Wenn man nun die bei STOPEL vorgestellten außereuropäischen Ortspositionen mit der Waldseemüller-Karte von 1507 vergleicht, so lassen sich bemerkenswerte Ähnlichkeiten feststellen, die nahelegen, dass er insbesondere die Koordinaten für den dritten Teil (C, fol. 111-114) seines Werkes aus dieser Karte entnommen hat. Dies soll am Beispiel einer Insel ohne Namen vorgestellt werden, die bei WALDSEEMÜLLER etwa im Bereich des heutigen Grönlands angesiedelt ist (Abb. 7). Dieselbe Insel findet sich (mit den von der Waldseemüller-Karte entnommenen Koordinaten) auch in STOPELS Lexikon mit dem Hinweis, dass sie einst vom Genueser CHRISTOPH KOLUMBUS (1451-1506) gesichtet worden sei, eingetragen (Abb. 8). Nur drei Zeilen weiter erwähnt STOPEL auf fol. 114 seines Lexikons zehn Inseln, die in gleicher Nomenklatur auch auf der Karte von WALDSEEMÜLLER vorkommen. Es handelt sich dabei um die vor der westafrikanischen Küste liegenden Kapverdischen Inseln, die im Rahmen der portugiesischen

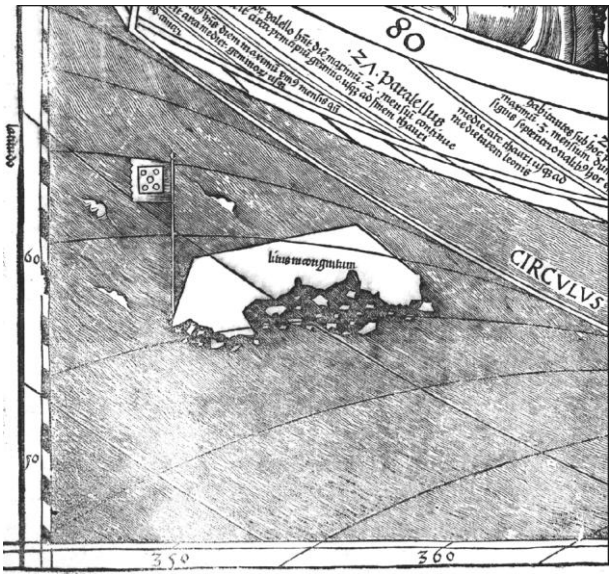


Abb. 7: *Die auf der Waldseemüller-Karte von 1507 eingetragene Insel „Litus incognitum" (ohne Namen) wird auch im dritten Teil von STOPELS Lexikon erwähnt (vgl. Abb. 8). Sie verdeutlicht zugleich, dass die damalige Sicht auf die Welt mit phantastischen Erzählungen angereichert war.*

INSVLA vna cuius littus incognitū pmansit Christophoro Co-
lumbo Genuēli naudero īsigni. Sita est in gra. 325. o. 60. o
SEPETM iusulę pulchrę quarę mediū 358. o. aust. 34. o
VIRIDIS insula cuius situs est in gradi. 353. o. 57. o
INSVLAE decem scilicet Sancti Anthonij/Lucię/Albani/Vicen-
tij/Salis/Visionis/Nicolai/Philippi/Iacobi/Demano/valde pul-
chrę & fertiles Portugalēsium/inuentę tempe Herici infantis Año
domini. 1472. Situs eorū est. 353. o. 14. o

Abb. 8: *Bei Stopel [1519, fol. 104] werden auch zehn fruchtbare, sehr hübsche Inseln genannt, die sich aufgrund ihrer Koordinaten mit der kapverdischen Inselgruppe im Atlantik identifizieren lassen.*

Entdeckungsreisen im Zeitalter von HEINRICH DEM SEEFAHRER (portugiesisch: Infante Dom HENRIQUE DE AVIS, 1394-1460) entdeckt worden sind (Abb. 9).

Ähnliche Spezifika sind auch für die Ortspositionen im Fernen Osten erkennbar, so beispielsweise im Bereich des Malaiischen Archipels mit den bei WALDSEEMÜLLER dargestellten Inseln *„PEVTAM“*, *„NECVRA“* und *„ANGAMA“* (Abb. 10), wobei sogar die dazugehörigen Texte von STOPEL fast identisch übernommen wurden (Abb. 11).

Unklar bleibt jedoch weiterhin, woher STOPEL seine geographischen Kenntnisse für den Großteil seines Werkes, nämlich dem umfangreichen ersten Teil mit der Nennung von 7.789 Ortspositionen in Europa, Afrika und Asien bezog. Vermutlich schöpfte er aus frühen lateinischen Editionen der ptolemäischen Geographie, von denen vor allem die Straßburger PTOLEMÄUS-Ausgabe von 1513 *[vgl. Oehme, 1951; Stevens, 1908, S. 44]* zu nennen wäre, weil sie als Supplement 20 *„tabulae modernae“* (moderne Karten) enthält, die kein Geringerer als der Kartograph MARTIN WALDSEEMÜLLER *[1513]* angefertigt hat.

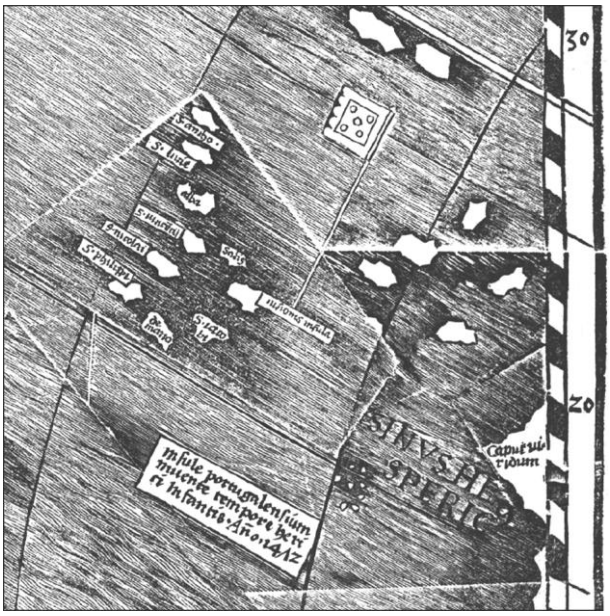
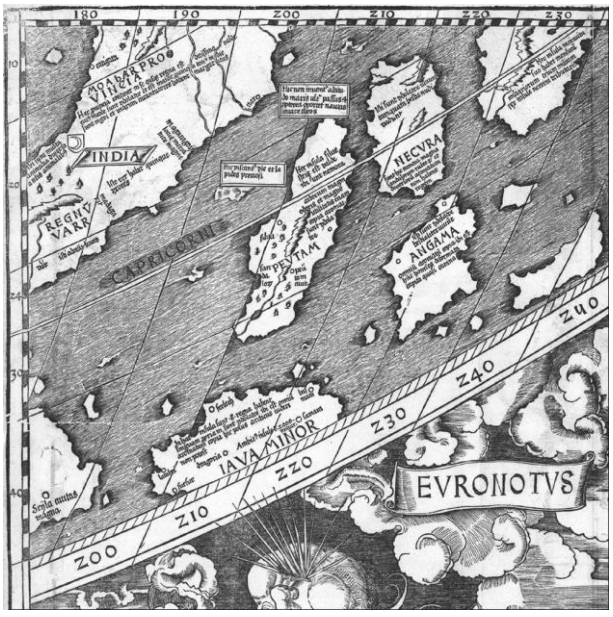


Abb. 9: *Die Kapverdischen Inseln werden auch auf der Waldseemüller-Karte von 1507 aufgeführt. Dargestellt sind die Nordgruppe (Ilhas de Barlavento) mit den Inseln „S. antho“ (Santo Antão), „S. lucie“ (Santa Luzia), „Alba“ (Ilhéu Branco), „S. vince[n]tii“ (São Vicente), „Salis“ (Sal), „visionis insula“ (Boa Vista) und „S. Nicolai“ (São Nicolau, falsch platziert) sowie die Ilhas de Sotavento („Inseln unter dem Wind“) „S. philippi“ (São Filipe auf der Insel Fogo), „de mano“ (Maio, falsch platziert) sowie „S. Iacobi“ (Santiago). Diese Toponyme kommen auch in der „Luculentissima … descriptio“ des Johannes Schöner [1515, fol. 61r] sowie auf seinem Erdglobus von 1515 [Van Duzer, 2010, S. 22f. und Anm. 81-86] vor.*



PEVTAN INSVLA Siluestres valde. ibi nemora arborum ma-
gni odoris & vtilitatis. eciam copia aromatum. sunt idolatre ibi silu-
ę sandalorum. Prope eam in mari perle piscantur.
Eius situs sub gra. 196. o. aust. 25. o
NECVRA insula. Sunt idolatre viuunt tanꝯ bestie nudi incedūt
In ea sunt nemora magna sandalorū rub. & diuersorū aromatum.
Regem non habent. Eius situs sub gra. 210. o. aust. 23. o.
ANGAMA insula omnium aromatū referta habent capita defor-
mata quasi canina. bestialiter viuūt. sūt idolatre. 221. o. aust. 33. o
SILAM insula in ea sunt aues duorum capitum 232. o. aust. 37. o

Abb. 10 und 11:
Die auf der Waldseemüller-Karte abgebildete Region zeigt das heutige Indonesien (Abb. 10, links).
Sie wurde mitsamt den dazugehörigen Texten in den dritten Teil von STOPELS geographischem Lexikon integriert (Abb. 11, oben).

7. Fazit und Ausblick

Im Integralen Humanismus ist ein Wandel in der Kartographie, die mit der Wiederentdeckung des ptolemäischen Kartenwerkes und der Verwendung von frühneuzeitlichen Ortspositionen einen enormen Aufschub erhalten sollte, festzustellen *[Horst, 2008]*. Hierzu spielt auch das bislang fast unbekannte *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“* des JAKOB STOPEL aus dem Jahre 1519 eine Rolle. Der Memminger Stadtarzt, der im Rahmen des Klosterhumanismus weitreichende Beziehungen zu Wissenschaftlern wie dem Benediktiner NIKOLAUS ELLENBOG pflegte, ist somit nicht nur als guter Arzt und Humoralpathologe, sondern – wie die Analyse seines geographischen Lexikons gezeigt hat – auch als hervorragender Geograph und Mathematiker zu würdigen. Er stand selbst *„bei kunstverständigen Ausländern in großem Ansehn“ [Vogel, 1833, S. 261]* und sein Wirken beeinflusste auch seine Zeitgenossen, wie den ebenso aus Memmingen stammenden evangelischen Theologen JOHANNES HOMMEL (HOMELIUS, 1518-1562) *[vgl. Schelhorn, 1731, § 4, S. 411-414]*, der seinerseits an der Universität Leipzig als Mathematiker wirkte und dort durch seine Vorlesungen den jungen TYCHO BRAHE (1546-1601) zu astronomischen Studien anregte.

Deshalb gilt es, STOPELs Namen und den damit verbundenen Memminger Humanistenkreis der mustergültigen Auflistung von *Büttner [1973]* hinzuzufügen. Schließlich bildete das *„Repertorivm in Formam Alphabeticam“* – ähnlich wie die *„Margarita Philosophica“* (1504) des Freiburger Karthäuserpriors GREGOR REISCH († 1525) oder die geographischen Schriften des Schweizer Universalgelehrten HEINRICH LORITI (GLAREANUS, 1488-1563) – eine der Grundlagen, welche die Renaissance auch in der Kartographie einleiten sollten. Ohne diese Vorarbeiten hätte der Universalgelehrte GERHARD MERCATOR (1512-1594) sein herausragendes Projekt einer umfassenden Kosmographie der gesamten erfassbaren Welt *[Horst, 2012b]* wohl kaum ausführen können.

8. Literatur und Quellen

Apian, Peter [1524]: Cosmographicus Liber Petri Apiani Mathematici studiose collectus. Landshut, 104 S.

Assion, Peter [1982]: Der Hof Herzog Siegmunds von Tirol als Zentrum spätmittelalterlicher Fachliteratur. In: *Keil, Gundolf / Assion, Peter / Daems, Willem Frans / Roehl, Heinz-Ulrich (Hrsg.):* Fachprosa-Studien. Beiträge zur mittelalterlichen Wissenschafts- und Geistesgeschichte. Festschrift für Gerhard Eis. Schmidt, Berlin, S. 37-75.
ISBN 3-503-01269-9

Bayerische Staatsbibliothek München: Codex Latinus Monacensis 4749.

Bigelmair, Andreas [1956]: Nikolaus Ellenbog. In: Lebensbilder aus dem Bayerischen Schwaben, Band 5, München, S. 112-139.

Bigelmair, Andreas / Zoepfl, Friedrich (Hrsg.) [1938]: Nicolaus Ellenbog, Briefwechsel. Corpus Catholicorum. Werke katholischer Schriftsteller im Zeitalter der Glaubensspaltung, Band 19/21. Aschendorff, Münster in Westfalen, CVII, 528 S.

Braun, Placidus (Hrsg.) [1793]: Notitia Historico-Literaria De Codicibvs Manvscriptis In Bibliotheca Liberi Ac Imperialis Monasterii Ordinis S. Benedicti Ad SS. Vdalricum Et Afram Avgvstae Extantibus, Band 4, Augsburg., 195 S.
http://www.bsb-muenchen-digital.de/~web/web1080/bsb10800001/images/index.html?digID=bsb10800001&pimage=00001&v=pdf&md=1&l=de
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Braun, Walter [1975]: Ein großer Memminger Sohn: Des Stadtarztes Dr. Stoppel Grabinschrift – Weitberühmter Arzt ging in die Geschichte ein. In: Der Spiegelschwab, Heimatbeilage zur Memminger Zeitung, Jhrg. 1975, Nr. 3, Memmingen, S. 10.

Breher, Anton [1942]: Der Memminger Stadtarzt Ulrich Ellenbog und seine Pestschriften. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Medizinischen Doktorgrades an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Allgäuer Heimatbücher, Band 36. Oechelhäuser, Kempten im Allgäu, 120 S.

Brunner, Kurt [2001]: Erhard Etzlaubs Karte „Die Landstraßen durch das Römische Reich“. In: *Buzin, Reiner / Wintges, Theodor (Hrsg.):* Kartographie 2001 – multidisziplinär und multimedial. Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag. Wichmann, Heidelberg, S. 43-54.
ISBN 3-87907-381-3
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/etzlaub/at_download/down1
letzter Aufruf: 18.01.2012.

Brunner, Kurt [2010]: Die Karten der Schedelschen Weltchronik der Sammlung Woldan. In: *Horst, Thomas / Holzer, Gerhard / Svatek, Petra (Hrsg):* Die Leidenschaft des Sammelns. Streifzüge durch die Sammlung Woldan. Edition Woldan, Band 3/1. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 63-80.
ISBN 3-87907-381-3

Büttner, Manfred [1973]: Die Geographia Generalis vor Varenius. Geographisches Weltbild und Providentialehre. Erdwissenschaftliche Forschung, Band 7. Steiner, Wiesbaden, 251 S.
ISSN 0170-3188

Dörner, Gerald [2006]: Nikolaus Ellenbog. In: *Worstbrock, Franz Joseph (Hrsg.)*: Deutscher Humanismus 1480-1520 – Verfasserlexikon. Band 1: A-K,

Lieferung 2. De Gruyter, Berlin / New York, Sp. 600-614.
ISBN 978-3-11-020639-5

Durand, Dana Bennett [1952]: The Vienna-Klosterneuburg Map Corpus of the Fifteenth Century. A study in the Transition from medieval to modern Science. Brill, Leiden, 510 S.

Ehrhart, Gottlieb von [1813]: Physisch-medizinische Topographie der königl. baier. Stadt Memmingen im Illerkreis. Rehm, Memmingen, 512 S.
http://bavarica.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10372849.html
letzter Aufruf: 20.01.2012.

Ellenbog, Nikolaus [Anfang 16. Jh.]: Ἀράτου Σολέως Φαινόμενα. Aratus Solensis Phainomena.
[Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel: Cod. Guelf. 17.8 Aug. 4°, fol. 57-59]

Ellenbog, Ulrich [ca. 1470-1473]: Udalrici Ellenbog de Veltkirch, artium medicinarumque doctoris, ad illustrissimum principem Johannem, ducem Bavarie, consilium de venenis, cum recapitulatione rubricarum, 49 Bl.
[Herzog-August-Bibliothek Wolfenbüttel: Cod. Guelf. 19.19 Aug. 4°].

Ellenbog, Ulrich [ca. 1485/1490]: Hie nach volget ein gut regime[n]t vnd ordnu[n]g vnd │ bewert p[rae]servativa vnd ler, wie man sich wider de[n] │ geprechen der pestilentz aufhalten vnd bewaren │ sol […]. Michael Reyser, Eichstätt, 29 S.
[Bayerische Staatsbibliothek München: Rar. 1944#Beibd. 2]
http://daten.digitale-sammlungen.de/zend-bsb/pdf_download.pl?id=bsb00025771
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Ellenbog, Ulrich [1494]: Ain wunderbaere jnstruction vnd vnderwysung wider die pestilentz. Kunne, Memmingen, 29 S.
[Bayerische Staatsbibliothek München: 4 Inc.c.a. 1110]
http://daten.digitale-sammlungen.de/zend-bsb/pdf_download.pl?id=bsb00034339
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Finsterwalder, Rüdiger [1995]: Die Genauigkeit der Kartierung Bayerns zur Zeit von Peter Apian (1495-1552). In: *Röttel, Karl (Hrsg.):* Peter Apian. Astronomie, Kosmographie und Mathematik am Beginn der Neuzeit. Mit Ausstellungskatalog. Polygon, Buxheim, S. 161-168.
ISBN 3-928671-12-X

Finsterwalder, Rüdiger [1997]: Genauigkeit und Herkunft der Ortspositionen im mitteleuropäischen Raum zu Beginn des 16. Jahrhunderts. In: Kartographische Nachrichten, 47. Jhrg., Heft 3, Bonn, S. 96-102.
ISSN 0022-9164

Fischer, Joseph / Wieser, Franz von (Hrsg.) [1903]: Die älteste Karte mit dem Namen Amerika aus dem Jahre 1507 und die Carta Marina des M. Waldseemüller (Ilacomilus). Herausgegeben mit Unterstützung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Wagner u. a., Innsbruck, 55 S. und 25 Doppelblätter.

Forstner, Gustav [2005]: Längenfehler und Ausgangsmeridiane in alten Landkarten und Positionstabellen. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 80, Neubiberg, 326 S.
ISSN 0173-1009
http://137.193.200.7:8081/node?id=85252
letzter Aufruf: 01.02.2012

Franz, L. [1952]: Jakob Stoppel, ein Memminger Geograph des 16. Jahrhunderts. In: Der Spiegelschwab, Heimatbeilage zur Memminger Zeitung, Jhrg. 1952, Heft 3, Memmingen, S. 12.

Fürbeth, Frank [2000]: Die Büchersammlung des Memminger Arztes Ulrich Ellenbog (1435-1499). In: *Becker, Peter Jörg / Bliembach, Eva / Nickel, Holger (Hrsg.):* Scrinium Berolinense. Tilo Brandis zum 65. Geburtstag. Beiträge aus der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz 10, Reichert, Wiesbaden, S. 541-553.
ISBN 3-89500-158-9

Grössing, Helmuth [1983]: Humanistische Naturwissenschaft. Zur Geschichte der Wiener mathematischen Schulen des 15. und 16. Jahrhunderts. Saecula Spiritalia, Band 8. Koerner, Baden-Baden, 355 S.
ISBN 3-87320-408-8
ISSN 0343-2009

Guckelsberger, Kurt [2011]: Untersuchungen zum Kartenbild Europas um 1515. Unveröffentl. Manuskript.

Günther, Siegmund [1894]: Johann Eck als Geograph. In: Forschungen zur Kultur- und Litteraturgeschichte Bayerns, 2. Buch, Ansbach / Leipzig, S. 140-162.

Harrisse, Henri [1866/1871]: Bibliotheca Americana Vetustissima: a description of works relating to America published between the years 1492 and 1551. 2 Bände. Philes, New York, 519 und 199 S.

Harrisse, Henri [1892]: The Discovery of North America. Welter, Paris, 802 S.

Hartmann, Joseph (Hrsg.) [1899]: Aventins Karte von Bayern MDXXIII. Nachdruck der Ausgabe Landshut, 1523. Geographische Gesellschaft, München, 1 mehrfarbige Karte.
http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/bsb00002922/images/
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Hermelink, Heinrich (Hrsg.) [1906]: Die Matrikeln der Universität Tübingen. Erster Band: Die Matrikeln von 1477-1600. Herausgegeben im Auftrag der Württembergischen Kommission für Landesgeschichte. Kohlhammer, Stuttgart, 760 S.

Horst, Thomas [2006a]: Die Entdeckung Venezuelas und ihr Niederschlag in Karten des 16. und 17. Jahrhunderts. Vortrag auf dem 13. Kartographiehistorischen Colloquium in Dresden am 23. September 2006.

Horst, Thomas [2006 b]: Am Anfang war das Gewürz. Vor 500 Jahren kehrte der Allgäuer Balthasar Sprenger von einer Indienfahrt zurück. Er hinterließ einen eindrucksvollen Reisebericht. In: Literatur in Bayern, 22. Jhrg., Heft 85, München, S. 13-21.
ISSN 0178-6857

Horst, Thomas [2008]: Die Altkarte als Quelle für den Historiker – Die Geschichte der Kartographie als Historische Hilfswissenschaft. In: Archiv für Diplomatik, Schriftgeschichte, Siegel- und Wappenkunde, Band 54, Köln / Weimar / Wien, S. 309-377.
ISSN 0066-6297

Horst, Thomas [2009a]: Traces of Voyages of Discovery on early 16th-Century Globes. In: Globe Studies, Nr. 55/56 (for 2007/2008), Wien, S. 23-38.
ISSN 1680-5356

Horst, Thomas [2009b]: The voyage of the Bavarian explorer Balthasar Sprenger to India (1505/1506) at the turning point between the Middle Ages and the Early Modern Times: his travelogue and the contemporary cartography as historical sources. In: *Billion, Philipp / Busch, Nathanael / Schlüter, Dagmar / Stolzenburg, Xenia (Hrsg.):* Weltbilder im Mittelalter – Perceptions in the World of the Middle Ages. Herausgegeben im Namen der Jungen Marburger Mediävisten. Bernstein, Bonn, S. 167-197.
ISBN 3-939431-19-2
ISBN 978-3-939431-19-0

Horst, Thomas [2010]: Die Globen der Sammlung Woldan: Erdkugeldarstellungen als Quelle für die Geschichtswissenschaft. In: *Horst, Thomas / Holzer, Gerhard / Svatek, Petra (Hrsg):* Die Leidenschaft des Sammelns. Streifzüge durch die Sammlung Woldan. Edition Woldan, Band 3/1. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 241-322.
ISBN 978-3-7001-6894-2

Horst, Thomas [2012a]: Kartenkopien im humanistischen Zeitalter. In: *Horst, Thomas / Brunner, Kurt (Hrsg.):* 15. Kartographiehistorisches Colloquium München 2010. Vorträge, Berichte und Posterbeiträge. Herausgegeben in Verbindung mit Markus Heinz, der Kommission „Geschichte der Kartographie“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Im Druck.

Horst, Thomas [2012b]: Atlas Gerardi Mercatoris 1595. »Der Mercatoratlas«. Faksimile-Edition der Editio principissima nach dem Exemplar der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz 2° Kart. B 180/3. Faksimile Verlag, Gütersloh / München, Faksimile mit Begleitband (400 S.).
ISBN 978-3-577-12560-4

Horst, Thomas / Brunner, Kurt [2012]: Ortslisten mit geographischen Koordinaten an der Schwelle der frühen Neuzeit und ihr Einfluss auf die Kartographie. In: *Horst, Thomas / Brunner, Kurt (Hrsg.):* 15. Kartographiehistorisches Colloquium München 2010. Vorträge, Berichte und Posterbeiträge. Herausgegeben in Verbindung mit Markus Heinz, der Kommission „Geschichte der Kartographie“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Im Druck.

Jahn, Wolfgang / Berger, Thomas (Hrsg.) [1998]: Geld und Glaube. Leben in evangelischen Reichsstädten. Katalog zur Ausstellung im Antonierhaus, Memmingen, 12. Mai bis 4. Oktober 1998, Haus der Bayerischen Geschichte. Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur, Band 37. Haus der Bayerischen Geschichte, Augsburg, 324 S.
ISBN 3-927233-59-5

Johnson, Richard Colles [1970]: Addendum to Harrisse: Jakob Stoppel. In: The Papers of the Bibliographical Society of America, Band 64, New York, S. 334-336.
ISSN 0006-128x

Kießling, Rolf [1997]: Memmingen im Spätmittelalter. In: *Jahn, Joachim (Hrsg.):* Die Geschichte der Stadt Memmingen, Band 1: Von den Anfängen bis zum Ende der Reichsstadt. Theiss, Stuttgart, S. 163-245.
ISBN 3-8062-1315-1

Klemm, Hans Gunther [1992]: Der fränkische Mathematicus Johann Schöner (1477-1547) und seine Kirchehrenbacher Briefe an den Nürnberger Patrizier Willibald Pirckheimer. Wissenschaftliche und künstlerische Beiträge des Ehrenbürg-Gymnasiums Forchheim, Band 10. Copy Center 2000, Erlangen, 83 S.

König, Erich [1923]: Konrad Peutingers Briefwechsel. Veröffentlichungen der Kommission zur Erforschung der Geschichte der Reformation und Gegenreformation / Humanistenbriefe, Band 1. Beck, München, 527 S.
http://digital.ub.uni-duesseldorf.de/ihd/content/titleinfo/1806887
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Künast, Hans-Jörg / Zäh, Helmut (Bearb.) [2003/2005]: Die Bibliothek Konrad Peutingers. Edition der historischen Kataloge und Rekonstruktion der Bestände. Niemeyer, Tübingen, 2 Bände, 755, 419 S.
ISBN 3-484-16511-1 (Band 1)
ISBN 3-484-16514-6 (Band 2)

Kürten, H. [1931]: „De ptisi“. Ein Consilium des Memminger Stadtarztes Dr. Ulrich Ellenbog vom Jahre 1480 für die Lungenschwindsucht und ihre Behandlung. In: Sudhoffs Archiv für Geschichte der Medizin, Band 24, Heft 2, Leipzig, S. 245-257.
ISSN 2191-3889

Lehmann, Martin [2010]: Die „Cosmographiae Introductio“ Matthias Ringmanns und die Weltkarte Martin Waldseemüllers aus dem Jahre 1507. Ein Meilenstein frühneuzeitlicher Kartographie. Meidenbauer, München, 372 S.
ISBN 978-3-89975-207-6

Lester, Toby [2010]: Der vierte Kontinent. Wie eine Karte die Welt veränderte. Berlin-Verlag, Berlin, 527 S.
ISBN 978-3-8270-0732-2

Maruska, Monika [2008]: Johannes Schöner – „Homo est nescio qualis“. Leben und Werk eines fränkischen Wissenschaftlers an der Wende vom 15. zum 16. Jahrhundert. Dissertation, Universität Wien, Historisch-Kulturwissenschaftliche Fakultät, Wien, 374 S.
http://othes.univie.ac.at/1354/
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Meine, Karl-Heinz [1982]: Die Ulmer Geographia des Ptolemäus von 1482. Zur 500. Wiederkehr der ersten Atlasdrucklegung nördlich der Alpen. Ulm, Schwörhaus, 11. Oktober bis 30. November 1982. Veröffentlichungen der Stadtbibliothek Ulm, Band 2. Konrad, Weißenhorn, 120 S.
ISBN 3-87437-195-6

Meurer, Peter H. [2001]: Corpus der älteren Germaniakarten: Ein annotierter Katalog der gedruckten Gesamtkarten des deutschen Raumes von den Anfängen bis um 1650. 2 Bände. Uitgeverij Canaletto / Repro Holland, Alphen aan den Rijn, 504 S. & 120 Bl.
ISBN 90-6469-756-6

Moll, Johann Christoph Albert [1877]: Johannes Stöffler von Justingen. Ein Characterbild aus dem ersten Halbjahrhundert der Universität Tübingen. Stettner, Lindau, 77 S.

Müller, Harald [2006]: Habit und Habitus. Mönche und Humanisten im Dialog. Spätmittelalter und Reformation, Neue Reihe, Band 32. Mohr Siebeck, Tübingen, 426 S.
ISBN 978-3-16-149123-8
ISBN 3-16-149123-8

Müller, Harald / Ziesack, Anne-Katrin [2003]: Der Augsburger Benediktiner Veit Bild und der Humanismus. Eine Projektskizze. In: Zeitschrift des historischen Vereins für Schwaben, Band 95 (2002), Augsburg, S. 27-51.
ISSN 0342-3131

Müller, Jan-Dirk [2010]: Anfänge eines Medienereignisses. Der Reuchlinstreit und der Wandel von Öffentlichkeit im Frühdruckzeitalter. In: *Kühlmann, Wilhelm (Hrsg.):* Reuchlins Freunde und Gegner. Kommunikative Konstellationen eines frühneuzeitlichen Medienereignisses. Pforzheimer Reuchlinschriften, Band 12. Thorbecke, Ostfildern, S. 9-28.
ISBN 978-3-7995-5982-9

Müller, Uwe (Hrsg.) [1993]: 450 Jahre Copernicus „De revolutionibus“. Astronomische und mathematische Bücher aus Schweinfurter Bibliotheken. Ausstellung des Stadtarchivs Schweinfurt in Zusammenarbeit mit der Bibliothek Otto Schäfer, 21. November 1993 – 19. Juni 1994. Veröffentlichungen des Stadtarchivs Schweinfurt, Band 9. Schweinfurt, 437 S.
ISSN 0015-9905

Neudert, Franz [1986]: An der Schwelle der Neuzeit. In: *Kolb, Aegidius (Hrsg.):* Ottobeuren. Schicksal einer schwäbischen Reichsabtei. 2., geänd. u. neugest. Auflage, Allgäuer Zeitungsverlag, Kempten, S. 85-91.
ISBN 3-88006-119-X

Nüssli, Christos [2007]: The Complete Tabula Peutingeriana – a Roman Road Map compared with a modern map. Online-Publikation.
http://www.euratlas.net/cartogra/peutinger/
letzter Aufruf: 03.02.2012.

Oehme,Ruthardt [1951]: Martin Waldseemüller und der Straßburger Ptolemäus von 1513. In: *Müller, Karl Friedrich (Hrsg.)*: Beiträge zur Sprachwissenschaft und Volkskunde. Festschrift für Ernst Ochs zum 60. Geburtstag. Schauenburg, Lahr, S. 155-167.

Oestmann, Günther [1993]: Schicksalsdeutung und Astronomie: Der Himmelsglobus des Johannes Stoeffler von 1493. Ausstellungskatalog. Württembergisches Landesmuseum, Stuttgart, 71 S.
ISBN 3-929055-28-7

Pagani, Lelio (Hrsg.) [1990]: Clavdii Ptolemaei Cosmographia, Tavole della Geografia di Tolomeo. Edizione delle tavole del codice lat. V F 32 (sec. XV) della Biblioteca Nazionale di Napoli. GEP, Cremona, 15 S. und 27 Karten.
ISBN 88-239-0184-7

Pölnitz, Götz von (Hrsg.) [1937]: Die Matrikel der Ludwig-Maximilians-Universität Ingolstadt - Landshut - München, Teil 1, Band 1: Ingolstadt 1472-1600. Lindauer, München, 1404 Sp.

Pörnbacher, Hans [2002]: Schwäbische Literaturgeschichte. Tausend Jahre Literatur aus Bayerisch Schwaben. Veröffentlichungen der Schwäbischen Forschungsgemeinschaft / Sonderpublikation. Konrad, Weißenhorn, 320 S.
ISBN 3-87437-468-8

Posset, Franz [2005]: Renaissance Monks. Monastic Humanism in six Biographical Sketches. Studies in Medieval and Reformation Traditions, Vol. 108, Brill, Leiden u. a., 196 S.
ISBN 90-04-14431-5

Regiomontanus, Johannes (Müller, Johannes) [1474]: Ephemerides. Nürnberg, 896 S.

Regiomontanus, Johannes (Müller, Johannes) [1474/76]: Deutscher Kalender. Hans Sporer, Nürnberg, 30 S.
[Universitätsbibliothek München: Cim. 40]
Vgl. dazu auch *Regiomontanus, Johannes (Müller, Johannes) [Mitte 15. Jh.]:* Calendarium, tabulae astronomicae, varia ad chronologiam et astronomiam spectantia.
[Bayerische Staatsbibliothek München: Clm. 3333]
http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/0006/bsb00064974/images/
letzter Aufruf: 03.02.2012.

Reiss & Sohn [2011]: Stoppel, Kalender auf 1552. Broadsheet, Lot 1453. In: Auction Cataloge 146-149 (November 2011), X. Early Printed Books (Lot 1310-1584), Books with Woodcuts – Law – Reformation. Königstein im Taunus.
http://www.reiss-sohn.de/frame_buch.php?page=1453&lang=eng
letzter Aufruf: 03.02.2012.

Reske, Christoph [2007]: Die Buchdrucker des 16. und 17. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebiet. Auf der Grundlage des gleichnamigen Werkes von Josef Benzing. Beiträge zum Buch- und Bibliothekswesen, Band 51. Harrassowitz, Wiesbaden, 1090 S.
ISBN 3-447-05450-6
ISBN 978-3-447-05450-8

Röttel, Karl (Hrsg.) [1995]: Peter Apian. Astronomie, Kosmographie und Mathematik am Beginn der Neuzeit. Mit Ausstellungskatalog. Polygon, Buxheim, 360 S.
ISBN 3-928671-12-X

Ruge, Sophus [1892]: Die Entwicklung der Kartographie von Amerika bis 1570. Festschrift zur 400jährigen Feier der Entdeckung Amerikas, mit 32 Kärtchen auf 2 Teilen. Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 106. Perthes, Gotha, 85 S.

Saam, Dieter [1991]: Albert Kunne aus Duderstadt. Der Prototypograph aus Trient und Memmingen und die Produktion seiner Offizinen (ca. 1474 bis 1520). In: Bibliothek und Wissenschaft, Band 25, Wiesbaden, S. 98-194.
ISSN 0067-8236

Schelhorn, Johann Georg [1730]: Kurtze Reformations-Historie der Kayserlichen Freyen Reichs-Stadt Memmingen aus bewaehrten Urkunden und andern glaubwuerdigen Nachrichten verfasset und bey Veranlassung des andern Jubel-Festes der Augspurgischen Confession an das Licht gestellt. Hummel, Memmingen, 268 S.
http://reader.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10726919.html
letzter Aufruf: 20.01.2012.

Schelhorn, Johann Georg [1731]: Amoenitates Literariæ, Quibus Variæ Observationes, Scripta item quædam anecdota & rariora Opuscula exhibentur. Tomus Decimus Quartus et Ultimus. Bartholomaei & Filium, Frankfurt / Leipzig, 359 S.
http://reader.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10135438.html
letzter Aufruf: 20.01.2012.

Schmeidler, Felix (Hrsg.) [1972]: Opera collectanea. Faksimiledruck von neun Schriften Regiomontans und einer von ihm gedruckten Schrift seines Lehrers Purbach. Milliaria, Band X/2. Zeller, Osnabrück, 793 S.
ISBN 3-535-00816-6
ISBN 3-535-00212-5

Schnitzlein, Georg [1984]: Der Codex Vadiana 429 und Ulrich Ellenbog (1435-1499). Dissertation. Technische Universität München, München, 208 S.

Schöner, Johannes [1515]: Luculentissima quaedam terrae totius descriptio : cum multis utilissimis Cosmographiae iniciis. Nürnberg, 160 S.

Schöner, Johannes [1529]: Ein nutzliches Buechlein vieler Bewerter Ertzney. 2. Auflage, Gülfferichen, Frankfurt am Main, 24 S.

Schorer, Christoph [1660]: Memminger Chronick, Oder Kurtze Erzehlung vieler denckwürdigen Sachen, die sich allda nicht allein vor alten, sondern auch zu jetzigen Zeiten, bevorab in verwichenem dreyssigjährigen Krieg begeben und zugetragen, von Anno 369 biß 1660. Sampt einer kurtzen Beschreibung der Statt neben ihrem Grundriß in Kupffer. Kuehnen, Ulm, 192 S.
http://diglib.hab.de/drucke/150-44-hist-4s/start.htm
letzter Aufruf: 29.02.2012.

Schröder, Alfred [1893]: Der Humanist Veit Bild, Mönch bei St. Ulrich: Sein Leben und sein Briefwechsel. In: Zeitschrift des Historischen Vereins für Schwaben und Neuburg, Band 20, Augsburg, S. 173-227.

Schwinges, Rainer Christoph (Hrsg.) [2001 ff.]: RAG – Repertorivm Academicvm Germanicvm. Die graduierten Gelehrten des Alten Reiches zwischen 1250 und 1550. Online-Datenbank.
http://www.rag-online.org/
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Staatsarchiv Augsburg: Reichsstadt Memmingen, Urkunde 504 (16. Dezember 1501), 522 (14. Dezember 1507) und 540 (16. Dezember 1511); Reichsstift Ottobeuren, MüB 6.

Steinhofer, Johann Ulrich [1744]: Ehre des Herzogtums Wirtenberg In seinen Durchlauchtigsten Regenten, Oder Neue Wirtenbergische Chronik, Welche alle Merkwürdigkeiten und Veränderungen, Die sich von dem ersten Ursprung des Herzogtums Wirtenberg an, bis auf gegenwärtige Zeiten, nämlich: von dem Jahr 500 bis auf das Jahr 1744, In demselben, so wol bey dem gräflich-und hernach fürstlichen Hause, als auf dem Lande, in Kriegs- und Friedenszeiten, zugetragen, nach denen eigentlichen Jahr und Monaten, ausführlich beschreibet, zugleich auch die jährliche Frucht- und Weinrechnungen, Käuf und Schläg verschiedener Ammtstädte, die ausserordentliche Witterungen der Zeiten, und ohnzählbar- andere wichtige Umstände des Landes, anmerket: nebst einem kurzen, doch ausführlichen Nebenbericht der vornehmsten Geschichten aller Europäischen Staaten, besonders des Heil. Röm. Reiches. Cotta, Tübingen, 830 S.

Stevens, Henry Newton [1908]: Ptolemy's Geography. A brief account of all the printed editions down to 1730. 2. Auflage. Stevens Son & Stiles, London, 62 S.

Stöffler, Johann [1518]: Calendarium Romanum magnum. Köbel, Oppenheim, 74 S. & 62 Sp.
http://www.e-rara.ch/doi/10.3931/e-rara-2164
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Stopel, Jakob [1505]: Fragment eines Wandkalenders.
[Bayerische Staatsbibliothek München, Einbl. Kal. 1505].
http://mdz10.bib-bvb.de/~einblattdrucke/images/330000262_0_r.pdf
http://mdz10.bib-bvb.de/~einblattdrucke/images/330000262_1_r.pdf
letzter Aufruf: 30.01.2012.

Stopel, Jakob [1514]: Die außlegung Jacobi Stopels / Der freyen ku[e]nst | vn[d] ertzney doctor zu Memmingen Auff die iij. Sun|nen und Mo[e]n so gesechen sind vff den x. vnd xj. tag | Jenner. Dar nach xvij. Marcij Anno d[omi]ni.1514. | Wie hie nacher bezaichnet ist. Kunne, Memmingen, 5 S.

Stopel, Jacob [1519]: Repertorivm In Formam Alphabeticam redactu[m]. In se co[n]tinens totius iam cogniti orbis Terras Maria, Fontes, Flumina, Montes, Gentes, Civitates atq[ue] villas. Secundu[m] eorum longitudines ac latitudines. Tam ab ipso Ptholo. q. c[a]eteris modernioribus lustratas. Sacr[a]e scriptur[a]e hystorias legentibus c[a]eterisq[ue] hystoriographi[a]e ac poetisq[ue] vtile. Non solu[m] huic meo operi Geographico. Verum etiam c[a]eteris vniuersalibus chartis necnon Ptholo. tabulis accomodatum. Kunne, Memmingen, 116 S.
http://epub.ub.uni-muenchen.de/10655/1/W2H.aux.44.pdf
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Stückelberger, Alfred / Graßhoff, Gerd (Hrsg.) [2006]: Ptolemaios. Handbuch der Geographie. 2 Bände. Schwabe, Basel, zus. 1018 S.
ISBN 978-3-7965-2148-5

Stückelberger, Alfred / Mittenhuber, Florian (Hrsg.) [2009]: Ptolemaios. Handbuch der Geographie. Ergänzungsband mit einer Edition des Kanons bedeutender Städte. Schwabe, Basel, 487 S.
ISBN 978-3-7965-2581-0

Telle, Joachim [1972]: Das Arzneibuch Johann Schöners und seine mittelhochdeutsche Quelle. In: Centaurus, an International Journal of the History of Science and its Cultural Aspects, Band 17, Heft 2, Oxford, S. 119-141.
ISSN 0008-8994 (print)
ISSN 1600-0498 (online)
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0498.1973.tb00189.x/pdf
letzter Aufruf: 13.04.2012.

Uffenbach, Zacharias Konrad von [1730]: Bibliothecae Uffenbachianae Universalis Tomus II. Complectens historicos ac caeteros, qui ad studia historica pertinent, scriptores, una cum appendice duplici, quarum prior supellectilem antiquariam, altera incunabula artis typographicae sive librorum typis exscriptorum editiones primas exhibet. Andrea & Hort, Frankfurt am Main, 788, 136 S.

Unold, Jakob Friedrich [1826]: Geschichte der Stadt Memmingen. Vom Anfang der Stadt bis zum Tod Maximilian Josephs I., Königs von Bayern. Rehm, Memmingen, 534 S.
http://bavarica.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10386919.html
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Van Duzer, Chet [2010]: Johann Schöner's Globe of 1515. Transcription and Study. Transactions of the American Philosophical Society, Vol. 100, Part 5. American Philosophical Society, Philadelphia, 218 S.
ISBN 978-1-606-18005-1

Visel, Curt [1952]: Memminger Frühdruck-Studien. In: Das Antiquariat. Halbmonatsschrift für alle Fachgebiete des Buch- und Kunstantiquariats, 8. Jhrg., Nr. 1/2, Stammheim / Calw, S. 1-2.
ISSN 0003-5793

Visel, Curt [1953]: Die Buchdruckerei des Klosters Ottobeuren. In: Memminger Geschichtsblätter, 27. Jhrg. (1952/1953), Memmingen, S. 1-6.
ISSN 0539-2896

Visel, Curt [1963]: Dr. Jakobus Stoppel, Arzt und Humanist in Memmingen. In: Das schöne Allgäu, Band 36, Kempten, S. 10-14 und S. 36.

Visel, Curt [1970]: Ein Rarissimum unter den Americana. In: Börsenblatt für den Deutschen Buchhandel. Frankfurter Ausgabe, Band 26, Nr. 86 vom 27. Oktober 1970, Frankfurt am Main, S. A 243-246.

Visel, Curt [1997]: Albrecht Kunne. In: Wandelhalle der Bücherfreunde, Neue Folge, 39. Jhrg., Heft 4, München, S. 98-100.
ISSN 0507-8601

Vogel, Emil Ferdinand [1833]: Johannes Hommel, oder Homilius. In: *Ersch, Johann Samuel / Gruber, Johann Gottfried (Hrsg.):* Allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste in alphabetischer Folge von genannten Schriftstellern bearbeitet. Zweite Section, 10. Theil, Brockhaus, Leipzig, S. 261-263.
http://reader.digitale-sammlungen.de/resolve/display/bsb10808194.html
letzter Aufruf: 10.01.2012.

Waldseemüller, Martin [1513]: Claudii Ptolemei viri Alexandrini Mathematic[a]e discipline Philosophi doctissimi Geographi[a]e opus novissima. Schott, Straßburg, 60 S.
[Österreichische Nationalbibliothek Wien: KAR: 393692-D.K]

Wawrik Franz [1981]: Kartographische Werke an der Österreichischen Nationalbibliothek aus dem Besitz Johannes Schöners. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie, Band 21, Ulm / Zürich, S. 195-202.
ISSN 0074-9842

Wawrik Franz [2010]: Hieronymus Münzer. Arzt, Reisender, Geograph, Diplomat. In: *Horst, Thomas / Holzer, Gerhard / Svatek, Petra (Hrsg):* Die Leidenschaft des Sammelns. Streifzüge durch die Sammlung Woldan. Edition Woldan, Band 3/2. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 515-536.
ISBN 978-3-7001-6894-2

Weber, Ekkehard (Hrsg.) [1976]: Die Tabula Peutingeriana. Codex Vindobonensis 324. Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz, 2 Teile.
ISBN 3-201-00975-X

Weller, Emil [1864]: Repertorium typographicum. Die deutsche Literatur im ersten Viertel des sechzehnten Jahrhunderts. Im Anschluß an Hains Repertorium und Panzers Deutsche Annalen. Georg Wolfgang Panzers Annalen der aeltern deutschen Litteratur oder Anzeige und Beschreibung derjenigen Buecher, welche von Erfindung der Buchdruckerkunst bis 1526 in deutscher Sprache gedruckt worden sind, Teil 3. Beck, Nördlingen, 506 S.

Weyrauther, Max [1907]: Konrad Peutinger und Willibald Pirckheimer in ihren Beziehungen zur Geographie. Eine geschichtliche Parallele. Münchener geographische Studien 21, Ackermann, München, 45 S.

Zäh, Helmut [2010]: Reuchlin und das Kloster Ottobeuren – Sein Briefwechsel mit Nikolaus Ellenbog und Leonhard Widenmann. In: *Kühlmann, Wilhelm (Hrsg.):* Reuchlins Freunde und Gegner. Kommunikative Konstellationen eines frühneuzeitlichen Medienereignisses. Pforzheimer Reuchlinschriften, Band 12. Thorbecke, Ostfildern, S. 241-277.
ISBN 978-3-7995-5982-9

Ziesack, Anne-Katrin [2006]: Veit Bild. In: *Worstbrock, Franz Joseph (Hrsg.)*: Deutscher Humanismus 1480-1520, Verfasserlexikon. De Gruyter, Berlin / New York, Band 1, Sp. 190-204.
ISBN 978-3-11-020639-5

Zinner, Ernst [1937]: Der deutsche Kalender des Johannes Regiomontan, Nürnberg, um 1474. Faksimile-Druck der Ausgabe Nürnberg um 1474 nach dem Exemplar der Preußischen Staatsbibliothek. Veröffentlichungen der Gesellschaft für Typenkunde des XV. Jahrhunderts, Reihe B, Band 1. Harrassowitz, Leipzig, 20, 30 S.

Zinner, Ernst [1941]: Geschichte und Bibliographie der astronomischen Literatur in Deutschland zur Zeit der Renaissance. Hiersemann, Leipzig, 452 S.

Zinner, Ernst [1967]: Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts. 2., erg. Auflage, Beck, München, 688 S.

Zoepfl, Friedrich [1919a]: Der Arzt Ulrich Ellenbog. In: Archiv für die Geschichte des Hochstifts Augsburg, Band 5 (1916-1919), Dillingen an der Donau, S. 111-164.

Zoepfl, Friedrich [1919b]: Geschichte der ehemaligen Universität Ottobeuren. In: Archiv für die Geschichte des Hochstifts Augsburg, Band 5, Dillingen an der Donau, S. 517-562.

Zoepfl, Friedrich [1949]: Der Humanismus am Hof des Fürstbischofs von Augsburg. In: Historisches Jahrbuch, herausgegeben von der Görres-Gesellschaft zur Pflege der Wissenschaft im Katholischen Deutschland, Band 62-69, München / Freiburg, S. 671-708.

Anschrift des Verfassers:

Dr. phil. Thomas Horst, M.A.

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, Lehrstuhl für Kartographie und Topographie,
D-85577 Neubiberg

E-Mail: thomashorst@gmx.net

Uwe G. F. Kleim

Untersuchung kartographischer Darstellungen auf Briefmarken der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel von Weltkartenmotiven

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Weltkartendarstellungen auf Briefmarken der Bundesrepublik Deutschland dahingehend untersucht, ob diesen mathematische Abbildungsgleichungen zu Grunde liegen und ob sie kartographischen Darstellungsregeln folgen. Nach allgemeinen Bemerkungen zur Entstehung und zum Urheberrecht von Briefmarken wird zu jeder der drei hier behandelten Briefmarken ein detailliertes Ergebnis der Untersuchung vorgelegt. Abschließend werden weitere bundesdeutsche Briefmarken mit Weltkartenabbildungen vorgestellt, deren Untersuchung noch aussteht.

Summary

In this contribution world maps on stamps of the Federal Republic of Germany are analyzed whether mathematical picture equations form the basis of these and whether they follow cartographic representation rules. After general remarks to the origin and to the copyright of stamps a detailed result of the investigation is presented to each of the three stamps treated here. Finally, other German stamps with figures of world maps are introduced, whose investigation is still pending.

1. Einleitung

Seit dem 07. September 1949, der Ausgabe der ersten Briefmarken der Bundesrepublik Deutschland, wurden vom Bundesministerium für Angelegenheiten des Fernmeldewesens, seit 1950 vom Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen, seit 1989 vom Bundesministerium für Post und Telekommunikation und seit 1998 vom Bundesministerium der Finanzen bis zum 9. Februar 2012 etwas mehr als 2.800 Briefmarken ausgegeben. Hierbei sind Unterarten bei einzelnen Marken wie

- Bogen-, Rollen- und Markenheftchenmarken,
- verschiedene Wasserzeichen,
- verschiedene Bildgrößen,
- Unterschiede im Druckbild zwischen verschiedenen Auflagen,
- vierseitige oder dreiseitige Zähnung,
- oben oder unten geschnitten,
- mit oder ohne Fluoreszenz, Phosphoreszenz oder optische Aufheller und
- unterschiedliche Sicherheitsaufdrucke

nicht berücksichtigt. Lediglich 1,9% der verausgabten Briefmarken – 52 Marken – weisen kartographische Darstellungen auf. Hierbei handelt es sich um

- 37 regionale Landkarten, meistens thematische Karten,
- acht Weltkarten, überwiegend als Hintergrundinformation,
- vier kartenverwandte Darstellungen, hauptsächlich Panoramakarten,
- zwei historische Landkarten,
- eine kombinierte Welt- und Regionalkarte,
- ein Globus.

Aus diesen wurden drei Marken mit Weltkarten mit Gitternetzlinien für die nachfolgende Untersuchung ausgewählt. Dabei handelt es sich um Briefmarken aus der Zeit zwischen 1952 und 1993. Eine Untersuchung der restlichen fünf Marken mit Weltkartenmotiven, von denen vier keine Netzlinien aufweisen, steht noch aus; sie werden am Ende dieses Beitrages kurz vorgestellt.

In dem informativen Bildband *„minifactum. Über das Entwerfen von Briefmarken“* von *Rolf Lederbogen [1995]*, in welchem die Motive auf Briefmarken in die Gruppen *„Bildnisse“, „Symbole“, „Bauten und Landschaften“, „Sachdarstellungen“* und *„Poster“* eingeteilt sind, kommt die Kartographie als Briefmarkenmotiv leider nicht vor.

Bevor die ausgewählten Marken genauer betrachtet werden, sollen zunächst einige Bemerkungen über den Weg einer Briefmarke vom Themenvorschlag bis zum Druck (Abb. 1) und über den Urheberrechtsschutz von Briefmarken folgen.

2. Entstehung und Urheberrechtsschutz einer Briefmarke

2.1 Zur Entstehung einer Briefmarke

Alle Bürgerinnen und Bürger haben das Recht, beim Bundesministerium der Finanzen Vorschläge für neue

Briefmarken einzureichen. Das Thema muss einen klaren Bezug zu Deutschland haben, von überregionaler Bedeutung sein und sollte auf einen der fünf Bereiche

- Staat und Gesellschaft,
- Kunst und Kultur,
- Wissenschaft und Technik,
- Natur und Umwelt
- oder Internationales

eingehen, denn die Briefmarken sollen die Bundesrepublik Deutschland repräsentieren. Ereignisse von nur lokaler Bedeutung und Abbildungen lebender Personen mit Ausnahme der Bundespräsidenten sind ausgeschlossen. Allerdings gab es bisher zwei Ausnahmen:

- JEAN MONNET (1888-1979), französischer Unternehmer, Wegbereiter der europäischen Einigungsbestrebungen, anlässlich seiner Ernennung zum Ehrenbürger Europas durch die Regierungschefs der Europäischen Gemeinschaft 1976 (Ausgabe: 16.02.1977),
- Papst BENEDIKT XVI. (*1927) anlässlich seines 80. Geburtstages (Ausgabe: 12.04.2007).

Ein zehnköpfiger *„Programmbeirat“*, der sich aus Journalisten, Philatelisten, Verwaltungsfachleuten, Postmitarbeitern und drei Mitgliedern des Deutschen Bundestages zusammensetzt, prüft die jährlich ca. 300 Themenvorschläge aus der Bevölkerung und erstellt daraus eine Liste mit den Themen für die Neuerscheinungen.

Nachdem es heftige Kritik an der graphischen Gestaltung eines Teiles der ersten bundesdeutschen Briefmarken gegeben hatte *[Bundesministerium der Finanzen, 2011; Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen, 1985, S. 8]* setzte der damalige Bundespostminister SIEGFRIED BALKE (1902-1984) am 6. Oktober

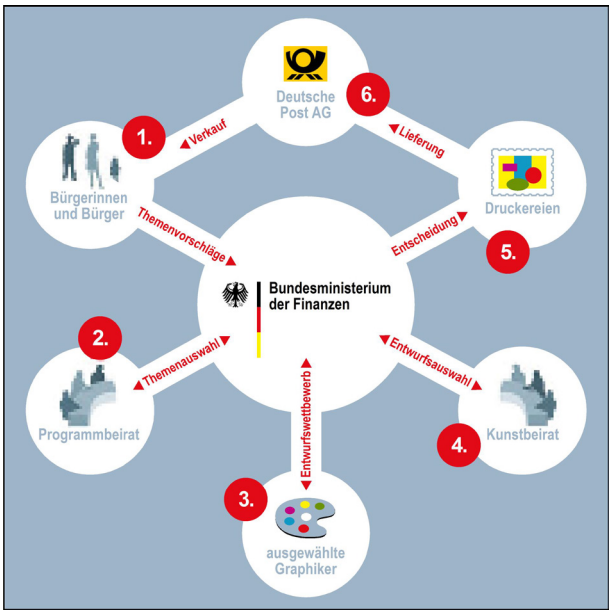


Abb. 1: *„Von der Idee zur Marke“*
[Quelle: Bundesministerium der Finanzen, 2011].

1954 den *„Beirat für die künstlerische Gestaltung der amtlichen Graphik der Deutschen Bundespost“* ein *[Bender, 1976, S. 179]*, den sogenannten *„Kunstbeirat“*. Dieser setzt sich heute aus vier namhaften Fachleuten und Professoren aus dem Gebiet der Graphik, zwei Vertretern des Bundesfinanzministeriums, zwei Angehörigen der Deutschen Post AG, dem Präsidenten des Allgemeinen Postwertzeichen Händler-Verbandes (APHV), dem Präsidenten des Bundes Deutscher Philatelisten (BDPh) und zwei Angehörigen des Deutschen Bundestages zusammen. Der Kunstbeirat forderte in seinen heute noch gültigen *„Gedanken zur künstlerischen Form der Briefmarke“* die *„Rückkehr zur eigentlichen Aufgabe: Ausdeutung des gestellten Themas durch ein knapp gefaßtes, eindeutiges und gedankenvolles Symbol, äußerste Prägnanz und Konzentrierung der Formgebung, harmonisch ausgewogene Verteilung von Schriftbild und Darstellung, die ein untrennbares Ganzes sind.“ [Bender, 1976; S. 181; vgl. auch Preetorius, 1956]*.

Der zwölfköpfige Kunstbeirat sucht in Abstimmung mit dem Bundesministerium der Finanzen aus einer Gruppe ausgewählter Graphiker, dem derzeit ca. 100 Graphikerinnen und Graphiker angehören, meistens sieben Künstler aus, von denen zu einem Thema ein Entwurf in sechsfacher Vergrößerung erbeten wird *[Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen, 1985; Blase, 1981; Bender, 1976; Reichardt, 1973]*. In den Ausschreibungen werden den Graphikern mehrere der Standard-Größenformate zur Wahl gestellt *[Lederbogen, 1995, S. 16]*. Aus den eingereichten Entwürfen wählt der Kunstbeirat den nach seiner Meinung besten für die Ausführung als Briefmarke aus. Die letzte Entscheidung obliegt dem Bundesfinanzminister. Eine detaillierte Beschreibung seiner Aufgaben findet man im Abdruck der *„Geschäftsordnung des Beirats für die graphische Gestaltung der Postwertzeichen der Deutschen Bundespost (Kunstbeirat)“* in *Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen [1985, S. 48f.]*.

Für den Druck der Briefmarken ist die Bundesdruckerei Berlin befugt. Im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen dürfen jedoch auch die nachfolgend aufgeführten Druckereien Briefmarken herstellen:

- Bagel Security Print, Mönchengladbach,
- Giesecke & Devrient, Leipzig,
- Schwann - Bagel, Düsseldorf,
- WertDruckZentrum Bonn,
- Wertpapierdruckerei Leipzig.

Eine detaillierte Darstellung der einzelnen bei der Briefmarkenherstellung verwendeten Druckverfahren findet man bei *Koensler et al. [1999]* und als Kurzzusammenfassung bei *Maaßen [2003, S. 217-226]*[1] und bei *Bender [1976, S. 140-145]*. Spezielle philatelistische De-

[1] http://www.bdph.de/kdb/fileadmin/PDF_Dateien/druck.pdf letzter Aufruf: 05.03.2012.

tails zu den Druckverfahren sind im Michel-Katalog *[Michel, 2006, S. 9-11]* und bei *Van Loo [1983]* aufgeführt.

Zum Schluss werden die gedruckten Briefmarken an die Deutsche Post AG zum Verkauf ausgeliefert. Mit der Privatisierung zum 01. Januar 1995 wurde diese *„gesetzlich verpflichtet, die von ihr benötigten Briefmarken vom Staat bzw. der Bundesdruckerei oder von vom Staat bevollmächtigten Druckereien zu beziehen." [optel Media Services, o. J.]*.

2.2 Zum Urheberrechtsschutz von Briefmarken

Briefmarken sind Wertzeichen; sie dürfen daher genauso wie Banknoten nicht reproduziert werden. Bezüglich der Wiedergabe von amtlichen Briefmarken der Bundesrepublik Deutschland in Büchern und ähnlichem sprach aber das Landgericht München 1986 ein wegweisendes Urteil. Danach sind amtliche bundesdeutsche Briefmarken durch ihre Aufnahme in das Amtsblatt des Bundesministers für das Post- und Fernmeldewesen und ab 1998 in das Amtsblatt des Bundesministeriums der Finanzen als gemeinfrei anzusehen und dürfen somit abgebildet werden: *„Die ... Briefmarke hat den urheberrechtlichen Schutz, den sie zunächst als bloßer Entwurf besaß (§ 2 Abs. 1 Nr. 4, Abs. 2 Urheberrechtsgesetz), durch die Aufnahme im Amtsblatt ... gemäß § 5 Abs. 1 UrhG verloren."* (LG München, AZ 21 S 20861/86). Die einschlägigen Vorschriften des Strafrechtes (StGB § 148 – Wertzeichenfälschung[2], § 149 – Vorbereitung der Fälschung von Geld und Wertzeichen[3]) sind dabei jedoch zu beachten.

Die Kommentarliteratur zum Urheberrecht ist diesbezüglich anderer Ansicht: *„Nicht zum Kreis der gemeinfreien Werke zählen Banknoten, Münzen* und *Postwertzeichen (Briefmarken), auch wenn sie in amtlichen Bekanntmachungen, wie im Bundesgesetzblatt oder Postblatt, abgebildet werden. Der hinter dem Ausschluss amtlicher Werke vom Urheberrechtsschutz stehende Schutzzweck, eine freie und ungehinderte Information der Öffentlichkeit zu gewährleisten, greift hier nicht ein, da Postwertzeichen und Zahlungsmittel nicht der Informationsvermittlung, sondern dem Gebrauch dienen. Die Freigabe der Vervielfältigung stünde in krassem Widerspruch zum amtlichen Interesse (i. S. v. § 5 Abs. 2 UrhG)." [Loewenheim, 2010, § 31, Rdnr. 10[4],]* (vergleiche auch *Fromm/Nordemann [1998, § 5, Rdnr. 4], Möhring et. al. [2000, § 5, Rdnr. 14], Rehbinder [1996, S. 207], Schack [2007, Rdnr. 517], Schricker [1991b, S. 645 und S. 652f.]* sowie *Wandtke/Bullinger [2009, § 5, Rdnr. 20]*). Diese Ansichten hat das Landgericht München zwar zur Kenntnis genommen, aber verworfen.

Seit der Liberalisierung des deutschen Briefmarktes durch das Postgesetz (PostG) vom 22. Dezember 1997 *[Bundesministerium der Justiz, 2006]* ist es privaten Postdiensten erlaubt, eigene Briefmarken herauszugeben. Hierbei handelt es sich um sogenannte *„nichtamtliche"* Ausgaben, die nicht mit dem Aufdruck *„Deutschland"* versehen sein dürfen, nicht gemeinfrei sind und somit bezüglich der Reproduktion urheberrechtlich geschützt sind. Einer der größten privaten Briefmarkenhersteller in der Bundesrepublik Deutschland ist die *Postado Deutschland GmbH* in Berlin, die zur *könitzers druck + medien gmbh* gehört.

3. Vorbemerkungen zu den Genauigkeitsuntersuchungen

Da dem Verfasser die Originalentwürfe der zu untersuchenden Briefmarken nicht vorlagen, wurden die Marken hochauflösend mit 1.200 dpi gescannt. Anschließend wurden diese digitalen Bilder auf die Sollgrößen des Motivfeldes – angegeben bei *Lederbogen [1995, S. 16]* – skaliert. Die im DNK-Katalog *[Leuchtturm, 2005]* enthaltenen Formatangaben beziehen sich auf die Größe der ganzen Briefmarke von Spitze zu Spitze der Zähnung. Dadurch, dass diese Angaben auf 0,5 mm gerundet sind und weil durch das Heraustrennen der einzelnen Marken aus den Briefmarkenbögen die Zähnungsspitzen ungleich lang sind, ist eine exakte Skalierung nach diesen Maßangaben nicht möglich. Durch die Größenanpassung der Motivfelder wurde ein eventuell vorliegender Papierverzug und eine Verzeichnung durch das Scannen ausgeglichen. Alle hier wiedergegebenen Marken-Abbildungen und Nachzeichnungen der Weltkarten sind in 1,8-facher Vergrößerung dargestellt.[5]

Die vorliegende Arbeit gibt keine Wertung darüber ab, ob die hier untersuchten Briefmarken „schön" oder „nicht schön" sind, denn das ist nur subjektiv zu beurteilen. Auch die Entscheidungen des Kunstbeirates sind zu einem gewissen Teil relativ, obwohl er dies selber lange nicht zugegeben und Kritik aus der Bevölkerung an den verausgabten Briefmarken lange als *„unqualifiziert"* betrachtet hat *[Hackenberg, 1979]*. Auch der Briefmarkendesigner, so schreibt KARL OSKAR BLASE (*1925) – von 1966 bis 1992 Professor für Kunst und Visuelle Kommunikation an der Kunsthochschule Kassel, seit 1988 Mitglied des Kunstbeirates, von 1992-1997 dessen Vorsitzender *[Wikipedia, 2011a]* und seit 1997 dessen

[2] http://www.gesetze-im-internet.de/stgb/__148.html letzter Aufruf: 05.03.2012.

[3] http://www.gesetze-im-internet.de/stgb/__149.html letzter Aufruf: 05.03.2012.

[4] http://beck-online.beck.de/default.aspx?vpath=bibdata/komm/LoewenheimHdbUrhR_2/cont/LoewenheimHdbUrhR.31.glA.glIII.gl1.htm letzter Aufruf: 18.11.2011.

[5] Dieser einheitliche Vergrößerungsfaktor wurde gewählt, damit die größte der hier untersuchten Briefmarken noch in das vorgegebene Spaltenmaß dieser Veröffentlichung passt und damit ein Größenvergleich zwischen den Marken möglich ist.

Ehrenvorsitzender *[Burzan, 2012]* –, *„kann nicht davon ausgehen, daß ein noch so begründbares visualisiertes Thema die traditionellen Erwartungen der Auftraggeber überwindet“ [Blase, 1981, S. 5]*. Die Wertungen in diesem Beitrag beziehen sich ausschließlich auf die kartographischen Darstellungen.

4. Untersuchungsbeispiel 1: Hemisphärenkarte in Azimutalprojektion

4.1 Thema und Beschreibung

Die erste bundesdeutsche Briefmarke mit einer kartographischen Darstellung erschien am 17. September 1952 anlässlich des 100. Jahrestages der Landung von CARL SCHURZ (1829-1906), dem deutschen Freiheitskämpfer von 1848 und späteren Zeitungsverleger und US-amerikanischen Innenminister (1877-1881) unter Präsident RUTHERFORD B. HAYES (1822-1893), in Amerika (Abb. 2).

Die Marke wurde in der Druckerei *A. Bagel* in Ratingen unter dem Geschäftsführer GERD BAGEL *[Henkel AG, 2009]* entworfen *[Michel, 2006, S. 888, Nr. 155]*. Hinter dem Porträt von CARL SCHURZ ist eine Hemisphärenkarte des Atlantischen Ozeans abgebildet, welche die Brücke zwischen seiner Herkunft (Alte Welt, Europa, Deutschland) und seiner neuen Heimat (Neue Welt, Amerika, USA) verdeutlichen soll. Diese Hemisphärenkarte gilt es, näher zu betrachten.

Abb. 2: *100. Jahrestag der Landung von CARL SCHURZ in Amerika*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band I, S. 61],
Sonderausgabe vom 17. September 1952,
Entwurf: Druckerei A. Bagel, Ratingen,
Druck: Offsetdruck, Bagel, Ratingen,
Format: 27,5 x 32,8 mm (Marke) = V hoch, 23,5 x 28,8 mm (Motivfeld),
[Michel, 2006, S. 888, Nr. 155; Leuchtturm, 2005, S. 130, Nr. 155; Lederbogen, 1995, S. 16].

4.2 Genauigkeitsuntersuchung

Die Hintergrundkarte stellt die atlantische Erdhälfte dar. Beim ersten Betrachten gewinnt man den Eindruck, dass die Karte auf einer äquatorständigen orthographischen Azimutalprojektion beruht. Dieser Eindruck beruht auf der Tatsache, dass neben dem Äquator in der Bildmitte nach Norden und Süden jeweils drei weitere, zum Äquator parallel verlaufende, geradlinige Breitenkreise dargestellt sind, deren Abstände sich zu den Polen hin verringern . Nord- und Südpol sowie der westliche und östliche Begrenzungsmeridian liegen außerhalb des Motivfeldes. Ferner zeigt die Karte sechs Meridiane, deren Abstände sich zu den Begrenzungsmeridianen hin auch verringern. Dies sind alles Indizien für eine äquatorständige orthographische Azimutalprojektion *[Wilhelmy, 1975, S. I, 51]*.

Aufgrund des Karteninhaltes konnten zwei Linien vorab identifiziert werden:

- der in der Kartenmitte verlaufende Breitenkreis als der Äquator und
- der zweite Meridian von rechts als der durch Greenwich verlaufende 0°-Meridian.

Anscheinend liegt der Hauptpunkt der Kartenabbildung bei 0°/30°W und soll das geographische Netz folgende Breiten- und Längengrade darstellen:

- für die geographische Breite 60°N, 40°N, 20°N, 0° (Äquator), 20°S, 40°S und 60°S
- und für die geographische Länge 120°W (westlicher Begrenzungsmeridian), 90°W, 70°W, 50°W, 20°W, 0°, 20°O und 60°O (östlicher Begrenzungsmeridian).

Zur Bestimmung der real dargestellten Längen- und Breitenkreise und des tatsächlichen Hauptpunktes der Projektion wurde das Gradnetz der Karte nachgezeichnet und ausgemessen (siehe Abb. 3). Diese Ausmessung ergab, dass die dargestellte Erdkugel keinen einheitlichen Durchmesser und somit keinen einheitlichen Radius besitzt. Der vertikale Durchmesser D_φ ist um 0,6 mm größer als der horizontale Durchmesser D_λ. Somit ist das Abbild der idealisierten Erdkugel kein Kreis, sondern eine Ellipse mit größerem senkrechten Halbmesser.

Als erstes wurde der Maßstab (M) der Karte nach folgender Formel bestimmt:

$$m = \frac{Radius_{Natur}\ [\text{mm}]}{Radius_{Karte}\ [\text{mm}]}\ ;\ M = 1 : m \qquad [1]$$

daraus folgt für den Maßstab des Äquators

$$m_\lambda = \frac{6.370.000.000}{14} \Rightarrow M_\lambda = 1{:}\,455.000.000$$

und für den Maßstab des Hauptmeridians

$$m_\varphi = \frac{6.370.000.000}{14{,}3} \Rightarrow M_\varphi = 1{:}\,445.454.545\ .$$

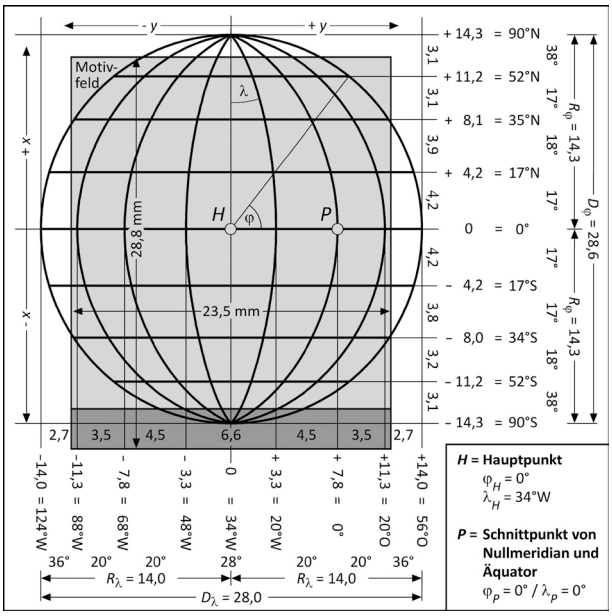


Abb. 3: *Ausgemessenes Gitternetz, berechnete Gradwerte und Bestimmung des Hauptpunktes H.*

Somit ergibt sich für die gesamte Karte ein mittlerer Maßstab von

$$M_m = \frac{M_\lambda + M_\varphi}{2} = \frac{\frac{1}{m_\lambda} + \frac{1}{m_\varphi}}{2} = 1:450.176.678$$

$$M_m \approx 1:450.000.000\,.$$

Der Hauptpunkt der Abbildung hat die geographischen Koordinaten:

$$\varphi_H = 0°$$

$$\lambda_H = \lambda_P - \arcsin\left(\frac{\overline{HP}}{R_\lambda}\right) = 0° - \arcsin\left(\frac{7{,}8}{14}\right) \qquad [2]$$

$$\lambda_H = 0° - 33{,}8584° = 33°52'\text{W} \approx 34°\text{W}\,.$$

Die dargestellten Längengrade lassen sich nach der Formel – nachfolgend immer im geodätischen Koordinatensystem –

$$\lambda = \lambda_H + \arcsin\left(\frac{y}{R_\lambda}\right) \qquad [3]$$

berechnen.

Zur Ermittlung der Werte der dargestellten geographischen Breiten müsste man wegen der unterschiedlichen Radien in *x*- und *y*-Richtung streng genommen eine Berechnung auf einer Ellipse durchführen. Wegen der geringen Differenz von 0,3 mm zwischen den beiden Radien ist es hier jedoch völlig ausreichend, für *R* den Näherungswert

$$\bar{R} = \frac{R_\varphi + R_\lambda}{2}$$

einzusetzen. Daraus ergibt sich für die geographische Breite die Formel

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{x}{\bar{R}}\right) \qquad [4]$$

Die Ergebnisse dieser Berechnungen nach [3] und [4] sind in Abbildung 3 wiedergegeben.

Auffallend ist, dass die dargestellten Gradnetzlinien nicht zu den Umrisslinien der Kontinente passen. So stellt der dritte Breitenkreis von oben am linken (westlichen) Rand scheinbar den 20°N-Breitenkreis dar, da dieser dort durch den nördlichen Teil der Halbinsel Yucatán verläuft. Dieser Breitenkreis müsste im rechten (östlichen) Teil ziemlich in der Mitte Nordafrikas verlaufen; in der Karte verläuft er aber fast an der Nordgrenze Afrikas (siehe Abb. 2). Die Kontinente sind also gegenüber dem Gradnetz verschoben und scheinbar willkürlich in das Gradnetz eingetragen worden. Um dies zu verdeutlichen wurde anhand von 66 identifizierter Punkte (Abb. 4) ein Verzerrungsnetz (Abb. 5) konstruiert.

Bei der Anfertigung des Verzerrungsnetzes führte die Methode mittels Dreieckstriangulation nach *Delaunay [1934; Beineke, 2001, S. 106-113]* zu falschen Ergebnissen, da hierbei linear interpoliert wird und die

Abb. 4: *Lage der identifizierten Punkte für die Soll-Koordinaten.*

Abb. 5: *Verzerrungsnetz mittels multiquadratischer Interpolation mit einer 20°-Gitternetzweite.*

Kartenabbildung nicht berücksichtigt wird. Dadurch kommen die beispielsweise bei der äquatorständigen orthographischen Azimutalprojektion vorherrschenden, sich zu den Polen und zu den Begrenzungsmeridianen hin verringernden Abstände zwischen den Breiten- bzw. Längenkreisen nicht zum Ausdruck. Um exakte Ergebnisse zu erzielen, wurden mehrere Verzerrungsnetze mit Hilfe der von *Hardy [1971, 1972]* entwickelten multiquadratischen Interpolation *[Beineke, 2001, S. 29-31, S. 114-119; siehe hierzu auch in vorliegender Festschrift im Beitrag von Dieter Beineke unter Kap. 5.5]* für verschiedene Kartenabbildungen erstellt *[Böhm, 2012; Wagner, 1962]*. Das beste Resultat ergab hierbei der Ansatz mit einer äquatorständigen orthographischen Azimutalprojektion als Abbildungsgrundlage für die vorliegende Karte (s. Abb. 5) – was eingangs bereits vermutet worden war.

Da die identifizierten Punkte aufgrund des sehr kleinen Maßstabes und der damit einhergehenden starken Generalisierung auch fehlerbehaftet sind, wurde das Verzerrungsnetz stark geglättet, um nicht eine nicht vorhandene Genauigkeit zum Ausdruck zu bringen. Das Verzerrungsnetz zeigt, dass Europa und Nordafrika zu weit südlich, Nordamerika und die Ostküste Südamerikas zu weit westlich, die Westküste Afrikas zu weit östlich und Südafrika zu weit nördlich platziert worden sind. Die Ursache liegt wohl darin begründet, dass der Graphiker in der Mitte der Karte Platz für das Porträt von CARL SCHURZ schaffen wollte, ohne jedoch von den Kontinenten zu viel zu verdecken. Dies verdeutlichen Abb. 6, in der eine exakte Karte in äquatorständiger orthographischer Azimutalprojektion über das Motiv der Briefmarke gelegt worden ist, und Abb. 7, in der die vorhandene Hintergrundkarte durch die exakte Karte aus Abb. 6 ersetzt wurde. Ersichtlich wird auch, dass im westlichen Teil die Breitenkreise des Verzerrungsnetzes mit denjenigen der Hintergrundkarte gut übereinstimmen. Ebenso verhält es sich mit den Meridianen im nordöstlichen Viertel.

Abb. 6: *Überlagerung einer exakten äquatorständigen orthographischen Azimutalabbildung (Hauptpunkt bei 0°/30°W, Äquidistanz 20°).*

Abb. 7: *Montage mit einer exakten äquatorständigen orthographischen Azimutalabbildung (Hauptpunkt bei 0°/30°W, Äquidistanz 20°).*

4.3 Ergebnis

Die Wahl der äquatorständigen orthographischen Azimutalprojektion, auch Parallelprojektion genannt, ist für die Darstellung des gewählten geographischen Raumes günstig *[Imhof, 1972]*. Durch ihre globusartige Abbildung einer Erdhälfte wirkt sie sehr anschaulich. Dass diese Projektion nicht flächentreu und nur die Begrenzungsmeridiane längentreu unterteilt sind, spielt hier bei der Verwendung als Hintergrundinformation keine Rolle.

Kartographisch kann die Darstellung nicht befriedigen, da die Verwendung unterschiedlicher Maßstäbe für die Horizontale (y-Richtung, λ-Werte) und für die Vertikale (x-Richtung, φ-Werte) sowie verschiedener Äquidistanzen den kartographischen Gestaltungsregeln widersprechen *[Imhof, 1972, S. 21 und S. 213]*. Die äußere Umrisslinie der Planisphäre ist hier kein Kreis mehr sondern eine Ellipse. Die dargestellten Breiten- und Längengrade stimmen nicht mit dem Karteninhalt überein, was auf eine Verschiebung der Kontinente aus Platzgründen zurückzuführen ist. Eine exakte, mathematisch bestimmte Netzabbildung liegt dieser Karte nicht zu Grunde. Kartographisch ausgewogener wäre ein Entwurf mit einheitlichem Maßstab auf den beiden Hauptachsen und gleichen Äquidistanzen für die geographische Breite und Länge, z. B. in 20°-Schritten.

Auch aus graphischen Gesichtspunkten ist Kritik angebracht. Durch die Darstellung der gesamten atlantischen Hemisphäre werden die beiden thematisch wichtigen Regionen Europa und Nordamerika trotz der Verschiebung der Kontinente kaum wahrgenommen, weil sie sich am oberen Markenrand befinden und größtenteils von der Themaschrift verdeckt werden, und Afrika und Südamerika dominieren, weil diese sich auf Höhe des

Abb. 8: *Gegenüberstellung – Originalmarke (links) und Montage einer verbesserten Hintergrundkarte (rechts)*
(die Schriftarten der Montage sind nicht ganz identisch mit denen des Originals).

Blickfanges der Briefmarke, des farbigen Porträts von CARL SCHURZ befinden. Eine Beschränkung auf das Wesentliche *[Böhringer et al., 2006]* – hier auf den Nordatlantik – würde Europa und Nordamerika dem Thema angemessen besser darstellen.

Einen Verbesserungsvorschlag zeigt Abb. 8. Dort wurde in die Originalmarke eine mit *Mathematica®8* von *Wolfram Research Inc.*, Champaign, USA, generierte Karte des Nordatlantiks mit dem Mittelmeridian 40°W in einer Zylinderabbildung nach CARL BRANDAN MOLLWEIDE (1774-1825) einmontiert. Die zentral gelegene Halbkugelfläche erscheint hierbei als eine Kreisscheibe und die parallel verlaufenden Breitenkreise ermöglichen eine gute Übersicht über die verschiedenen Breitenlagen *[Imhof, 1972, S. 210]*. In Nord-Süd-Richtung reicht die Karte vom Nordpol bis zum Äquator. Südamerika und Afrika treten nicht mehr so dominant in den Vordergrund wie beim Original. Europa und Nordamerika sind fast auf Augenhöhe des Porträts von CARL SCHURZ und werden somit dem Thema angemessen besser wahrgenommen.

5. Untersuchungsbeispiel 2: Weltkarte in Mercator-Projektion

5.1 Thema und Beschreibung

Anlässlich der *2. Internationalen Polizeiausstellung (IPA)* in Essen 1956 wurde die in Abbildung 9 wiedergegebene Marke am 1. September 1956 ausgegeben. Die Veranstaltung, die vom 1. bis zum 23. September 1956 unter der Schirmherrschaft von Bundespräsident THEODOR HEUSS (1884-1963) stattfand, wurde von der *Internationalen Polizei Vereinigung (International Police Association/IPA*), die 1950 von dem britischen Polizeibeamten ARTHUR TROOP (1914-2000) gegründet worden war, organisiert *[Knoche/Kalicinski, 1957]*. Ihre Ziele sind, die kulturellen Beziehungen, das Allgemeinwissen, den beruflichen Erfahrungsaustausch und gegenseitige Hilfeleistungen ihrer Mitglieder im sozialen Bereich zu fördern.

Das Graphikerteam HANS MICHEL (1920-1996) – von 1963 bis 1985 Dozent für Gebrauchsgraphik und fachübergreifende Medienarbeiten an der *Hochschule für Bildende Künste Hamburg [Wikipedia, 2011b]* – und GÜNTHER KIESER (*1930) – von 1981 bis 1992 Professor für visuelle Kommunikation an der *Bergischen Universität Gesamthochschule Wuppertal [Wikipedia, 2011c]* – aus Offenbach am Main entwarfen diese Briefmarke *[Michel, 2006, S. 901, Nr. 240]*. Die im Vordergrund stehende weiße Hand wurde dem offiziellen Plakat dieser Ausstellung entlehnt *[Schipper, 2011]*

Abb. 9: *Internationale Polizeiausstellung IPA 1956*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band II, S. 199],
Sonderausgabe vom 01. September 1956,
Entwurf: *MICHEL und KIESER,*
Druck: *Offsetdruck, Bagel, Ratingen,*
Format: *32,8 x 27,5 mm (Marke) = V quer, 28,8 x 23,5 mm (Motivfeld),*
[Michel, 2006, S. 901, Nr. 240; Leuchtturm, 2005, S. 137, Nr. 240; Lederbogen, 1995, S. 16].

und steht sowohl als *„Haltzeichen“* für die Polizei als auch als *„hilfreiche Hand“* für die Zusammenarbeit und Unterstützung innerhalb der *Internationalen Polizei Vereinigung*. Die sich im Hintergrund befindende Weltkarte – anscheinend in Zylinderabbildung nach MERCATOR – steht zum einen für das *„Internationale“* der *IPA* und durch die grüne Farbgebung noch einmal für die Polizei. Die beiden verschiedenen Grüntöne der Landmassen auf der Weltkarte lassen die Hand deutlicher erscheinen.

Die rote Hintergrundfarbe hat mit dem eigentlichen Thema nichts zu tun. Sie ist ein Relikt aus der Zeit des *Deutsch-Österreichischen Postvereines* aus dem Jahr 1861 und einer Empfehlung des *Weltpostvereines* von 1906, dass eine Briefmarke mit dem Wertstufenaufdruck für das Auslands-Postkartenporto die Grundfarbe Rot haben musste bzw. sollte *[Stutz, 2003]*. Diese Empfehlung wurde 1953 aufgehoben.

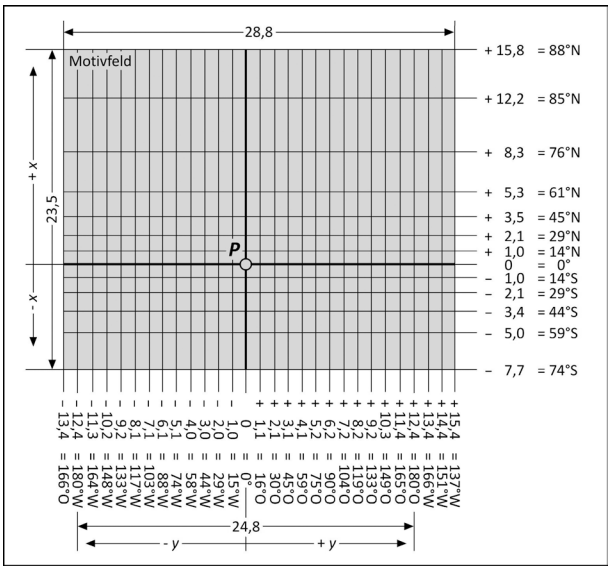


Abb. 10: *Ausgemessenes geographisches Gitternetz und berechnete Gradwerte.*

5.2 Genauigkeitsuntersuchung

Die Hintergrundkarte stellt die gesamte Erde ohne die Polregionen offensichtlich in einer Zylinderabbildung nach GERHARD MERCATOR (1512-1594) dar. Möglich wäre aber auch eine gnomonische Zylinderabbildung. Da sich aber bei letzterer die Abstände zwischen den Breitenkreisen zu den Polen hin aufgrund der Abbildungsgleichung

$$x = \tan\varphi \cdot R \qquad [5]$$

wesentlich stärker vergrößern als bei der Mercator-Abbildung und somit ab 30°N bzw. 30°S nicht mehr mit dem Karteninhalt korrespondieren, kann es sich im vorliegenden Fall nur um eine Zylinderabbildung nach MERCATOR handeln.

Neben dem Äquator, der die Fußlinie des Wertaufdruckes *„20“* bildet, sind sechs nördliche und vier südliche Breitenkreise dargestellt. Die rechte Begrenzung des Mittelfingers der weißen Hand wird durch den 0°-Meridian gebildet. Nach Osten schließen sich 14, nach Westen 12 weitere Meridianlinien an. Alle Breiten- und Längenkreise sind bis zur Begrenzung des Motivfeldes der Marke ausgezeichnet. Auch bei dieser Briefmarke wurden die Netzlinien der Karte nachgezeichnet und ausgemessen (siehe Abb. 10).

Aufgrund des Karteninhaltes wurde die erste Meridianlinie von links als 180° westliche Länge und die dritte Meridianlinie von rechts als 180° östliche Länge identifiziert. Daraus ergibt sich, dass die Äquidistanz der abgebildeten Meridiane 15° beträgt. Nach dem Karteninhalt haben auch die Breitenkreislinien eine Äquidistanz von 15°; so stellen beispielsweise die dritte horizontale Linie von oben richtig den knapp nördlich der britischen Inseln verlaufenden 60. Breitenkreis nördlicher Breite und die zweite horizontale Linie von unten den knapp südlich von Tasmanien verlaufenden 45. Breitenkreis südlicher Breite dar. Die ausgemessenen Werte zeigt Abb. 10. Mit nachfolgender Formel [6] wurde hieraus zunächst der auf dem Äquator verwendete Erdradius berechnet:

$$R_\lambda = \frac{U}{2\,\pi} = \frac{24{,}8\ \text{mm}}{2\,\pi} = 3{,}95\ \text{mm}\,. \qquad [6]$$

Mit diesem Wert lässt sich nach Formel [1] der Maßstab der Karte auf dem Äquator (Kugelmaßstab) ermitteln:

$$m_\lambda = \frac{6.370.000.000}{3{,}95} \Rightarrow M_\lambda = 1{:}\,1.612.658.228$$

$$M_\lambda \approx 1{:}\,1.600.000.000\,. \qquad [7]$$

Die Bestimmung der dargestellten geographischen Längen erfolgt mittels der Abbildungsgleichung

$$y = \frac{\lambda^\circ \cdot \pi}{180^\circ} \cdot R_\lambda\,. \qquad [8]$$

Da die *y-Werte* bekannt sind (s. Abb. 10), kann man die Formel nach λ umstellen

$$\lambda = \frac{y}{R_\lambda} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \qquad [9]$$

und so die exakten Werte der dargestellten Meridiane berechnen. Aus der Gegenüberstellung der Sollwerte zu den Istwerten (s. Tab. 1) lässt sich nach Formel [10] deren mittlere Abweichung von den Sollwerten bestimmen:

$$\bar{d}_\lambda = \frac{\sum v_\lambda}{n} \quad \text{mit } n = 22 \qquad [10]$$

$$\bar{d}_\lambda = -\,0{,}66^\circ.$$

Dies entspricht nach Formel [8] einer mittleren Lageabweichung von

$$\bar{d}_y = -\,0{,}0455\ \text{mm} \approx -\,0{,}05\ \text{mm}.$$

Der Wert liegt im Bereich der Zeichengenauigkeit und

Tabelle 1: *Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte der geographischen Länge.*

λ_s (Sollwerte)	λ_i (Istwerte)	$d_\lambda = \lambda_s - \lambda_i$ (Differenzen)
180°W	180,00°W	0,00°
165°W	163,91°W	- 1,09°
150°W	147,95°W	- 2,05°
135°W	133,45°W	- 1,55°
120°W	117,49°W	- 2,51°
105°W	102,99°W	- 2,01°
90°W	88,48°W	- 1,52°
75°W	73,98°W	- 1,02°
60°W	58,02°W	- 1,98°
45°W	43,52°W	- 1,48°
30°W	29,01°W	- 0,99°
15°W	14,51°W	- 0,49°
15°O	15,96°O	- 0,96°
30°O	30,46°O	- 0,46°
45°O	44,97°O	+ 0,03°
60°O	59,47°O	+ 0,53°
75°O	75,43°O	- 0,43°
90°O	89,93°O	+ 0,07°
105°O	104,44°O	+ 0,56°
120°O	118,94°O	+ 1,06°
135°O	133,45°O	+ 1,55°
150°O	149,40°O	+ 0,60°
165°O	165,34°O	- 0,34°
180°O	180,00°O	0,00°
	$\sum d_\lambda$:	**- 14,48°**
mittlere Abweichung für λ: $\bar{d}_\lambda = \frac{\sum d_\lambda}{n}$ mit $n = 22$		**- 0,66°**

so können die Abweichungen bei der geographischen Länge unberücksichtigt bleiben.

Die Bestimmung der dargestellten geographischen Breiten erfolgt mittels der Abbildungsgleichung

$$x = \ln \tan\left(45° + \frac{\varphi°}{2}\right) \cdot R\,. \qquad [11]$$

Da die *x-Werte* bekannt sind (s. Abb. 10), kann man die Formel nach φ umstellen:

$$\varphi = 2 \arctan e^{\frac{x}{R}} - 90°\,. \qquad [12]$$

Setzt man nun die gemessenen Werte für *x* und den nach Formel [6] bestimmten Wert für *R* ein, erhält man die in Tab. 2 aufgeführten Ist-Werte der geographischen Breite. Die Gegenüberstellung der Sollwerte zu diesen Ist-

Tabelle 2: *Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte der geographischen Breite.*

φ_s (Sollwerte)	φ_i (Istwerte)	$d_\varphi = \varphi_s - \varphi_i$ (Differenzen)
?	87,90°N	–
85°N	84,78°N	+ 0,22°
75°N	76,05°N	- 1,05°
60°N	60,70°N	- 0,70°
45°N	45,19°N	- 0,19°
30°N	29,12°N	+ 0,82°
15°N	14,35°N	+ 0,75°
15°S	14,35°S	- 0,75°
30°S	29,12°S	- 0,82°
45°S	44,16°S	- 0,84°
60°S	58,50°S	- 1,50°
?	73,80°S	–
	$\sum d_\varphi$:	**- 4,06**
mittlere Abweichung für φ: $\bar{d}_\varphi = \frac{\sum d_\varphi}{n}$ mit $n = 10$		**- 0,41°**

Tabelle 3: *Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte der Abstände vom Äquator (x) der geographischen Breite (φ).*

φ_s	x_s (Sollwerte)	x_i (Istwerte)	$d_x = x_s - x_i$ (Differenzen)
?	–	+ 15,80 mm	–
85°N	+ 12,37 mm	+ 12,20 mm	+ 0,17 mm
75°N	+ 8,01 mm	+ 8,30 mm	- 0,29 mm
60°N	+ 5,20 mm	+ 5,30 mm	- 0,10 mm
45°N	+ 3,48 mm	+ 3,50 mm	- 0,02 mm
30°N	+ 2,17 mm	+ 2,10 mm	+ 0,07 mm
15°N	+ 1,05 mm	+ 1,00 mm	+ 0,05 mm
15°S	- 1,05 mm	- 1,00 mm	- 0,05 mm
30°S	- 2,17 mm	- 2,10 mm	- 0,07 mm
45°S	- 3,48 mm	- 3,40 mm	- 0,08 mm
60°S	- 5,20 mm	- 5,00 mm	- 0,20 mm
?	–	- 7,7 mm	–
		$\sum d_x$:	**- 0,52 mm**
mittlere Abweichung für φ: $\bar{d}_x = \frac{\sum d_x}{n}$ mit $n = 10$			**- 0,05 mm**

werten (siehe Tab. 2 und 3) zeigt, dass die mittlere Lageabweichung der Breitenkreise mit

$$\bar{d}_x = \frac{\sum v_x}{n} \quad \text{mit } n = 10 \qquad [13]$$

$$\bar{d}_x = -0{,}052 \text{ mm} \approx -0{,}05 \text{ mm}.$$

ebenfalls im Bereich der Zeichengenauigkeit liegt und die gleiche Größenordnung aufweist wie die Lageabweichung der Längengrade. Zur Verdeutlichung der guten Übereinstimmung wurde eine Weltkarte in Mercator-Abbildung mit dem Äquator-Erdradius $R = 3{,}95$ mm aus Formel [6] der Karte auf der Briefmarke überlagert (Abb. 11).

5.3 Ergebnis

Abgesehen von den geringfügigen, im Bereich der Zeichengenauigkeit liegenden Lageabweichungen bei den Meridian- und Breitenkreislinien kann diese kartographische Darstellung voll überzeugen.

Die Mercatorkarte ist zwar wegen des starken Anwachsens der Längen- und vor allem der Flächenverzerrung als allgemeine geographische Übersichtskarte wenig geeignet *[Imhof, 1972, S. 211; Hake, 1975, S. 131; Wilhelmy, 1975, S. I, 65]*, sondern hat wegen ihrer Eigenschaft, die Loxodromen als gerade Linien abzubilden *[vgl. hierzu in vorliegender Festschrift den Beitrag von Dieter Beineke]*, große Bedeutung bei Seekarten, doch ist in dem vorliegenden Fall ihre Verwendung in Verbindung mit der überwiegend von senkrechten Linien begrenzten weißen Hand als eine harmonische Komposition zu bezeichnen.

Alle anderen vorwiegend in der Praxis verwendeten Weltkartenentwürfe haben die Eigenschaft, dass zumindest die Meridiane als gekrümmte Linien abgebildet werden. Dies hätte hier mit den senkrechten Linien der Hand ein äußerst unruhiges graphisches Erscheinungsbild ergeben, was die beiden Graphiker HANS MICHEL und GÜNTHER KIESER durch die Verwendung einer Mercatorabbildung vermieden haben.

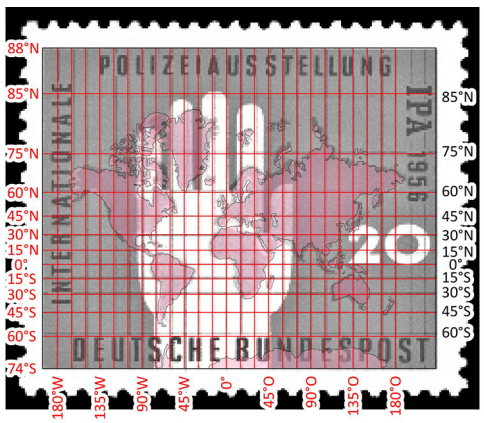


Abb. 11: *Überlagerung einer Weltkarte in Mercator-Abbildung mit R = 3,95 mm aus Formel [6].*

6. Untersuchungsbeispiel 3: Eine scheinbar quadratische Plattkarte

6.1 Thema und Beschreibung

Diese Briefmarke wurde zum 125-jährigen Bestehen der *Norddeutschen Seewarte* in Hamburg am 14. Januar 1993 ausgegeben (Abb. 12). Die *Norddeutsche Seewarte* wurde 1867 von dem aus Norden stammenden Navigationslehrer WILHELM IHNO ADOLPH VON FREEDEN (1822-1894) mit erheblichen eigenen Mitteln gegründet und bis 1874 auch geleitet. Sie nahm am 1. Januar 1868 ihren Dienst auf. 1875 wurde diese in das *Reichsinstitut Deutsche Seewarte* umgewandelt. Nach 1945 wurde daraus das *Deutsche Hydrographische Institut (DHI)*. Dieses wurde 1990 mit dem *Bundesamt für Schiffsvermessung (BAS)* zum *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)* zusammengelegt *[Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 2011]*.

Entworfen wurde die Marke von dem freiberuflichen Graphikerehepaar HELMUT LANGER (*1945) und MARINA LANGER-ROSA aus Köln *[Michel, 2006, S. 1039, Nr. 1647]*. HELMUT LANGER war von 1991 bis 1993 Professor für Visuelle Kommunikation an der *Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle an der Saale*, ist seit 2004 Professor für Visuelle Gestaltung an der *ecosign/Akademie für Gestaltung* in Köln und lehrt seit 2007 am *National Institute of Design* in Ahmedabad/Indien *[Wikipedia, 2011d]*.

Auf dieser Briefmarke ist eine Weltkarte in anscheinend mittabstandstreuer zylindrischer Abbildung mit längentreuem Äquator abgebildet: demnach eine „qua-

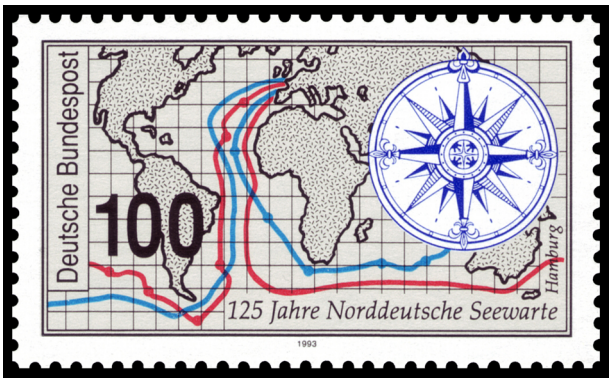


Abb. 12: *125 Jahre Norddeutsche Seewarte Hamburg*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXVII, S. 2563],
Sonderausgabe vom 14.01.1993,
Entwurf: LANGER und LANGER-ROSA,
Druck: Offsetdruck, Wertpapierdruckerei Leipzig,
Format: 43 x 25,5 mm (Marke) = doppelt I quer, 39 x 21,5 mm (Motivfeld),
[Michel, 2006, S. 1039, Nr. 1647; Leuchtturm, 2005; S. 264, Nr. 1647; Lederbogen, 1995, S. 16].

dratische Plattkarte“, die anhand der quadratischen Form der Netzmaschen zu erkennen ist. Der Schwerpunkt der Kartendarstellung ist der Atlantische Ozean mit Amerika im Westen und Afrika im Osten. Von Europa aus führen zwei blaue und zwei rote Linien durch den Atlantik nach Süden. Dort wenden sich zwei Linien, eine blaue und eine rote, um die Südspitze Amerikas zum linken Kartenrand und zwei Linien, wieder eine blaue und eine rote, um die Südspitze Afrikas zum rechten Kartenrand. Diese Linien stellen die Schifffahrtsrouten der Segelschifffahrt dar *[Berghaus, 1872]*. Die roten Linien bezeichnen die Ausreiserouten von Europa, die blauen Linien die Heimreiserouten nach Europa. Im Verlauf einer roten und einer blauen Linie sind zusätzlich jeweils gleichfarbige Punkte ausgewiesen, deren Bedeutung unklar ist. Süd- und Ost-Asien sowie Nord-Australien werden von dem Emblem des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie verdeckt. An scheinbaren geographischen Netzlinien sind 12 Breitenkreise und 22 Längenkreise verzeichnet.

6.2 Genauigkeitsuntersuchung

Eine grobe Bestimmung der Breiten- und Längengrade kann durch den Karteninhalt erfolgen. Demnach muss die erste waagerechte Linie von oben 60° nördlicher Breite entsprechen, da dieser Breitengrad knapp nördlich der britischen Inseln verläuft. Die erste waagerechte Linie von unten soll wohl 60° südlicher Breite darstellen, da dieser Breitenkreis südlich der Südspitze Amerikas – des Kap Hoorns – verläuft. Somit erhält man für die geographische Breite eine Äquidistanz von 120°/11 Breitenkreise = 10,91°.

Die 11. senkrechte Linie von links könnte der Null-Meridian durch Greenwich sein. Die zweite senkrechte Linie von links müsste 130° westlicher Länge entsprechen, da dieser Meridian westlich der Westküste Kaliforniens verläuft. Die erste senkrechte Linie von rechts müsste 150° östlicher Länge darstellen, denn dieser Meridian verläuft durch die östlichsten Teile Australiens und Neuguineas. Somit ergäbe sich für die geographische Länge eine Äquidistanz von 280°/20 Meridiane = 14°.

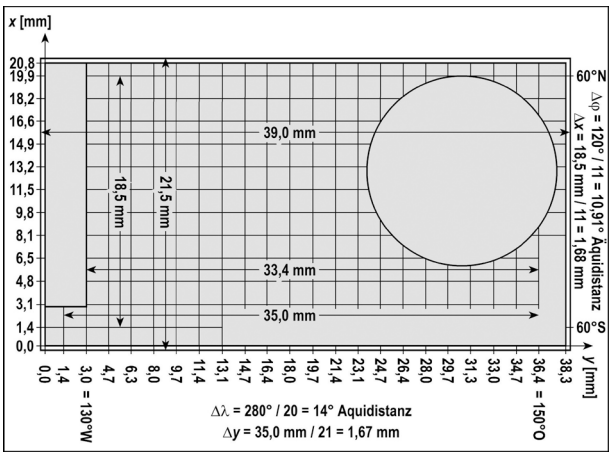


Abb. 13: *Ausgemessenes Gitternetz der Briefmarke.*

Durch die unterschiedlichen Äquidistanzen der Gitterlinien für die geographische Länge und die geographische Breite kann es sich bei der vorliegenden Karte nicht um eine quadratische Plattkarte handeln, da bei dieser Abbildungsart nach den Abbildungsgleichungen

$$x = \frac{\pi}{180°} \cdot \varphi° \cdot R = \operatorname{arc}\varphi \cdot R$$
$$y = \frac{\pi}{180°} \cdot \lambda° \cdot R = \operatorname{arc}\lambda \cdot R \qquad [14]$$

die Äquidistanzen der Gitterlinien in *x*- und *y*-Richtung gleich sein müssen. Das Gitternetz suggeriert durch seine quadratische Form der Netzmaschen also nur eine quadratische Plattkarte. Demnach könnte es sich aufgrund der Äquidistanzen des Gitternetzes um eine rechteckige Plattkarte handeln. Um eine solche rechteckige Plattkarte der Weltkarte auf der Briefmarke zu überlagern, wurde zunächst das Gitternetz auf der Briefmarke ausgemessen (Abb. 13), um daraus die längentreuen Breitenkreise der rechteckigen Plattkarte zu bestimmen:

$$\varphi_0 = \arccos\frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \arccos\frac{10{,}91°}{14°} \qquad [15]$$
$$\varphi_0 = \arccos 0{,}7793 \approx \pm\, 39° .$$

Aus den Abbildungsgleichungen der rechteckigen Plattkarte

$$x = \operatorname{arc}\varphi \cdot R$$
und $$y = \operatorname{arc}\lambda \cdot \cos\varphi_0 \cdot R \qquad [16]$$

kann man den der Karte zugrunde liegenden Erdradius berechnen:

$$R = \frac{y \cdot 180°}{\pi \cdot \lambda° \cdot \cos\varphi_0} = 8{,}77 \text{ mm} \approx 8{,}8 \text{ mm} . \qquad [17]$$

Mit diesem Erdradius lässt sich der Kugelmaßstab der Karte nach Formel [1] bestimmen:

$$m = \frac{6.370.000.000}{8{,}77} \Rightarrow M = 1:726.339.755$$
$$M \approx 1:725.000.000 .$$

In einem nächsten Schritt wurde eine den zuvor berechneten Werten entsprechende rechteckige Plattkarte der Briefmarke überlagert (Abb. 14). Man erkennt deutlich, dass beide Karten und das dargestellte Gitternetz nicht zusammenpassen, dass die Karte auf der Briefmarke auf einer anderen Abbildungsart beruhen muss und dass das Gitternetz ein willkürliches graphisches Beiwerk ist.

Anhand von 117 eindeutig identifizierbarer Punkte (Abb. 15) wurden deshalb mehrere Verzerrungsnetze mit Hilfe der von *Hardy [1971, 1972]* entwickelten multiquadratischen Interpolation *[vgl. Beineke, 2001,*

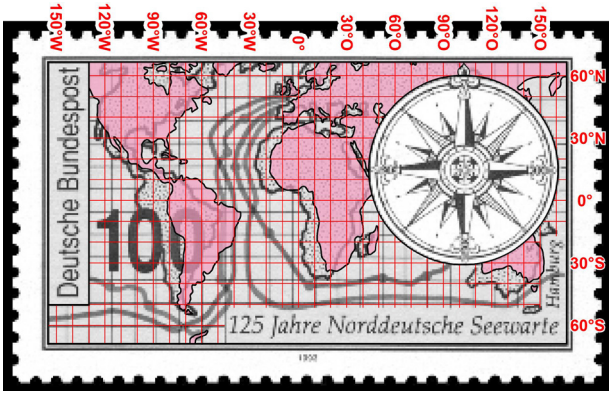


Abb. 14: *Überlagerte rechteckige Plattkarte.*

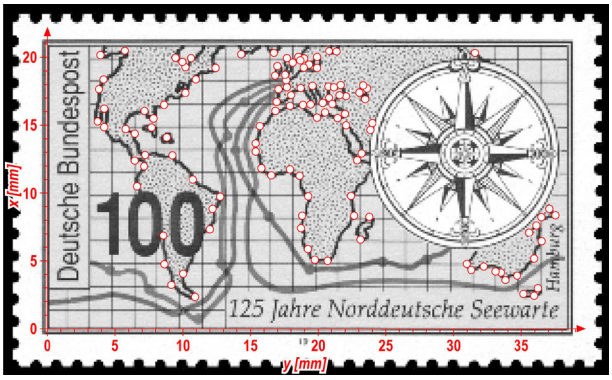


Abb. 15: *Lage der für das Verzerrungsnetz verwendeten identifizierten Punkte.*

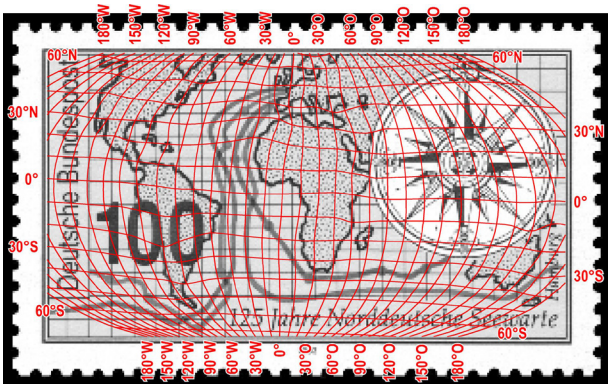


Abb. 16: *Verzerrungsnetz (Mollweide-Abbildung).*

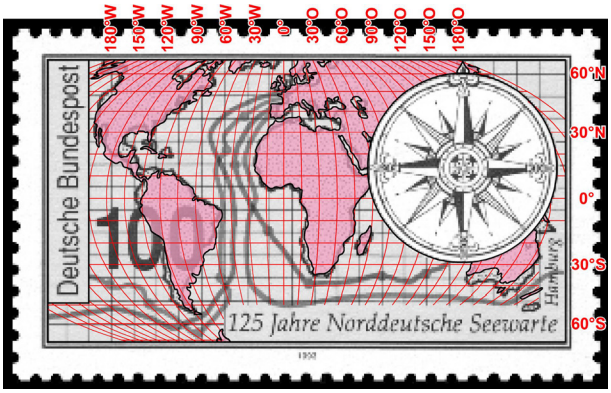


Abb. 17: *Überlagerte Weltkarte nach MOLLWEIDE.*

S. 29-31, S. 114-119] nach einer ausgleichenden Helmert-Transformation *[Helmert, 2006]* mit Hilfe des Programms *Mathematica®8* für verschiedene Kartenabbildungen erstellt. Aufgrund der stark gekrümmten Darstellung Amerikas und Australiens kamen hierfür die Abbildungen des Russen DAVID A. AITOFF (1854-1933) von 1889 sowie der Deutschen ERNST VON HAMMER (1858-1925) von 1892, CARL BRANDAN MOLLWEIDE (1774-1825) von 1805 und OSWALD WINKEL (1874-1953) von 1913 in Frage *[Böhm, 2012; Wagner, 1962]*. Das beste Resultat ergab hierbei der Ansatz mit einer zylindrischen Abbildung nach MOLLWEIDE. Abbildung 16 zeigt das Verzerrungsnetz auf Grundlage dieser Kartenabbildung.

Aus den Koordinaten der identifizierten Punkte wurde durch Streckenvergleich zunächst ein Näherungsmaßstab ermittelt. In der Horizontalen (y-/λ-Richtung) ergab dies

$$M_{N\lambda} \approx 1:815.000.000$$

und in der Vertikalen (x-/φ-Richtung)

$$M_{N\varphi} \approx 1:680.000.000\,.$$

Das ergibt einen mittleren Näherungsmaßstab von

$$M_{Nm} \approx 1:741.000.000\,.$$

Die Berechnungen mittels *Mathematica®8* ergaben für die Karte nach der Ausgleichung mittels einer Helmert-Transformation einen ausgeglichenen Maßstab von

$$M_A = 1:753.779.401 \approx 1:754.000.000$$

und, dass das Koordinatensystem der Karte um

$$\alpha = -2{,}91248° \approx -2{,}9°$$

gedreht ist. Diese Drehung ist am unteren Rand des Verzerrungsnetzes (Abb. 16) gut erkennbar. Auch die Überlagerung mit einer Karte in mollweidescher Abbildung (Abb. 17) mittels der Abbildungsgleichungen *[Wagner, 1962, S. 170]*

$$x = \lambda \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot \cos\psi \cdot R$$

$$y = \sqrt{2} \cdot \sin\psi \cdot R \qquad [18]$$

$$\text{mit: } \arc 2\psi + \sin 2\psi = \pi \cdot \sin\varphi$$

zeigt rechts unten (Australien), dass die Karte auf der Briefmarke verdreht ist. Die Überlagerung verdeutlicht aber auch die mit Ausnahme Mittelamerikas ansonsten recht gute Übereinstimmung der Landmassen beider Karten.

6.3 Ergebnis

Kartographisch kann diese Weltkarte keineswegs befriedigen. Karte und Gitternetz passen überhaupt nicht zusammen. Die Verwendung einer konformen zylindri-

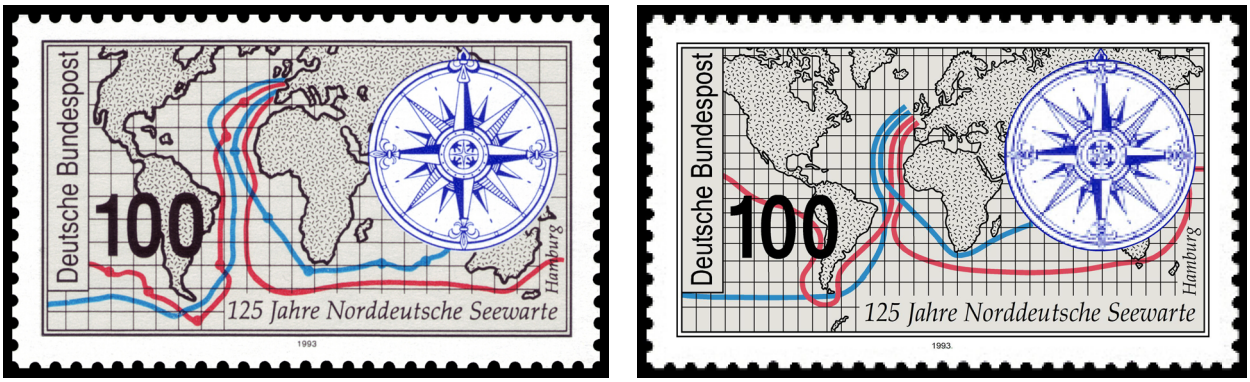


Abb. 18: *Gegenüberstellung – Originalmarke (links) und Montage einer Weltkarte in Mercator-Abbildung (rechts)*
(die Segelrouten in der Montage wurden von Berghaus [1872] übernommen).

schen Abbildung nach MERCATOR wäre bei dem Thema *„125 Jahre Norddeutsche Seewarte“* wesentlich angebrachter gewesen. Denn *„ihre große Bedeutung liegt bei den Seekartenwerken, weil sie die Eigenschaft besitzt, die Loxodrome als gerade Linie abzubilden“ [Hake, 1975, S. 131]*. Hier ist zu fragen, wieso das *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*, die kompetente Stelle für Seekarten in Deutschland, kein Veto gegen die Veröffentlichung dieses Briefmarkenmotives eingelegt hat. Sind doch Briefmarken *„heute mehr denn je Kulturbotschafter eines Landes und transportieren wichtige Informationen“ [Bötsch, 1995]*.

Abbildung 18 zeigt eine Gegenüberstellung der Originalmarke und einer in die Marke einmontierten Mercator-Karte. Bei der Wiedergabe der Segelrouten wurde hierbei die Darstellung nach der *„Welt-Karte zur Übersicht der Luft-Strömungen und der See-Wege“ [Berghaus, 1872]* übernommen.

Die Bedeutung der Punkte auf den Segelrouten konnte nicht eindeutig geklärt werden. Inseln scheiden als Deutung aus, da es an sieben von elf Punkten keine Inseln gibt. Auch eine Interpretation als Markierung der Grenzen zwischen vorherrschenden Windrichtungen kann ausgeschlossen werden, da es demnach nur auf zwei Segelrouten unterschiedliche Windrichtungen gäbe. Eine mögliche plausible Erklärung wäre, dass es sich bei den Punkten um eine Unterscheidung der Fahrtrichtung handelt:

- Linien mit Punkten = Weltumsegelung in Richtung Westen,
- Linien ohne Punkte = Weltumsegelung in Richtung Osten.

7. Weitere, noch nicht untersuchte Weltkarten auf deutschen Briefmarken

Nachfolgend werden die übrigen fünf Briefmarken mit Weltkartendarstellungen vorgestellt, die noch nicht untersucht worden sind (Abb. 19-23 – ebenfalls 1,8-fach vergrößert). Die Marken stammen aus den Jahren 1991 bis 2003. Im Einzelnen sind dies:

- Europamarke vom 02. Mai 1991, Europäische Weltraumfahrt, Europäischer Erdbeobachtungssatellit ERS-1 (Abb. 19):

  Entwurf: Prof. FRITZ LÜDTKE, München,
  Druck: Offsetdruck, Bundesdruckerei Berlin,
  Format: 35 x 35 mm (Marke) = VII,
  31 x 31 mm (Motivfeld)

  [Michel, 2006, S. 1026, Nr. 1526; Leuchtturm, 2005, S. 251, Nr. 1526; Lederbogen, 1995, S. 16].

Abb. 19: *Europamarke vom 02. Mai 1991*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXIV, S. 2325].

- Für den Umweltschutz vom 18. Juli 1996, Schützt die tropischen Lebensräume (Abb. 20):

  Entwurf: Prof. ERNST JÜNGER und LORLI JÜNGER, München,
  Druck: Offsetdruck, Bundesdruckerei Berlin,
  Format: 55 x 32,8 mm (Marke) = doppelt V quer, 51 x 28,8 mm (Motivfeld)

  [Michel, 2006, S. 1062, Nr. 1867; Leuchtturm, 2005, S. 287. Nr. 1867; Lederbogen, 1995, S. 16].

Abb. 20: *Für den Umweltschutz vom 18. Juli 1996*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXXI, S. 2995].

Abb. 21: *100 Jahre Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin vom 14. September 2000*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXXV, S. 3579].

Abb. 22: *50. Jahrestag der Neugründung des Goethe-Instituts vom 05. April 2001*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXXVI, S. 3681].

- 100 Jahre *Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin* vom 14. September 2000 (Abb. 21):

  Entwurf: CORINNA ROGGER, Biberach,

  Druck: Offsetdruck, Wertpapierdruckerei Leipzig,

  Format: 55 x 32,8 mm (Marke) = doppelt V quer, 51 x 28,8 mm (Motivfeld),

  [Michel, 2006, S. 1094, Nr. 2136, Leuchtturm, 2005, S. 315, Nr. 2136; Lederbogen, 1995, S. 16].

- 50. Jahrestag der Neugründung des *Goethe-Instituts zur Pflege der deutschen Sprache* vom 05. April 2001 (Abb. 22):

  Entwurf: IMGARD HESSE, München,

  Druck: Offsetdruck, Bundesdruckerei Berlin,

  Format: 46 x 27,5 mm (Marke),

  [Michel, 2006, S. 1099, Nr. 2181; Leuchtturm, 2005, S. 319, Nr. 2181; siehe hierzu auch in vorliegender Festschrift die Anmerkungen zu dieser Briefmarke im Beitrag von Siegmund Schulz, S. 220].

- 50 Jahre Deutsche *Welle* vom 10. April 2003 (Abb. 23):

  Entwurf: ANDREA VOSS-ACKER, Wuppertal,

  Druck: Offsetdruck, Bundesdruckerei Berlin,

  Format: 46 x 27,5 mm (Marke),

  [Michel, 2006, S. 1117, Nr. 2334; Leuchtturm, 2005, S. 334 Nr. 2334].

8. Resümee

Die Untersuchung einiger weniger Beispiele von Weltkarten auf bundesdeutschen Briefmarken hat gezeigt, dass die Kartendarstellungen als reine Gebrauchsgraphik anzusehen sind. *„Kunsthistorisch spricht man heute auch von ‚Trivialemblematik' oder ... von ‚Alltagsästhetik'"* *[Blase, 1981, S. 4]*. Sie entsprechen teilweise – zwei von drei untersuchten Marken – nicht den Kriterien der kartographischen Darstellungslehre. *Max Eckert [1921, S. 48-65]* stellt in seiner *„Kartenwissenschaft"* an eine Karte folgende Forderungen:

Abb. 23: *50 Jahre Deutsche Welle vom 10. April 2003*
[Quelle: Briefmarkensammlung Kleim, Band XXXIX, S. 4077].

- Richtigkeit,
- Vollständigkeit,
- Zweckentsprechung,
- Klarheit und Verständlichkeit,
- Lesbarkeit und Schönheit.

Gerade der Zweck einer Karte ist sehr entscheidend für die Wahl von Maßstab und Abbildungsart. Karten auf Briefmarken dienen mehrheitlich in erster Linie der Hintergrundinformation, sie sind als zusätzlich erklärendes Instrument dem eigentlichen Thema untergeordnet. Spezielle Anforderungen wie Flächen- oder Winkeltreue sind nicht erforderlich. Aber sie müssen geometrisch richtig sein, d.h. sie müssen auf einer mathematisch bestimmten Abbildungsart/Projektion mit eindeutigem Maßstab beruhen, was in den untersuchten Beispielen mehrheitlich nicht der Fall ist. In den beiden Haupt-Koordinatenrichtungen sind die Maßstäbe oft unterschiedlich und die Kartennetze fehlerhaft. Diese nachgewiesenen Kritikpunkte hätten jedoch – wie gezeigt – trotz des Widerspruches zwischen angewandter und freier Kunst, den der Briefmarker-Entwerfer überwinden muss *[Blase, 1981]*, beim ersten und beim dritten Untersuchungsbeispiel ohne weiteres vermieden werden können. Dem stehen die von *Lederbogen [1995, S. 11]* aufgestellten, allgemein gültigen Gesichtspunkte bei der graphischen Gestaltung einer Briefmarke

„- klare Gliederung der Fläche,
- Konzentration auf das Wesentliche,
- ansprechendes Schriftbild,
- Harmonie von Typographie und Motiv,
- allgemeinverständliche Vermittlung des Themas,
- gute Abstimmung von Form, Farben und Inhalt sowie
- Einfangen der Atmosphäre“

nicht entgegen. Was den kartographischen Darstellungen dieser beiden Marken fehlt, ist nach *Eckert* die Richtigkeit, das wichtigste Kriterium für eine Landkarte.

9. Dank

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. DIETER BEINEKE vom Lehrstuhl für Kartographie und Topographie an der Universität der Bundeswehr München, der die Verzerrungsnetze mit Hilfe des Programms *Mathematica®8* generierte und mir wertvolle Anregungen zu dieser Untersuchung gab.

10. Literatur und Quellen

Bartsch, Hans-Jochen [1977]: Taschenbuch mathematischer Formeln. 3. Auflage. Deutsch, Thun/Frankfurt am Main, 516 S.
ISBN 3-87144-239-9

Beineke, Dieter [2001]: Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 71, Neubiberg, 155 S.
ISSN 0173-1009

Bender, Hermann Josef Martin [1976]: Studien zur Entwicklung der Bildform des europäischen Postwertzeichens 1840-1970. 2 Bände. Philosophische Dissertation. Universität Bonn, 292, 295, 72 S.

Berghaus, Hermann [1872]: Welt-Karte zur Übersicht der Luft-Strömungen und der See-Wege: In: *Stieler, Adolf (Hrsg.):* Stieler's Hand-Atlas über alle Theile der Erde und über das Weltgebäude. Perthes, Gotha, Karte No. 6.
http://www.davidrumsey.com/luna/servlet/detail/RUMSEY~8~1~2389~230005:Welt-Karte-zur-Ubersicht-der-Luft-S
letzter Aufruf: 12.10.2011.

Bertram, Axel [1984]: Gebrauchsgraphik: Plakat, Buchgestaltung, Zeitungsgestaltung, Pressegrafik, Kalligraphie, Münze, Briefmarke, Signet. Verlag für Agitations- und Anschauungsmittel, Berlin, 16 S.

Blase, Karl Oskar [1981]: Briefmarken-Design. Herausgegeben anlässlich des Vereinsjubiläums 100 Jahre Kasseler Philatelie 1881-1981 vom Verein für Briefmarkenkunde 1881 Kassel e.V. Verlag für Philatelistische Literatur, Guxhagen, 80 S.

Böhm, Rolf [2012]: Die ganze Kartennetzentwurfslehre kurz gefasst. Online-Publikation.
http://www.boehmwanderkarten.de/kartographie/is_netze.html
letzter Aufruf: 24.02.2012.

Böhringer, Joachim / Bühler, Peter / Schlaich, Patrick [2006]: Kompendium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 1066 S.
ISBN 978-3-540-29091-9

http://www.springerlink.com/content/n03741/#section=388644&page=1&locus=0
letzter Aufruf: 11.11.2011.

Bötsch, Wolfgang [1995]: Vorwort. In: *Lederbogen, Rolf [1995]:* minifactum. Über das Entwerfen von Briefmarken. Mit Beiträgen von Hans-Jürgen Corduan und Heinz Draheim. Röser, Karlsruhe, S. 7.
ISBN 3-9802730-1-6

Briefmarkensammlung Kleim: Bundesrepublik Deutschland 1949-2009 (nicht veröffentlichtes Privatarchiv).

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie [2011]: Ein kurzer Abriss der Geschichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie. Online-Publikation.
http://www.bsh.de/de/Das_BSH/Organisation/Geschichte/index.jsp
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Bundesministerium der Finanzen (Hrsg.) [2011]: Briefmarken. Die Entstehung. Von der Idee zur Marke. Online-Publikation.
http://www.bundesfinanzministerium.de/nn_3894/DE/Buergerinnen__und__Buerger/Briefmarken/Entstehung/node.html?__nnn=tru
letzter Aufruf: 09.08.2011.

Bundesministerium der Justiz (Hrsg.) [2006]: Postgesetz (PostG). Postgesetz vom 22. Dezember 1997 (BGBl. I S. 3294), das zuletzt durch Artikel 272 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407) geändert worden ist. Online-Publikation.
http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/postg_1998/gesamt.pdf
letzter Aufruf: 05.03.2012.

Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen, Referat für Postwertzeichen [1985]: 30 Jahre Kunstbeirat der Deutschen Bundespost. Briefmarkengrafik in der Bundesrepublik Deutschland. Ausstellung im Bundespostmuseum, Frankfurt am Main, 15.1.-31.3. 1985. Bonn, 50 S.

Burzan, Michael [2012]: Mit Kunstinvestor im Finanzministerium. Macher der Briefmarken im Kunstbeirat. In: *MediaServ – Web Media Solutions (Hrsg.):* Kunstinvestor. Online-Publikation.
http://www.kunstinvestor.com/kunstmagazin/kunstthemen.php?kunstanlage=kunstbeirat-briefmarken
letzter Aufruf: 08.03.2012.

Delaunay, Boris Nikolajewitsch [1934]: Sur la Sphère Vide. Bulletin of Academy of Sciences of the USSR, 7. Jhrg., Heft 6, New York, S. 793-800.
ISSN 0001-432x

Eckert, Max [1921]: Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft. Band 1. Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Berlin / Leipzig, 640 S.

Eckert, Max [1925]: Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft. Band 2. Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Berlin / Leipzig, 880 S.

Fries, Christian [2008]: Grundlagen der Mediengestaltung. Konzeption, Kommunikation, Visualisierung, Bildaufbau, Farbe, Typografie. 3., überarb. und erw. Auflage. Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, München, 250 S.
ISBN 978-3-446-41152-4

Fromm, Friedrich K. / Nordemann, Wilhelm [1998]: Urheberrecht. Kommentar. 9. Auflage. Kohlhammer, Stuttgart, 1015 S.
ISBN 3-17-015018-9

Großmann, Walter [1973-1976]: Vermessungskunde I-III. Sammlung Göschen 2160, 7469, 6062. Walter de Gruyter, Berlin / New York, 196, 209, 207 S.
ISBN 3-11-006602-5 (I) / 3-11-004996-1 (II) / 3-11-004393-9 (III)

Hackenberg, Lutz [1979]: Amtliche Grafik: Die Post und die Kunst. Lutz Hackenberg zu der „Visiten–karte“ im Bundespost-Erscheinungsbild: Das Brief–marken-Design, seine „Geheimen Räte“, seine De–signer und ihre realisierten und nicht realisierten Entwürfe – kritisch betrachtet. In: form – Zeitschrift für Gestaltung, 85. Jhrg., Heft 1, Frankfurt am Main, S. 18.
ISSN 0015-7678
http://www.form.de/w3fa.php?nodeId=116&lang=1&id=1085&ausgabe=85&pic=20
letzter Aufruf: 11.11.2011.

Hake, Günter [1975]: Kartographie I. Sammlung Göschen, Band 9030. 5., neubearbeitete Auflage. Walter de Gruyter, Berlin / New York, 288 S.
ISBN 3-11-005769-7

Hardy, Rolland L. [1971]: Multiquadratic Equations of Topography and Other Irregular Surfaces. In: Journal of Geophysical Research, Band 76, Heft 8, Washington, S. 1905-1915.
ISSN 0148-0227

Hardy, Rolland L. [1972]: Geodetic Applications of Multiquadratic Analysis. In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 79. Jhrg., Heft 10, Berlin, S. 398-406.
ISSN 0930-5513

Helmert, Friedrich Robert [2006]: Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Mit Anwendungen auf die Geodäsie und die Theorie der Messinstrumente. Reprint der Ausgabe Teubner, Leipzig, 1872. VDM Müller, Saarbrücken, 348 S.
ISBN 978-3-8364-0219-4

Henkel AG & Co. KG aA (Hrsg.) [2009]: Zukunft braucht Herkunft – die Unternehmerfamilie Bagel. Online-Publikation.
http://www.henkel.de/de/content_data/142948_Hintergrund_Unternehmerfamilie_Bagel.pdf
letzter Aufruf: 13.08.2011.

Imhof, Eduard [1972]: Thematische Kartographie. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Band 10. Walter de Gruyter, Berlin / New York, 360 S.
ISBN 3-11-002122-6

Knoche, Hermann / Kalicinski, Herbert (Hrsg.) [1957]: Die Internationale Polizeiausstellung 1956 Essen – IPA – in Wort und Bild. Ruhrländer Verlags-Gesellschaft, Essen, 249 S.

Koensler, Franz-Josef / Jakucewicz, Stefan / Szwemin, Marian [1999]: Eine Briefmarke entsteht. Darstellung und Erläuterung aller Produktionstechniken. 2., unveränderte Auflage. Phil-Creativ, Schwalmtal, 174 S.
ISBN 3-932198-29-8

Lankau, Ralf [2007]: Lehrbuch Mediengestaltung. Grundlagen der Kommunikation und Visualisierung. 1. Auflage. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 354 S.
ISBN 978-3-89864-399-3

Lederbogen, Rolf [1995]: minifactum. Über das Entwerfen von Briefmarken. Mit Beiträgen von Hans-Jürgen Corduan und Heinz Draheim. Röser, Karlsruhe, 144 S.
ISBN 3-9802730-1-6

Leuchtturm (Hrsg.) [2005]: DNK (Deutscher Netto Katalog) Berlin / Bundesrepublik Briefmarken-Katalog 2005. Leuchtturm Albenverlag, Geesthacht, 396 S.
ISBN 978-3-932-76957-3

Loewenheim, Ulrich (Hrsg.) [2010]: Handbuch des Urheberrechts. 2. Auflage. C. H. Beck, München.
ISBN 978-3-406-58518-0
http://beck-online.beck.de/default.aspx?vpath=bibdata%2fkomm%2fLoewenheimHdbUrhR_2%2fcont%2fLoewenheimHdbUrhR.htm
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Maaßen, Wolfgang [2003]: Echt oder falsch? – das ist hier die Frage! Fälschungen und Fälscher in der Philatelie. Ratgeber für Briefmarkensammler, Band 3. Phil-Creativ, Schwalmtal, 342 S.
ISBN 3-932198-48-4

Michel [2006]: Michel Deutschland-Spezial-Katalog 2006, Band 2: Ab Mai 1945. Schwaneberger, Unterschleißheim, 1248 S.
ISBN 978-3878581475

Möhring, Philipp / Nicolini, Käte / Ahlberg, Hartwig [2000]: Urheberrechtsgesetz. Kommentar. 2. Auflage. Vahlen, München.
ISBN 3-8006-0314-4 (Printausgabe)
http://beck-online.beck.de/Default.aspx?vpath=bibdata/komm/MoehringNicoliniUrhGKO_2/cont/MoehringNicoliniUrhGKO.htm
letzter Aufruf: 18.11.2011.

optel Media Services (Hrsg.) [o. J.]: Die Entstehung einer Briefmarke. Online-Publikation.
http://www.posttip.de/rubrik/19943/Die-Enstehung-einer-Briefmarke.html
letzter Aufruf: 05.03.2012.

Preetorius, Emil [1956]: Die Kunst der kleinen Form. Zum künstlerischen Problem der Briefmarke. Sonderdruck aus: Gebrauchsgraphik, Monatsschrift zur Förderung künstlerischer Werbung, 27. Jhrg., Heft 4. Graphische Kunstanstalten Bruckmann, München, 11 S.

Rehbinder, Manfred [1996]: Urheberrecht – ein Studienbuch. 9., völlig neubearbeitete Auflage des von Heinrich Hubmann begründeten Werkes „Urheber- und Verlagsrecht". Juristische Kurz-Lehrbücher. C. H. Beck, München, 383 S.
ISBN 3-406-41417-6

Reichardt, Hans [1973]: Was macht der Kunstbeirat der Bundespost? In: *Reichardt, Hans:* Briefmarken. Was ist was, Band 52. Tessloff, Nürnberg, S. 17.
ISBN 3-7886-2920-7

Schack, Haimo [2007]: Urheber- und Urhebervertragsrecht. 4. Auflage. Mohr Siebeck, Tübingen, 557 S.
ISBN 978-3-16-149489-5

Schipper, Dieter [2011]: Lebensstationen eines Leitenden Polizeibeamten aus Schleswig-Holstein. Online-Publikation.
http://www.dieterschipper.de/
letzter Aufruf: 17.11.2011.

Schricker, Gerhard [1991a]: Zum Urheberrechtsschutz und Geschmacksmusterschutz von Postwertzeichen – Teil I. In: Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht (GRUR), 93. Jhrg., Heft 8, München / Frankfurt am Main, S. 563-573.
ISSN 0016-9420

Schricker, Gerhard [1991b]: Zum Urheberrechtsschutz und Geschmacksmusterschutz von Postwertzeichen – Teil II. In: Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht (GRUR), 93. Jhrg., Heft 9, München / Frankfurt am Main, S. 645-656.
ISSN 0016-9420

Stutz, Reinhard [2003]: Die Weltpostvereinsfarben Grün (Drucksache), Rot (Postkarte), Blau (Brief). Verlag Post und Geschichte, Villmergen, 4 S. Online-Publikation.
http://www.post-und-geschichte.ch/site/uploads/pdf/artikel_homepage/upu/upu_farben_studie.pdf
letzter Aufruf: 17.11.2011.

Van Loo, Wilhelm [1983]: Zum Thema: Vergleichssammlung. In: Deutsche Zeitung für Briefmarkenkunde, 58. Jhrg., Nr. 21, Alfeld, S. 3622.
ISSN 1438-2830

Wagner, Karlheinz [1962]: Kartographische Netzentwürfe. 2. Auflage, Bibliographisches Institut, Mannheim, 303 S.

Wandtke, Arthur-Axel / Bullinger, Winfried [2009]: Praxiskommentar zum Urheberrecht. 3., neubearbeitete Auflage. C. H. Beck, München.
ISBN 978-3-406-56666-0 (Printausgabe)
http://beck-online.beck.de/Default.aspx?vpath=bibdata/komm/WandtkeBullingerUrhRKO_3/cont/WandtkeBullingerUrhRKO.htm
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2011a]: Karl Oskar Blase. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Karl_Oskar_Blase
letzter Aufruf: 08.03.2012.

Wikipedia (Hrsg.) [2011b]: Hans Michel. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Hans_Michel
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2011c]: Günther Kieser. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Günther_Kieser
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2011d]: Helmut Langer (Designer). Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Helmut_Langer_%28Designer%29
letzter Aufruf: 18.11.2011.

Wilhelmy, Herbert [1975]: Kartographie in Stichworten. Hirt's Stichwortbücher. 3. Auflage. Hirt, Kiel, 92, 96, 180, 12 S.
ISBN 3-554-80162-3

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing.(FH) Uwe G. F. Kleim

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, Lehrstuhl für Kartographie und Topographie,
D-85577 Neubiberg

E-Mail: uwe.kleim@unibw.de

Klaus Krack

Lösung traditioneller Einschneideaufgaben mithilfe der Wissensdatenbank von *Mathematica*®

Zusammenfassung

Wissensdatenbanken in Kombination mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Programmpaketen zur Computeralgebra stellen mächtige Lehr-, Lern- und Entwicklungshilfsmittel dar. Bezogen auf rechentechnische Fragestellungen der Vermessungskunde ermöglichen sie ungeahnt mathematiknahe Programmentwürfe. Am Beispiel der Einschneideaufgaben Bogenschlag und Rückwärtsschnitt mit Überbestimmung wird die Problemlösung mit Mathematica® vorgestellt.

Summary

A vaste knowledgebase in combination with an algebraic computing environment marks a powerful tool to explore, learn and create. Relating to numerical surveying engineering approaches very closed solutions to the mathematical model are permitted. An example is given using Mathematica® to obtain the position of an unknown point using relative angular measurements or horizontal distances to numerous known stations.

1. Einleitung

Rückwärtsschnitt und Bogenschlag stellen traditionelle vermessungstechnische Messverfahren zur Bestimmung der Lagekoordinaten eines Neupunktes in einem gegebenen Festpunktfeld dar. Basierend auf relativen Winkelbeobachtungen bzw. Entfernungsangaben lassen sich, von vieldeutiger Geometrie, wie z. B. dem gefährlichen Kreis, abgesehen, die Neupunktkoordinaten eindeutig und die durch die Messgenauigkeit erreichbare Standardabweichung des Messergebnisses berechnen.

Eng verbunden mit der Entwicklung von Rechenhilfsmitteln sind dieser vermessungstechnischen Rechenaufgabe bis heute mehr als 500 Lösungsalgorithmen gewidmet worden *[Bock, 1956]*.

Die aktuellste dem Autor bekannte Publikation zu diesem Thema findet sich in *Font-Llagunes / Batlle, [2009]*. Die hierin vorgestellten Lösungsalgorithmen werden zur Demonstration ihrer Eigenschaften mit praktischen und simulierten Beispielen unter Zuhilfenahme von *Maple™ [Maplesoft, 2011]* belegt.

Diesen Rechenbeispielen ist dabei die Reduzierung der Lösungsalgorithmen auf die Numerik gemein. Das bedeutet, es wird das funktionale Modell der Einschneideaufgaben in seine Einzelschritte aufgelöst und in einen Programmtext als Abfolge von numerischen Rechen- und Logikoperationen umgesetzt. Auf diese Reduzierung kann weitgehend verzichtet werden, wenn aktuell zur Verfügung stehende mächtige Softwaresysteme zur Computeralgebra eingesetzt werden, die es ermöglichen, die Aufgabenstellung in einer mathematisch modelnahen Notation vorzugeben. Hierzu stellt u. a. *Mathematica® [Wolfram, 1997]* mit seiner integrierten Wissensdatenbank ein weites Spektrum an Funktionen zur Verfügung. Basierend auf der Fähigkeit zum strengen Umgang mit beliebig langen ganzzahligen und unscharfen Zahlenwerten, zum Rechnen mit Symbolen und zur Manipulation und Auflösung symbolischer Gleichungssysteme bietet *Mathematica®* damit die Möglichkeit zu vereinfachten Lösungsansätzen für die Einschneideaufgaben.

Die hier im Weiteren vorgestellten Lösungsvorschläge werden unter Nutzung der Wissensdatenbank von *Mathematica®*, Version 8, formuliert.

In der Anwendung von *Mathematica®* stellt sich dem Nutzer die Aufgabe, in der Wissensdatenbank die seinem funktionalen Modell entsprechende Funktion zu finden und auf die Rechenaufgabe zu übertragen. Die Dokumentation der der Funktion zugrundeliegenden Lösungsstrategie ist dabei in der Regel nicht zu hinterfragen. Zur Überprüfung der Korrektheit des Ergebnisses ist es daher unabdingbar, einen unabhängigen Kontrollmechanismus zu finden – so im vorliegenden Fall z. B. durch den Nachvollzug bekannter Beispiele oder durch Rückrechnungen der beobachteten Strecken und Richtungen aus den gefundenen Ergebnissen. Inwieweit exemplarische Kontrollen für den gesamten Anwendungsbereich dann Gültigkeit besitzen, ist schwer einzugrenzen und von der Komplexität des funktionalen Modells abhängig.

Am Beispiel der traditionellen Einschneideaufgaben wird nachstehend ein möglicher *Mathematica®*-Lösungsansatz aufgezeigt. Der zur Demonstration gewählte Netzausschnitt (Abb. 1) beinhaltet überschüssige Beobachtungen und ist dem bayerischen Oberdonau Netz entnommen *[Bayerisches Landesvermessungsamt, 1956]*.

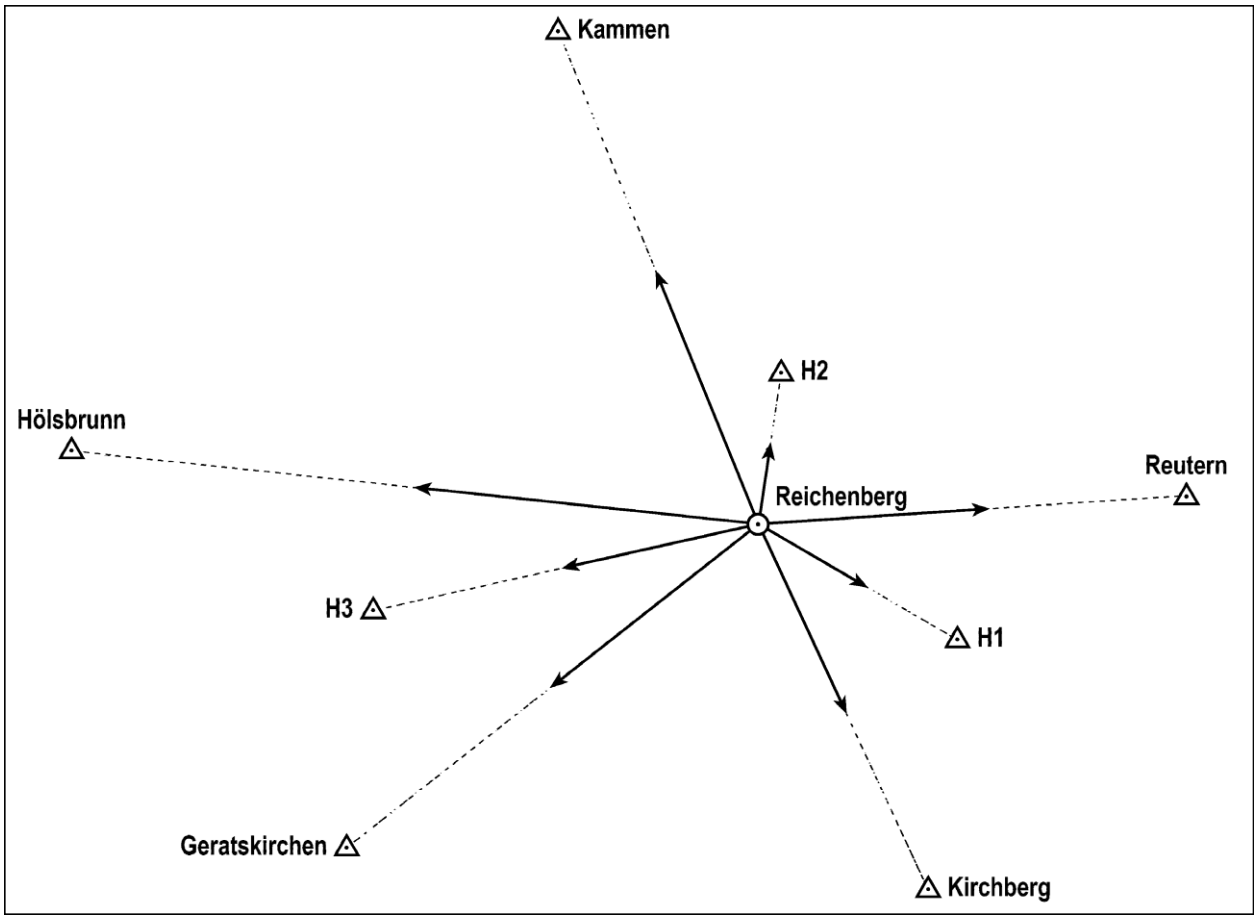


Abb. 1: *Ausschnitt aus dem bayerischen Oberdonau Netz, nach der Beilage zu Bayerisches Landesvermessungamt [1956].*

2. Bogenschlag

Eine Neupunktbestimmung durch einfachen Bogenschlag mit zwei Entfernungsbeobachtungen beinhaltet keine Redundanz und führt streng auf zwei Lösungen. Die Punktbestimmung wird eindeutig und kontrollierbar, wenn mehr als zwei Festpunkte und die entsprechenden Entfernungsbeobachtungen zur Verfügung stehen. Das optimale Ergebnis, normalverteilte Fehlereigenschaften vorausgesetzt, erhält man mithilfe der Methode der kleinsten Quadrate. Dies führt hier auf ein nichtlineares Ausgleichungsproblem, wozu notwendigerweise Näherungswerte für die gesuchten Unbekannten bereitgestellt werden müssen.

Eine bequeme Lösung des Problems bietet sich mit der Funktion *„NonLinearModelFit“*, welche die Eigenschaft *„constructs a nonlinear least-squares model“* aufweist, aus der Wissensdatenbank von *Mathematica*® an. *„NonLinearModelFit“* kann mit dem mathematischen Modell des überbestimmten Bogenschlages ohne die Angabe von Näherungswerten parametrisiert werden. Ergänzend können, wenn es die Netzgeometrie erlaubt, neben den Koordinaten des Neupunktes systematische Fehleranteile wie Additionskonstante und Maßstabsfaktor zusätzlich mit geschätzt werden. Der Maßstabsfaktor wird dann Maßstabsanteile aus den Beobachtungen und dem Festpunktnetz beinhalten.

Die *Mathematica*® Befehle und Antworten zum überbestimmten Bogenschlag siehe im Anhang 1.

3. Rückwärtsschnitt

Ein Rückwärtsschnitt zu drei Festpunkten besitzt keine Redundanz. In der Praxis werden daher möglichst immer mehr als drei Festpunkte in die Neupunktbestimmung einbezogen. Die Rechenaufgabe führt damit wieder auf ein nichtlineares Ausgleichungsproblem nach GAUSS-MARKOV, wozu notwendigerweise Näherungswerte für die gesuchten Unbekannten bereitgestellt werden müssen. Unter der Annahme, dass Beobachtungen mit normalverteilten Fehlereigenschaften vorliegen, erhält man so ein optimales Ergebnis für die zu schätzenden Koordinaten- und Orientierungsunbekannte.

Die Funktion *„NonLinearModelFit“* aus der Wissensdatenbank von *Mathematica*® kann analog zur Lösung des überbestimmten Bogenschlages mit dem funktionalen Modell des Rückwärtsschnittes parametrisiert werden. Die zur Bestimmung der Richtungswinkel mit

Quadranten benutzte Funktion *ArcTan(dX, dY)* ist im Bereich $-\pi < 0 < \pi$ definiert und bedingt damit eine genäherte Vororientierung der beobachteten Richtungen.

Die *Mathematica*® Befehle und Antworten für den überbestimmten Rückwärtsschnitt siehe im Anhang 2.

4. Schlussbetrachtungen

In den hier vorgestellten Beispielen werden, um die Programmtexte für den mit *Mathematica*® nicht vertrauten Leser verständlich zu halten, unkorrelierte und gleichgenaue Beobachtungen ausgeglichen. Darüber hinaus ist es möglich, vertiefte ausgleichungstechnische Fragestellungen auszuwerten. *„NonLinearModelFit“* bietet dazu weitere Optionen wie z. B. die Gewichtung der Datenelemente, die Berücksichtigung von Bedingungen für die Unbekannten, die Variation der Signifikantsniveaus und vieles mehr, was im Rahmen dieser Publikation nicht weiter ausgeführt wird.

Zur Überprüfung der Rechenergebnisse wurden die vorgestellten Beispiele mit dem Netzausgleichungsprogramm *CAPLAN [Cremer Programmentwicklung GmbH, 2011]* nachvollzogen. Die mit der Funktion *„NonLinear ModelFit“* erhaltenen Ergebnisse wurden bestätigt.

5. Literatur und Quellen

Font-Llagunes, Josep M. / Batlle, Joaquim A. [2009]: New Method That Solves the Three-Point Resection Problem Using Straight Lines Intersection. In: Journal of Surveying Engineering, 135. Jhrg., Heft 2, New York, S. 39-45.
ISSN 0733-9453
http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=JSUED2000135000002000039000001&idtype=cvips&doi=10.1061/%28ASCE%290733-9453%282009%29135:2%2839%29&prog=normal
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Bayerisches Landesvermessungsamt (Hrsg.) [1956]: Das bayerische Landesvermessungswerk. Heft 6: Das neue bayerische Hauptdreiecksnetz. Teil 1: Koordinatenverzeichnis. München, 135 S.

Bock, Werner [1956]: Mathematische und geschichtliche Betrachtungen zum Einschneiden. Wissenschaftliche Arbeiten der Institute für Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Hochschule Hannover, Heft 9. Sonderdruck aus der Schriftenreihe des Niedersächsischen Landesvermessungsamtes. Hannover, 117 S.

Cremer Programmentwicklung GmbH [2011]: CAPLAN. Prospekt. Pfaffenhofen, 20 S. Online-Publikation.
http://www.cpentw.de/cp_ger_2010.pdf
letzter Aufruf: 13.03.2011.

Maplesoft [2011]: Maple™. Online-Publikation.
http://www.maplesoft.com.
letzter Aufruf: 13.03.2011.

Wolfram, Stephen [1997]: Das Mathematica-Buch. Mathematica® Version 3. Addison-Wesley, 3. Auflage, Bonn, 1499 S.
ISBN 3-8273-1036-9

Anschrift des Verfassers:

Akad. Dir. Dr.-Ing. Klaus Krack

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, D 85577 Neubiberg

Anhang 1:

Mathematica® Befehle und Antworten zum überbestimmten Bogenschlag.

Neupunktbestimmung mit Entfernungen
Konforme Koordinaten für die Festpunkte
Verebnete Entfernungen

Festpunkte aus dem bayerischen Oberdonau Netz:
Neupunkt: Reichenberg

Festpuntkoordinaten (y, x) und Entfernumgen in Meter
Anzahl der Beobachtungen (anz)

```
In[1]:= gegeben = {{89189.62, 70074.24, 20776.45},
    {76677.21, 51033.20, 19558.23},
    {48607.42, 53089.48, 25298.29},
    {35161.76, 72270.40, 33474.02},
    {58734.58, 92642.17, 25766.53},
    {78049.12, 63145.15, 11127.05},
    {69592.02, 75987.41, 7298.16},
    {49858.79, 64554.66, 19068.22}};
  anz = Length[gegeben];
```

Gauß Markov Modell mit der Wahrscheinlichkeitsdichte 66 % (Confidencelevel)
Zu schätzenden Unbekannte : Masstabsfaktor (m), Additionskonstante (add) und Neupunktkoordinaten (u, v)

```
In[3]:= erg66 = NonlinearModelFit[gegeben, add + m Sqrt[(x - u)^2 + (y - v)^2], {add, m, u, v}, {x, y},
    ConfidenceLevel → .66];
```

```
In[4]:= Print["Funktionales Modell für 66% Wahrscheinlichkeit: ",
   NumberForm[erg66["BestFit"], 10]]
```

```
Funktionales Modell für 66% Wahrscheinlichkeit:
 0.05982225251 + 0.9999894032 √((-68453.44731 + x)^2 + (-68778.60959 + y)^2)
```

```
In[5]:= Print["Ausgleichungsergebnis"];
  Print["Additionskonstante (m): ", NumberForm[add = erg66[[1, 2, 1, 2]], {5, 3}]];
  Print["Masstabsfaktor  : ", NumberForm[masstab = erg66[[1, 2, 2, 2]], {10, 8}]];
  Print["Reichenberg Y (m): ", NumberForm[u = erg66[[1, 2, 3, 2]], {10, 3}]];
  Print["Reichenberg X (m): ", PaddedForm[v = erg66[[1, 2, 4, 2]], {10, 3}]];
```

```
Ausgleichungsergebnis

Additionskonstante (m):     0.060

Masstabsfaktor:             0.99998940

Reichenberg Y (m):      68453.447

Reichenberg X (m):      68778.610
```

```
In[9]:= Print["Verbesserungen der Entfernungen (m): ",
          NumberForm[erg66["FitResiduals"] // MatrixForm , {5, 3}]]
```

Verbesserungen der Entfernungen (m):

$$\begin{pmatrix} 0.001 \\ 0.008 \\ 0.008 \\ 0.011 \\ -0.016 \\ -0.012 \\ 0.017 \\ -0.016 \end{pmatrix}$$

```
In[10]:= Print[
          "Standardabweichungen für Additionskonstante, Masstabsfaktor und
            Neupunktkoordinaten (m): ",
         NumberForm[erg66["ParameterErrors"] // MatrixForm, 3]]
```

Standardabweichungen für Additionskonstante,
Masstabsfaktor und Neupunktkoordinaten (m):

$$\begin{pmatrix} 0.0202 \\ 9.79\times10^{-7} \\ 0.0101 \\ 0.00955 \end{pmatrix}$$

```
In[11]:= wadd = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[1]];
         wmas = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[2]];
         wrechts = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[3]];
         whoch = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[4]];
```

```
In[15]:= Print["Vertrauensbereiche für 66% Wahrscheinlichkeitsdichte: "];
         Print["  Additionskonstante (m):" NumberForm[wadd, {5, 3}]];
         Print["  Masstabsfaktor   :" NumberForm[wmas, {10, 8}]];
         Print["  Y (m): ", NumberForm[wrechts, {10, 3}]];
         Print["  X (m): ", NumberForm[whoch, {10, 3}]];
```

```
Vertrauensbereiche für 66% Wahrscheinlichkeitsdichte:
  Additionskonstante (m): {0.038, 0.082}
  Masstabsfaktor   : {0.99998834, 0.99999046}
  Y (m): {68453.436, 68453.458}
  X (m): {68778.599, 68778.620}
```

```
In[19]:= verb = erg66["FitResiduals"];
         masstab = erg66[[1, 2, 2, 2]];
         add = erg66[[1, 2, 1, 2]];
         u = erg66[[1, 2, 3, 2]];
         v = erg66[[1, 2, 4, 2]];
```

```
In[23]:= verbesserteEntfernungen = Table[-add + 1 / masstab gegeben[[i, 3]] - verb[[i]],
            {i, 1, anz}];
```

```
In[24]:= gerechneteEntfernungen = Table[Sqrt[(gegeben[[i, 1]] - u) ^2 + (gegeben[[i, 2]] - v) ^2],
            {i, 1, anz}];
```

```
In[25]:= Print[" Kontrolle:"];
         Print[" Entfernung aus Koordinaten - Verbesserte Entfernungen: ",
           NumberForm[verbesserteEntfernungen - gerechneteEntfernungen, {10, 8}]];
```

```
 Kontrolle:

 Entfernung aus Koordinaten - Verbesserte Entfernungen:
 {6.39378413×10^-7, 7.13480404×10^-7, 7.23386620×10^-7, 7.46913429×10^-7,
  4.61011950×10^-7, 5.06852302×10^-7, 8.10999154×10^-7, 4.69444785×10^-7}
```

Anhang 2:

Mathematica® Befehle und Antworten für den überbestimmten Rückwärtsschnitt.

Neupunktbestimmung mit Richtungen
Konforme Koordinaten für die Festpunkte
Verebnete Richtungsbeobachtungen

Festpunkte aus dem bayerischen Oberdonau Netz:
Neupunkt: Reichenberg

Degrees to Radiant

In[1]:=
```
dtr = 200. / Pi;
```

Koordinaten (y, x) und Richtungsbeobachtungen (Gon)
Anzahl der Beobachtungen (anz)

In[2]:=
```
gegeben = {{89189.62, 70074.24, 0.00000},
   {76677.21, 51033.20, 76.34589},
   {48607.42, 53089.48, 161.38640},
   {35161.76, 72270.40, 210.62501},
   {58734.58, 92642.17, 279.35122},
   {78049.12, 63145.15, 37.76903},
   {69592.02, 75987.41, 313.94544},
   {49858.79, 64554.66, 189.75205}};
anz = Length[gegeben];
```

Genäherte Orientierung (gon)

In[4]:=
```
ogen = 100.;
```

In[5]:=
```
gegebenrad = Table[{gegeben[[i, 2]], gegeben[[i, 1]],
     If[(ogen + gegeben[[i, 3]]) < 200, (ogen + gegeben[[i, 3]]) / dtr,
      (ogen + gegeben[[i, 3]] - 400) / dtr]}, {i, 1, Length[gegeben]}];
```

Gauß Markov Modell mit der Wahrscheinlichkeitsdichte 66 % (Confidencelevel)
Zu schätzenden Unbekannte : Orientierungsunbekannte (o) und Neupunktkoordinaten (u, v)

In[6]:=
```
erg66 = NonlinearModelFit[gegebenrad, o + ArcTan[(x - u), (y - v)], {o, u, v}, {x, y},
   ConfidenceLevel → .66];
```

Geschätzte Unbekannte (Koordinaten) ConvidenceLevel 66 %

In[7]:=
```
Print["Funktionales Modell für 66% Wahrscheinlichkeit: ",
 NumberForm[erg66["BestFit"], 10]]
```

```
Funktionales Modell für 66% Wahrscheinlichkeit:
 0.06240255302 + ArcTan[-68778.6761 + x, -68453.43922 + y]
```

In[8]:=
```
Print["Ausgleichungsergebnis"];
Print["Orientierungsunbekannte (Gon): ",
  NumberForm[add = ogen - erg66[[1, 2, 1, 2]] dtr, {8, 6}]];
Print["Reichenberg Y (m): ", NumberForm[u = erg66[[1, 2, 3, 2]], {10, 3}]];
Print["Reichenberg X (m): ", PaddedForm[v = erg66[[1, 2, 2, 2]], 10, ExponentStep → 8]];
```

```
Ausgleichungsergebnis
Orientierungsunbekannte (Gon):    96.027330
Reichenberg Y (m):             68453.439
Reichenberg X (m):             68778.6761
```

In[11]:=
```
Print["Verbesserungen der Richtungsbeobachtungen (Gon): ",
  NumberForm[erg66["FitResiduals"] dtr // MatrixForm , {9, 7}]];
```

Verbesserungen der Richtungsbeobachtungen (Gon):

$$\begin{pmatrix} -0.0003333 \\ 0.0003100 \\ 0.0003983 \\ -0.0003821 \\ 0.0002611 \\ -0.0000394 \\ 0.0000862 \\ -0.0003008 \end{pmatrix}$$

In[12]:=
```
Print[
 "Standardabweichungen für Orientierungsunbekannte (rad) und Neupunktkoordinaten
   (m): ",
NumberForm[erg66["ParameterErrors"] // MatrixForm, 3]]
```

Standardabweichungen für Orientierungsunbekannte (rad) und Neupunktkoordinaten (m):

$$\begin{pmatrix} 2.08 \times 10^{-6} \\ 0.0496 \\ 0.0372 \end{pmatrix}$$

In[13]:=
```
wori = ogen / dtr - erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[1]];
wrechts = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[3]];
whoch = erg66["ParameterConfidenceIntervals"][[2]];
```

In[16]:=
```
Print["Vertrauensbereiche für 66% Wahrscheinlichkeitsdichte: "];
Print["  Orientierungsunbekannte (Gon):" NumberForm[wori dtr, {10, 6}]];
Print["  Y (m): ", NumberForm[wrechts, {10, 3}]];
Print["  X (m): ", NumberForm[whoch, {10, 3}]];
```

Vertrauensbereiche für 66% Wahrscheinlichkeitsdichte:

Orientierungsunbekannte (Gon): {96.027470, 96.027191}

Y (m): {68453.400, 68453.478}

X (m): {68778.624, 68778.728}

In[19]:=
```
verb = erg66["FitResiduals"];
ori = erg66[[1, 2, 1, 2]];
u = erg66[[1, 2, 3, 2]];
v = erg66[[1, 2, 2, 2]];
```

In[23]:=
```
verbesserteRichtungen = Table[(gegebenrad[[i, 3]] - verb[[i]]) dtr, {i, 1, anz}];
```

In[24]:=
```
gerechneteRichtungen =
  Table[(ori + ArcTan[(gegeben[[i, 2]] - v), (gegeben[[i, 1]] - u)]) dtr, {i, 1, anz}];
```

In[25]:=
```
Print[" Kontrolle:"];
Print[" Richtungen aus Koordinaten - Verbesserte Richtungen (Gon): ",
  NumberForm[verbesserteRichtungen - gerechneteRichtungen, {9, 8}]];
```

Kontrolle:

Richtungen aus Koordinaten - Verbesserte Richtungen (Gon): {0.00000000, 0.00000000, 0.00000000, 0.00000000, 0.00000000, 0.00000000, 0.00000000, 0.00000000}

Helmut Mayer

Von Photogrammetrie und Fernerkundung zu Visual Computing

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt Entwicklungen im Laufe der Jahre dar, die der Autor zusammen mit dem Kollegen KURT BRUNNER an der Universität der Bundeswehr (UniBw) München zum großen Teil am selben Institut verbracht hat. Am Anfang stand Photogrammetrie und Fernerkundung mit automatischer Straßenextraktion aus Satellitenbildern und Generalisierung von 3D-Gebäudemodellen. Auf Anregung von Förstner [2000] begann der Autor, sich mit projektiver Geometrie zu beschäftigen, was zu neuen, vollautomatischen Verfahren zur Bildorientierung und Arbeiten zur Fassadeninterpretation und Baumextraktion führte. Mit der Schließung des Studienganges Geodäsie und Geoinformation und dem Wechsel in die Fakultät für Informatik wurde eine neue Entwicklung in Richtung Visual Computing eingeleitet.

Summary

This paper presents developments over the years, the author has spent together with colleague KURT BRUNNER at Bundeswehr University (UniBw) Munich, most of the time at the same institute. At the begin there was photogrammetry and remote sensing with automatic road extraction from satellite images and generalization of 3D building models. Motivated by Förstner [2000], the author began to study projective geometry, leading to new, fully automatic procedures for image orientation and work on facade interpretation and tree extraction. With closing the studies of Geodesy and Geoinformation and the transition into Computer Science, a new development towards Visual Computing has been started.

1. Einleitung

Ein bedeutendes Ereignis in all den großen Veränderungen im Bereich der topographischen Datenerfassung und Darstellung der letzten Jahre stellt die Veröffentlichung von *Google Maps* im Jahr 2005 dar. Seitdem hat jeder Internetnutzer kostenlosen Zugang zu Geoinformation und zu riesigen Mengen an georeferenzierten, oft hoch aufgelösten Bildern. Andere Firmen, vor allem *Microsoft* mit *Virtual Earth* und später *bing Maps* stellen konkurrierende Dienste zur Verfügung.

Die Bereitstellung großer Mengen georeferenzierter Bilder sowie die Ableitung von 3D Information ist eine klassische Domäne von Photogrammetrie und Fernerkundung. So wie *Google* und *Microsoft* keine geodätischen Firmen sind, erfolgt auch die Erfassung und Prozessierung der Daten für *Google Maps* und *bing Maps* in starkem Maße durch Gruppen außerhalb von Photogrammetrie und Fernerkundung. Die große Bedeutung dieser Arbeiten ist u. a. an der *„Special Issue“* der *IEEE Computer Society* Flaggschiff Zeitschrift *„Computer“* zu *„Capturing the World“* im Jahr 2010 zu sehen. Dort wurden Arbeiten zu Community Photo Collections (CPC) *[Goesele et al., 2010]*, d. h., die Erstellung von 3D Modellen aus im Internet frei verfügbaren Bildern, aber auch die Prozessierung von Luftbildern *[Leberl et al., 2010]* dargestellt, wobei bei Letzterem der Begriff *„Photogrammetry“* nicht einmal erwähnt wurde.

Der Weg des Autors von der Geodäsie in die Informatik war aber dennoch mehr ein Unfall durch Sparbemühungen, als der Versuch, auf den Lauf der Zeit zu reagieren. Er führte im Endeffekt aber zu einem ähnlichen Ergebnis, nämlich Photogrammetrie mit vielen neuen Inhalten und daher im neuen Umfeld auch zu dem neuen Namen *„Visual Computing“*. Visual Computing ist hierbei ein Überbegriff, der Computer Vision und Graphik umfasst, zwei als für die Zukunft bedeutend angesehene Bereiche, die bisher in der Informatik der UniBw München brach lagen und deren Besetzung daher willkommen war.

Der Beitrag beschreibt die Entwicklung der Arbeiten des Autors von der Straßenextraktion und der 3D Generalisierung über die projektive Geometrie hin zur Fassadeninterpretation und Baumextraktion. Er wird abgeschlossen durch die Darstellung der neuen Ausbildungsinhalte in Visual Computing.

2. Strukturelle Objektextraktion und Maßstabsräume

Der Autor war maßgeblich an den Arbeiten zur Straßenextraktion an der Technischen Universität München (TUM) im Bündel *„Semantische Modellierung“* der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in den 1990er

Jahren beteiligt. Diese sind grundlegend der strukturellen Objektextraktion zuzuordnen. Objekte wurden manuell modelliert, wobei die Geometrie, z. B. in Form paralleler Kanten, im Vordergrund stand.

Die Arbeiten zur Straßenextraktion führten nach der Berufung des Autors an die UniBw 1999 zur Forschung in zwei Richtungen: Straßenextraktion aus hoch aufgelösten Satellitenbildern und 3D Generalisierung von Gebäuden basierend auf Maßstabsräumen. Letzteres war von der Erkenntnis aus der Straßenextraktion motiviert, dass Ereignisse in Maßstabsräumen für Bilder zu Abstraktion im Bereich der zugeordneten Objekte führen können.

Kerngedanken der Straßenextraktion in hoch aufgelösten Satellitenbildern waren die automatische Generierung von Trainingsgebieten für die multispektrale Klassifikation auf Grundlage Straßen-spezifischer Eigenschaften, wie vor allem die Parallelität der Straßenränder sowie die globale Netzbildung *[Bacher/Mayer, 2005]*. Im Rahmen des vom Geoinformationsdienst der Bundeswehr geförderten Projektes wurde auch eine Evaluierung verschiedener Ansätze im Rahmen eines Euro SDR (European Spatial Data Research) Projektes durchgeführt *[Mayer et al., 2006]*, welche die Leistungsfähigkeit des entwickelten Ansatzes aufzeigte (s. Abb. 1).

Im Rahmen der Straßenextraktion waren, basierend auf der Maßstabsraumtheorie von *Lindeberg [1994]*, Ideen zur Verknüpfung von Ereignissen im Maßstabsraum des Bildes mit der Abstraktion von Objekten entstanden. Diese wurden im Rahmen eines von der DFG geförderten Projektes auf die Generalisierung von Gebäuden übertragen, insbesondere auch in 3D. Es zeigte sich, dass diese Übertragung grundlegend sinnvoll ist (s. Abb. 2). Die Implementierung von konsistenten Modifikationen von 3D Geometrie ist aber schwierig, und neben den geometrischen Problemen treten zusätzlich auch noch semantische Probleme auf, die für eine allgemeingültige Lösung beachtet werden müssen *[Forberg / Mayer, 2006]*.

3. Direkte Orientierung auf Grundlage von projektiver Geometrie

Die Beschäftigung mit Orientierungsverfahren basierend auf projektiver Geometrie *[Mayer, 2002]*, einem Schwerpunkt von Computer Vision in den 1990ern, begann motiviert durch *Förstner [2000]*. Es stellte sich heraus, dass sich auch schon der Vorgänger des Autors an der UniBw vor mehr als dreißig Jahren mit mathematischen Konstrukten beschäftigt hat *[Dorrer, 1980]*, die heute als essentielle bzw. Fundamentalmatrix bezeichnet werden. Allerdings fehlten damals wichtige Erkenntnisse der folgenden Jahrzehnte für eine praktische Nutzung.

Auf Grundlage von Experimenten und insbesondere des Buches von *Hartley / Zisserman [2000]* wurde dem Autor in den ersten Jahren nur langsam klar, dass projektive Geometrie zwar zu direkten Lösungen führt, d. h. es sind keine Näherungen notwendig, diese aber nicht unbedingt euklidisch, d. h. einfach interpretierbar, sein müssen. Daher kam der 5-Punkt Algorithmus von *Nistér [2004]* als „Retter an kalibrierte, euklidische Ufer“

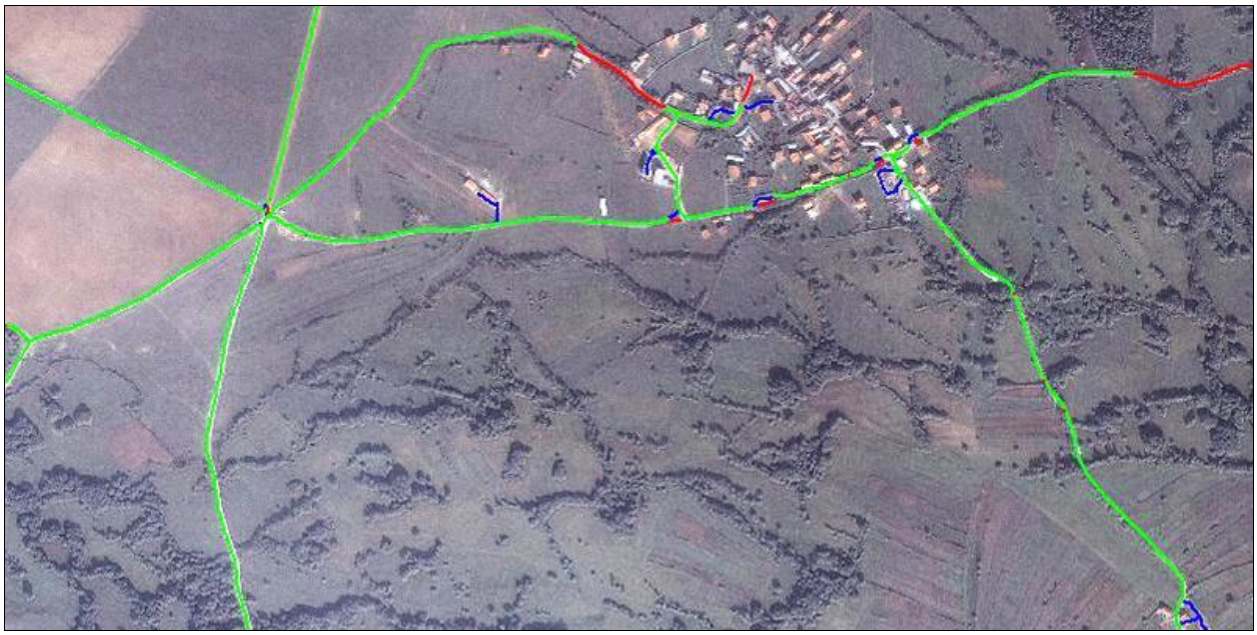


Abb. 1: *Ergebnis automatische Straßenextraktion im hoch aufgelösten Satellitenbild und Vergleich mit Referenzdaten [Mayer et al., 2006] (Ausschnitt). Korrekt extrahierte Straßen sind in Grün, fehlende Extraktion in Rot, und zusätzliche extrahierte Straßen in Blau dargestellt. Die Extraktion ist zu 86% vollständig und zu 89% korrekt.*

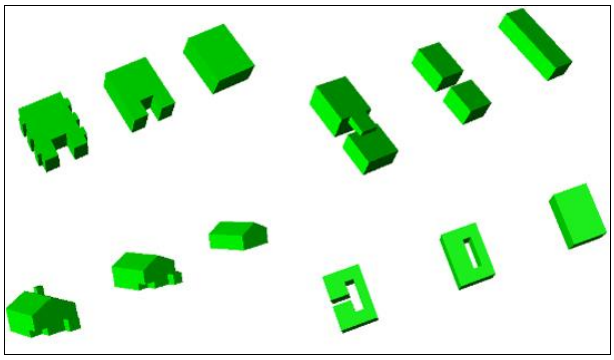


Abb. 2: *3D Generalisierung von Gebäuden mit Originaldaten jeweils links und Ergebnissen einer immer stärkeren Generalisierung (kleiner Maßstab) rechts. Im rechten Teil der Abbildung ist die Aufspaltung und Verschmelzung von Objekt(teil)en bzw. die Bildung und Schließung eines Loches dargestellt.*

gerade rechtzeitig. Zusammen mit RANdom Sample Consensus – RANSAC *[Fischler / Bolles, 1981]* wird es möglich, bei ungefähr bekannter Kalibrierung, Bilder auch bei Fehlerquoten von 80% und mehr bei den Zuordnungen korrekt relativ zu orientieren.

Fortschritte in der Bildzuordnung besonders in Form des SIFT (Scale Invariant Feature Transform) Algorithmus von *Lowe [2004]* haben zusammen mit RANSAC und Fünf-Punkt Algorithmus sowie Entwicklungen im Bereich von Parallelrechnung vor allem auf Graphics Processing Units (GPUs) zu beeindruckenden Lösungen geführt. So wird in *Frahm et al. [2010]* gezeigt, wie Community Photo Collections (CPCs) *[Goesele et al., 2010]* mit mehreren Millionen Bildern, die in ihrer textlichen Beschreibung auf eine Stadt, wie z. B. Berlin oder Rom, hinweisen, innerhalb eines Tages auf einem einzigen Rechner in visuell ähnliche Cluster unterteilt, diese orientiert und 3D Modelle daraus abgeleitet werden können.

Die vom Autor – seit dem Jahre 2007 auch mit Unterstützung durch den Geoinformationsdienst der Bundeswehr – entwickelte Software erreicht zwar keine solche Größenordnung der Zahl der orientierten Bilder. Allerdings können Bilder mit einer größeren Basis als bei fast allen anderen Ansätzen effizient zugeordnet werden. Solche große Basen treten z. B. bei der Zuordnung von Bildern vom Boden und aus der Luft, z. B. von kleinen Drohnen/Unmanned Aerial Systems (UASs), auf.

Der in *Bartelsen/Mayer [2010]* vorgestellte Ansatz basiert auf SIFT Punkten, verwendet aber zur Zuordnung Korrelation und affine kleinste Quadrate. Da die Kalibrierung der Kamera als zumindest ungefähr bekannt vorausgesetzt wird, kann der 5-Punkt Algorithmus zusammen mit RANSAC zur Generierung und Verifizierung von Hypothesen für die euklidische relative Orientierung von Bildpaaren und Triplets verwendet werden. Im Gegensatz zu konkurrierenden Ansätzen wird robuste kleinste Quadrate Bündelausgleichung angewandt, die sich einer Schätzung der Genauigkeit der Beobachtungen bedient. Die Bündelausgleichung wird nicht nur für größere Teile des Blockes, sondern auch bei der Selektion der Hypothesen für Paare und Triplets genutzt. Bei Letzterer wird ein dem Expectation-Maximization-(EM-)Algorithmus ähnelndes Vorgehen in Anwendung gebracht, um Schritt für Schritt, basierend auf einer korrekten, aber ungenauen Lösung, weitere Punkte zu finden und aus diesen eine umfassendere und genauere Lösung zu bestimmen. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für die kombinierte Orientierung von Aufnahmen vom Boden und von einem UAS aus.

Seit 2011 arbeitet die Gruppe an der UniBw im Rahmen des erweiterten Projektes des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr mit dem Institut für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen. Insbesondere wurden hierbei die Ergebnisse für die Orientierung so aufbereitet, dass sie als Eingabe für das Semi Global Matching (SGM) von *Hirschmüller [2008]* genutzt werden können. Durch die hohe Genauigkeit der Bestimmung der Orientierung wird es möglich, hoch qualitative dichte 3D Modelle vollautomatisch zu generieren (s. Abb. 4).

4. Statistisch generative und aussehensbasierte Objektextraktion

Mumford [2000] fordert mit seinem *„Dawning of the Age of Stochasticity“* eine stärkere statistische Modellierung. Dies gilt auch für die Interpretation von Bildern und die Objektextraktion. So wird in *Dick et al. [2004]* die 3D Interpretation von Gebäuden auf Grundlage von

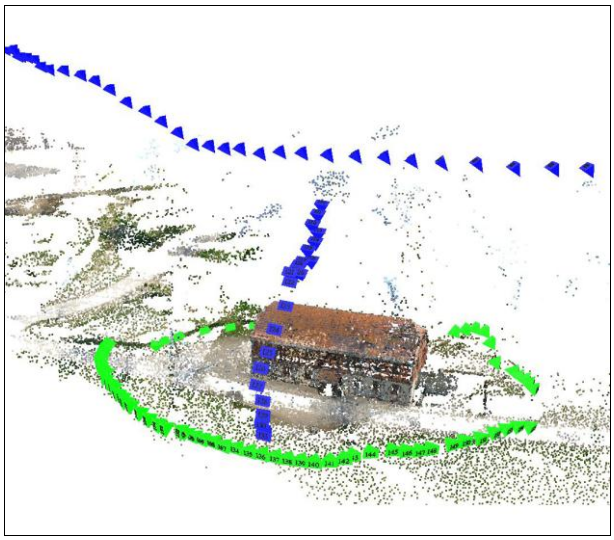


Abb. 3: *Automatisch rekonstruierte 3D Punkte und Kamerapositionen – grüne Pyramiden für Aufnahmen vom Boden aus und blaue Pyramiden für Bilder vom UAS (aufsteigender Pfad und Überflug).*

Abb. 4: *Ergebnis für vollautomatische dichte Tiefenschätzung mittels Semi Global Matching (SGM) [Hirschmüller, 2008] auf Grundlage der hoch genauen Orientierungsbestimmung aus Bartelsen / Mayer [2010].*

Bildsequenzen und statistischer Modellierung mittels Markoff Ketten Monte Carlo (MCMC) vorgestellt. Die Modellierung ist generativ, d. h., auf Grundlage des statistischen Priors, der die Annahmen des Modells beschreibt, können mittels zufälliger Stichprobengenerierung typische Instanzen des Modells, d. h. Gebäude, generiert werden. Damit wird es möglich, die gewählte Modellierung durch Simulation zu verifizieren: Wenn die erzeugten Gebäude unnatürlich aussehen, muss der Prior verändert werden.

Für die statistisch generative Objektextraktion werden, basierend auf dem näherungsweise vorliegenden 3D Modell und dessen Reflexionseigenschaften, simulierte Bilder erzeugt, die auf Grundlage einer geeigneten Metrik mit den real vorliegenden Bildern verglichen werden. Durch (statistische) Variation des Modells entstehen verschieden gut bewertete Simulationsergebnisse, die zur Bestimmung der Parameter des Modells genutzt werden. Ein grundlegendes Problem vieler statistischer generativer Ansätze besteht darin, dass das Ergebnis und vor allem die Effizienz der Generierung von gegebenen sinnvollen Näherungen abhängen. Zusätzlich zum Start einer statistisch generativen Objektextraktion auf Grundlage einer diskriminativen Näherung schlagen *Tu et al. [2005]* die Kombination von diskriminativem und generativem Vorgehen vor, indem in die Vorschlagswahrscheinlichkeiten für Änderungen des generativen Modells Ergebnisse diskriminativer Tests eingehen.

Die in Abschnitt 2 behandelte strukturelle Objektextraktion verwendet als Grundlage meist geometrische Merkmale wie Punkte, Kanten und Linien. Während sich diese z. B. für Straßenränder gut eignen, sind sie für die Modellierung anderer Objekte, wie z. B. Gesichter oder Tiere, deutlich weniger sinnvoll. Hierfür haben sich in den letzten zehn Jahren aussehensbasierte Ansätze etabliert, die Objekte auf Grundlage von (kleinen) Bildausschnitten modellieren. Im Fall der „Bag of Words“ Ansätze spielt die räumliche Anordnung der Ausschnitte keine Rolle. Objekte werden rein an Hand der Häufigkeit und somit der Statistik des Auftretens von dem Modell ähnelnden Bildausschnitten gefunden. In vielen Fällen ist aber neben dem Aussehen auch noch die Anordnung der Bildausschnitte/Teile und sogar die Zuordnung einzelner Pixel der Bildausschnitte zum Objekt (Segmentierung) von Bedeutung *[Leibe/Schiele, 2004]*. Bei genügend Trainingsdaten können die Modelle oder Klassifikatoren überwacht gelernt werden. Modelle können aber auch unüberwacht gelernt werden, oder durch Übertragung von Priors können leistungsfähige Modelle auf Grundlage von sehr wenigen Trainingsdaten abgeleitet werden *[Fei-Fei et al., 2006]*.

Der Ansatz der UniBw zur automatischen 3D Fassadeninterpretation *[Reznik/Mayer, 2008]* entstand auf der Grundlage des Teile-basierten Ansatzes zur aussehensbasierten Objektextraktion „Implicit Shape Model“ von *Leibe/Schiele [2004]*. Grundlegende Motivation war, dass das Aussehen von Fensterecken deutlich anders ist, als das von vielen anderen punktförmigen Strukturen. Weiterhin haben Fensterecken eine charakteristische Anordnung. Unter der Annahme, dass die zu analysierenden Fassaden, z. B. auf Grundlage des vertikalen Fluchtpunktes, horizontal ausgerichtet sind und zudem eine ähnliche Auflösung besitzen, wird für Trainingsdaten, d. h. gegebene Bildausschnitte mit Fenstern, das typische Aussehen von aus dem Bild extrahierten punktförmigen Strukturen als Repräsentanten für Fensterecken sowie deren Anordnung gelernt. Für ein Testbild werden dann wiederum die punktförmigen Strukturen extrahiert und diese mit den gelernten verglichen. Sind diese ähnlich, was über den Kreuzkorrelationskoeffizienten bewertet wird, so wird mit Hilfe des Wissens über die Anordnung auf die Lage des Fensters auf der Fassade geschlossen. Durch Konsens vieler Hypothesen erhält man eine statistische Verteilung für die Lage der Fensterränder. Diese wird mit dem Wissen kombiniert, dass Fenster oft in Form von Zeilen oder Spalten angeordnet sind, und für die entstehenden Einzelfenster, Fensterreihen oder Fensterspalten wird die 3D Lage in Form einer Parallelebene zur Fassade bestimmt (s. Abb. 5).

Die statistisch generative Extraktion von unbelaubten Laubbäumen *[Huang/Mayer, 2010]* verwendet ein LINDENMAYER(L-)System aus der Computergraphik, um die generative Verzweigungsstruktur von Bäumen zu modellieren. Der statistische Anteil besteht zuerst in den Prior-Verteilungen für die Parameter, wie z. B. Neigung, Dicke oder Länge eines Astes, die aber jeweils wiederum von den Vorgänger-Ästen abhängig sind. Beginnend bei dem deterministisch extrahierten Stamm werden auf Grundlage des L-Systems und der Prior-

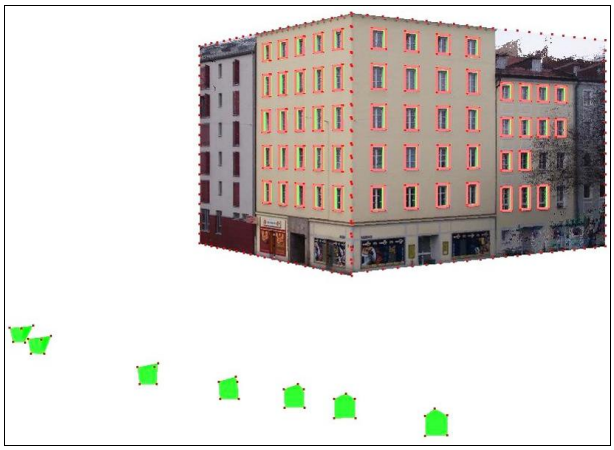


Abb. 5: *Ergebnis der automatischen 3D Interpretation von drei Fassaden mit Kameras als grüne Pyramiden und Fenstern als rote Rechtecke.*

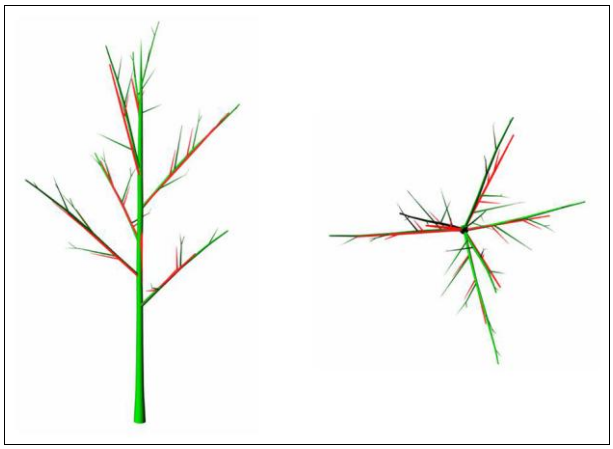


Abb. 6: *Vergleich des Ergebnisses der automatischen Baumextraktion (rot) mit gegebenem 3D Modell (grün) für Seitensicht und Draufsicht.*

Verteilungen synthetische 3D Modelle für den Baum generiert und damit auf Grundlage von automatisch generierten Hintergrundbildern virtuelle Ansichten erzeugt. Diese werden mit den realen Bildern verglichen, was zur Likelihood des Modells und in Verbindung mit der Prior-Verteilung für die Parameter zu einer Maximum-a-Posteriori Schätzung führt. Zur statistischen Variation des Modells wird eine Kombination von Monte Carlo und MCMC Stichprobengenerierung verwendet. Abb. 6 zeigt ein Resultat des Ansatzes in rot im Vergleich mit dem gegebenen 3D Modell in grün. Die links dargestellte Seitensicht entspricht hierbei einer der verwendeten Kameraperspektiven. Für diese sind die Unterschiede zwischen den beiden Modellen gering. Das automatisch generierte Modell gibt die grobe Struktur wieder, hat aber weniger Details.

Durch die bei statistisch generativen Modellen notwendige Erzeugung von zufälligen Stichproben variieren die Ergebnisse. Allerdings variiert auch die menschliche Erfassung und daher sollte es ausreichend sein, dass die automatisch erzeugten Ergebnisse in der gleichen Grundgesamtheit wie die menschlichen Ergebnisse liegen.

5. Visual Computing-Ausbildung in der Informatik

Nach dem Wechsel in die Informatik der UniBw stand die Integration in das Curriculum von Bachelor und Master an. Da die Begriffe Photogrammetrie und Fernerkundung in der Informatik fast unbekannt sind, war eine Namensänderung naheliegend. An der Informatik der UniBw war neben Computer Vision auch Computer Graphik nicht vertreten. Daher erschien es sinnvoll, beides in Form des Begriffes *„Visual Computing“* zu vereinen. Visual Computing wird in dieser Konnotation an verschiedenen Universitäten, u. a. auch an der ETH Züricph verwendet.

Die Kombination von Computer Vision und Graphik bietet sich aus verschiedenen Gründen an. So stößt man in Computer Vision z. B. in der Bildzuordnung mit einfachen Reflexionsmodellen immer mehr an Grenzen und es werden mehr und mehr Modelle aus der Computer Graphik übernommen. Dort sind detaillierte Reflexionsmodelle schon länger von großem Interesse, um die komplizierten Reflexionseigenschaften natürlicher Objekte darzustellen. Eine weitere enge Kopplung zwischen Computer Vision und Computer Graphik ergibt sich bei der generativen Objektextraktion (siehe Abschnitt 4). Ein wichtiger Teilschritt ist dort die möglichst realitätsnahe Darstellung, um eine gute Übereinstimmung von simulierten und realen Bildern zu erreichen. Die Computer Graphik wird somit als Teil eines Computer Vision Ansatzes verwendet.

Im Studienangebot der Informatik wird Visual Computing in Form von Wahlpflichtfächern angeboten. Diese wurden im ersten Durchgang im Sommer 2011 gut angenommen. Im Bachelor nahm an *„Grundzüge von Visual Computing“* im Modul *„Geoinformatik und Visual Computing“* ein großer Teil des Jahrganges teil. Im Master werden zwei Module angeboten: Das Modul *„Visual Computing“* besteht aus *„Bildverarbeitung für Computer Vision“*, *„Computer Vision“* und *„Computer Vision und Graphik“* und das Modul *„Fernerkundung“* aus *„Optische Fernerkundung“* und *„Radar- und Lasermethoden“*. An den ersten zwei Vorlesungen nahm immerhin ein Fünftel der Master-Studenten teil.

Im Weiteren werden insbesondere die Schwerpunkte der Vorlesungen angesprochen, die die Entwicklungen im letzten Jahrzehnt widerspiegeln.

5.1 Computer Graphik in Grundzüge von Visual Computing

Die Vorlesung *„Grundzüge von Visual Computing“* stellt Grundlagen von Bildverarbeitung, (geometrischer) Computer Vision und Bildinterpretation bzw. Objekt-

extraktion dar. Der Schwerpunkt liegt auf Computer Graphik und hierbei wiederum auf der radiometrischen Abbildung. Die Modellierung der Reflektanz erfolgt für matte und spiegelnde, aber auch halb-spiegelnde Oberflächen. Die Schattierung kann kontinuierlich geändert werden (glatte Übergänge), Spiegelungen können durch Strahlverfolgung (Ray Tracing) realisiert werden und eine gegenseitige Beleuchtung von Oberflächen wird durch Radiosity ermöglicht. Letzteres bedeutet, dass z. B. eine im Schatten liegende Straße neben einer direkt beleuchteten roten Wand einen mehr oder weniger starken Rot-Ton erhält.

Neben der radiometrischen Abbildung ist die Modellierung von Verdeckungen durch *„z-Buffering“*, bei dem für jedes Pixel ein Objekt nur dargestellt wird, wenn es näher zur Kamera liegt, als das bisherige Objekt, sowie das Nachbilden von Effekten der Atmosphäre, wie z. B. Nebel, wichtig sowohl für Visualisierung als auch generative Modellierung.

5.2 Direkte Orientierung in Computer Vision

Neben der „klassischen“ Bündelausgleichung ist die vollautomatische Orientierung von Bilddaten praktisch ohne Vorwissen auch bei größeren Basen zwischen den Bildern der Schwerpunkt der Vorlesung *„Computer Vision“*. Zusammen mit dem direkten 5-Punkt Algorithmus spielt RANSAC (siehe Abschnitt 3) und damit die Nutzung von Daten mit vielen groben Fehlern eine zentrale Rolle. Die Zuordnung von Punkten wird mit dem Optischen Fluss eingeleitet. Dieser motiviert nicht nur Punktoperatoren, wie z. B. den FÖRSTNER-Operator *[Förstner/Gülch, 1987]*, sondern erweitert auch die Möglichkeiten hin zu starren (oder auch nicht-starren) Bewegungen für Anwendungen, wie z. B. die Verfolgung von Personen oder Fahrzeugen. SIFT ermöglicht die Bestimmung von Größe und Ausrichtung von Punkten und affine kleinste Quadrate die Zuordnung bei großen Basen. Zuletzt wird mit dem Semi Global Matching von *Hirschmüller [2008]* eines der momentan leistungsfähigsten Verfahren für die dichte Tiefenschätzung dargestellt.

5.3 Aussehensbasierte Objektkategorisierung in Computer Vision und Graphik

Während die strukturelle Objektextraktion (siehe Abschnitt 2) mit ihrer Modellierung von Objekten und Relationen in der bisherigen Vorlesung *„Bildanalyse“* den Schwerpunkt bildete, basiert die Vorlesung *„Computer Vision und Graphik“* auf aussehensbasierter Objektkategorisierung. So wird dargestellt, wie beim „Bag of Words“ Ansatz (siehe Abschnitt 4) allein auf Grundlage der Häufigkeit (Statistik) von kleinen Bildausschnitten Objektkategorien in Bildern unterschieden werden können. Wird die Anordnung der Ausschnitte hinzugenommen, wird die Modellierung zwar unflexibler, schränkt aber dafür auch die Lösungsmöglichkeiten ein. Sollen nicht nur Bilder kategorisiert werden, sondern die Objekte auch segmentiert, d. h. extrahiert werden, dann ermöglicht die statistische generative Objektextraktion die umfassendste Modellierung. Allerdings ist diese noch nicht in der Lage, allgemeine Objekte der realen Welt abzubilden, und so bleiben die Objekte und Relationen der strukturellen Objektextraktion doch zumindest eine Quelle der Inspiration.

5.4 Moderne Klassifikationsverfahren in Optischer Fernerkundung

Die Vorlesung *„Optische Fernerkundung“* hat als erste Aufgabe, die Verbindung zur Geoinformatik herzustellen, die mit *„Visual Computing“* am Institut für Angewandte Informatik vereint ist. Hierzu werden Sensoren vorgestellt sowie Vorgehensweisen für die Datenerfassung. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Klassifikation. Neben der klassischen Maximum Likelihood und der auf dem BAYES-Theorem basierenden Maximum-a-Posteriori (MAP) Schätzung werden neue Techniken wie z. B. Support Vector Machines oder Random Forests vorgestellt. Hinter allem steht das Ziel, die Statistik der Daten auszunutzen und wenn möglich die komplexen Modelle unserer Umwelt zu lernen. Eine Modellierung von Hand ist zumeist zu aufwändig.

6. Ausblick

Tempora mutantur, nos et mutamur in illis – mehr als ein Jahrzehnt an der UniBw ist vorbei und es hat sich vieles geändert. Computer Vision und Computer Graphik, d. h. Visual Computing, sind in dieser Zeit stark gewachsen und werden mit Anwendungen wie Surveillance oder auch Fahrerassistenzsystemen *[Barth et al., 2010]* immer relevanter für die Praxis. Weiterhin gehen wichtige Arbeiten für die Erfassung topographischer Objekte für *Google Maps* oder *bing Maps* von Computer Vision Gruppen, wie z. B. an der TU Graz aus *[Leberl et al., 2010]*. Zuletzt ist sogar der „heilige Gral“ der Photogrammetrie, nämlich die Bündelausgleichung, in diesem Fall für Tausende von Bildern in allgemeiner Lage in Computer Vision so wichtig geworden, dass ein Vortrag hierzu *[Jian et al., 2011]* bei der International Conference on Computer Vision (ICCV) 2011 in Barcelona bei einer Annahmequote von unter 4% als Vortrag vorgestellt wurde. Auch ohne den „Unfall“ durch die Sparbemühungen an der UniBw wäre somit eine stärkere Annäherung von Photogrammetrie an Computer Vision (und Computer Graphik) folgerichtig gewesen.

Anzumerken ist, dass der Trend in Richtung Computer Vision an der UniBw schon sehr viel älter ist. Schon der Vorgänger des Autors, EGON DORRER, beschäftigte sich mit Inverser Schummerung – Shape from Shading –, einem in Computer Vision bedeutendem

Thema. Eine gute Darstellung der erreichten Leistungsfähigkeit gibt *Dorrer et al. [2005]*.

Die momentanen Entwicklungen in Theorie und Praxis geben Hoffnung, dass die Generierung und Nutzung von Bildinformation mit Visual Computing eine große Zukunft hat, deren Gestaltung spannend ist und sich lohnt – ob als Photogrammeter oder „Visual Computer" scheint hierbei weniger wichtig.

7. Literatur

Bacher, Uwe / Mayer, Helmut [2005]: Automatic Road Extraction from Multispectral High Resolution Satellite Images. In: *Stilla, Uwe / Rottensteiner, Franz / Hinz, Stefan (Hrsg.):* Proceedings of the ISPRS Workshop CMRT 2005, Object Extraction for 3D City Models, Road Databases and Traffic Monitoring – Concepts, Algorithms and Evaluation, Vienna – Austria, August 29-30 2005. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Band XXXVI, Teil 3/W24. Technische Universität München, Institut für Photogrammetrie und Kartographie, München, S. 29-34.
ISSN 1682-1777
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/3-W24/papers/CMRT05_Bacher_Mayer.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Bartelsen, Jan / Mayer, Helmut [2010]: Orientation of Image Sequences Acquired from UAVs and with GPS Cameras. In: Surveying and Land Information Science, 70. Jhrg., Heft 3, Gaithersburg, S. 151-159.
ISSN 1538-1242
ISSN 1052-2905
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/Eurocow2010/euroCOW2010_files/papers/04.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Barth, Alexander / Siegemund, Jan / Meißner, Annemarie / Franke, Uwe / Förstner, Wolfgang [2010]: Probabilistic Multi-Class Scene Flow Segmentation for Traffic Scenes. In: *Goesele, Michael / Roth, Stefan / Kuijper, Arjan / Schiele, Bernt / Schindler, Konrad (Hrsg.):* Pattern Recognition. 32nd DAGM Symposium, Darmstadt, Germany, September 22-24, 2010. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Band 6376. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 503-512.
ISBN 978-3-642-15986-2
ISBN 3-642-15985-0
ISBN 978-3-642-15985-5
http://www.ipb.uni-bonn.de/uploads/tx_ikgpublication/DAGM2010_086.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Dick, Anthony R. / Torr, Philip H. S. / Cipolla, Roberto [2004]: Modelling and Interpretation of Architecture from Several Images. In: International Journal of Computer Vision, 60. Jhrg., Heft 2, Dordrecht, S. 111-134.
ISSN 0920-5691
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.93.5886&rep=rep1&type=pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Dorrer, Egon [1980]: Suffix and Tensor Notation for Analytical Photogrammetry. In: Manuscripta Geodaetica, 5. Jhrg., Heft 2, Berlin/Heidelberg, S. 91-143.
ISSN 0340-8825

Dorrer, Egon / Mayer, Helmut / Haase, Yvonne / Ostrovskiy, Alexej / Renter, Jörg / Rentsch, Matthias / Reznik, Sergej / Neukum, Gerhard / HRSC Co-Investigator Team [2005]: Verbesserung räumlicher Daten durch „Shape from Shading". In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG), 9. Jhrg., Heft 5, Stuttgart, S. 403-408.
ISSN 1432-8364

Fei-Fei, Li / Fergus, Rob / Perona, Pietro [2006]: One-Shot Learning of Object Categories. In: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28. Jhrg., Heft 4, Washington, S. 594-611.
ISSN 0162-8828
http://authors.library.caltech.edu/5407/1/LIFieeetpam06.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Fischler, Martin A. / Bolles, Robert C. [1981]: Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography. In: Communications of the ACM, 24. Jhrg., Heft 6, New York, S. 381-395.
ISSN 0001-0782
http://www.ai.sri.com/pubs/files/836.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Förstner, Wolfgang [2000]: Moderne Orientierungsverfahren. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG), 4. Jhrg., Heft 3, Stuttgart, S. 163-176.
ISSN 1432-8364

Förstner, Wolfgang / Gülch, Eberhard [1987]: A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners and Centres of Circular Features. In: *Grün, Armin / Beyer, Horst A. (Hrsg.):* Intercommission Conference on Fast Processing of Photogrammetric Data, Interlaken, Switzerland. Proceedings. ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Zürich, S. 281-305.
http://www.ipb.uni-bonn.de/proceedings
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Forberg, Andrea / Mayer, Helmut [2006]: Simplification of 3D Building Data. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (ZfV), 131. Jhrg., Heft 3, Augsburg, S. 148-152.
ISSN 1618-8950
http://ica.ign.fr/Leicester/oral-presentation/forberg_ICA_WS04-oral.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Frahm, Jan-Michael / Fite-Georgel, Pierre / Gallup, David / Johnson, Tim / Raguram, Rahul / Wu, Changchang / Jen, Yi-Hung / Dunn, Enrique / Clipp, Brian / Lazebnik, Svetlana / Pollefeys, Marc [2010]: Build ing Rome on a Cloudless Day. In: *Daniilidis, Kostas / Maragos, Petros / Paragios, Nikos (Hrsg.):* Computer Vision – ECCV 2010. 11th European Conference on Computer Vision, Heraklion, Crete, Greece, September 5-11, 2010, Proceedings, Part IV. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 368-381.
ISBN 3-642-15548-0
ISBN 978-3-642-15548-2 (print)
ISBN 978-3-642-15549-9 (e-book)
http://www.springerlink.com/content/978-3-642-155604/#section=776899&page=3&locus=21
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Goesele, Michael / Ackermann, Jens / Fuhrmann, Simon / Klowsky, Ronny / Langguth, Fabian / Muecke, Patrick / Ritz, Martin [2010]: Scene Reconstruction from Community Photo Collections. In: IEEE Computer, 43. Jhrg., Heft 6, Los Alamitos, S. 48-53.
ISSN 0018-9162
http://www.cs.cornell.edu/~snavely/publications/papers/proc_ieee_scene_reconstruction.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Hartley, Richard / Zisserman, Andrew [2000]: Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press, Cambridge, 607 S.
ISBN 0-521-62304-9

Hirschmüller, Heiko [2008]: Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information. In: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 30. Jhrg., Heft 2, Washington, S. 328-341.
ISSN 0162-8828
http://elib.dlr.de/55367/1/Stereo_ProcessingHirschm%C3%BCller.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Huang, Hai / Mayer, Helmut [2010]: Generative Statistical 3D Reconstruction of Unfoliaged Trees from Terrestrial Images. In: Annals of GIS, 15. Jhrg., Heft 2, Berkeley, S. 97-105.
ISSN 1947-5683
http://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/ikg/staff/publications/Begutachtete_Zeitschriftenartikel_und_Buchkapitel/huang09.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Jian, Yong-Dian / Balcan, Doru Christian / Dellaert, F. [2011]: Generalized Subgraph Preconditioners for Large-Scale Bundle Adjustment. In: Proceedings of IEEE 13th International Conference on Computer Vision (ICCV 2011), 6-13 November 2011, Barcelona, Spain, S. 295-302, DVD.
ISBN 978-1-4577-1102-2
http://www.cc.gatech.edu/~yjian6/publication/jian2011iccv.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Leberl, Franz / Bischof, Horst / Pock, Thomas / Irschara, Arnold / Kluckner, Stefan [2010]: Aerial Computer Vision for a 3D Virtual Habitat. In: IEEE Computer, 43. Jhrg., Heft 6, Los Alamitos, S. 24-31.
ISSN 0018-9162
http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5481931
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Leibe, Bastian / Schiele, Bernt [2004]: Scale Invariant Object Categorization Using a Scale-Adaptive Mean-Shift Search. In: *Rasmussen, Carl Edward / Bülthoff, Heinrich H. / Giese, Martin A. / Schölkopf, Bernhard (Hrsg.):* Pattern Recognition. 26th DAGM Symposium, Tübingen, Germany, August/September 2004. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Band 3175. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 145-153.
ISBN 3-540-22945-0
ISBN 978-3-540-22945-2
http://www.vision.ee.ethz.ch/~bleibe/papers/leibe-scaleinvariant-dagm04.pdf
letzter Aufruf: 15.11.2011.

Lindeberg, Tony [1994]: Scale-Space Theory in Computer Vision. The Kluwer international series in engineering and computer science, Band 256. Kluwer, Boston, 423 S.
ISBN 0-7923-9418-6

Lowe, David G. [2004]: Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. In: International Journal of Computer Vision, 60. Jhrg., Heft 2, Dordrecht, S. 91-110.
ISSN 0920-5691
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.157.3843&rep=rep1&type=pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Mayer, Helmut [2002]: Fundamental Matrix and Trifocal Tensor for View Synthesis. In: Bildteknik / Image Science, 9,. Jhrg., Heft 1, Stockholm, S. 129-141.
ISSN 1104-5825

Mayer, Helmut, / Baltsavias, Emmanuel / Bacher, Uwe [2006]: Automated Extraction, Refinement, and Update of Road Databases from Imagery and Other Data. Final Report. In: EuroSDR Projects. EuroSDR, European Spatial Data Research, Official Publication No. 50. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt/Main, S. 217-280.
ISBN 978-90-5179474-8
ISBN 90-5179474-6
http://www.eurosdr.net/publications/50.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Mumford, David [2000]: The Dawning of the Age of Stochasticity. In: *Arnold, Vladimir / Atiyah, Michael / Lax., Peter D. / Mazur, Barry (Hrsg.):* Mathematics: Frontiers and Perspectives. American Mathematical Society, Providence, S. 197-218.
ISBN 0-8218-2070-2

ISBN 0-8218-2697-2
http://www.dam.brown.edu/people/mumford/Papers/OverviewPapers/DawningAgeStoch.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Nistér, David [2004]: An Efficient Solution to the Five-Point Relative Pose Problem. In: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 26. Jhrg., Heft 6, Washington, S. 756-770.
ISSN 0162-8828

Reznik, Sergej / Mayer, Helmut *[2008]:* Implicit Shape Models, Self-Diagnosis, and Model Selection for 3D Facade Interpretation. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG), 12. Jhrg., Heft 3, Stuttgart, S. 187-196.
ISSN 1432-8364
http://www.unibw.de/inf4/professuren/photo/schriften/pubreznik/PFG-Reznik-final.pdf/at_download/down1
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Tu, Zhuowen / Chen, *Xiangrong / Yuille, Alan L. / Zhu, Song-Chun [2005]:* Image Parsing: Unifying Segmentation, Detection, and Recognition. In: International Journal of Computer Vision, 63. Jhrg., Heft 2, Dordrecht, S. 113-140.
ISSN 0920-5691
http://lear.inrialpes.fr/people/triggs/events/iccv03/cdrom/iccv03/0018_chen.pdf
letzter Aufruf: 07.11.2011.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Informatik, Institut für Angewandte Informatik, Professur für Photogrammetrie und Fernerkundung, D-85577 Neubiberg

E-Mail: Helmut.Mayer@unibw.de

Heinz Musall

Augustin Lubins „*Mercure géographique*“ von 1678

Bemerkungen zum ältesten kartenkundlichen Werk[1]

Zusammenfassung

AUGUSTIN LUBINs „Mercure géographique“ wird als das früheste Werk angesehen, das sich speziell mit kartenkundlichen Fragen befasst. Der französische Augustinerpater LUBIN veröffentlichte 1678 diesen „Guide du curieux des cartes géographiques“ in Paris: Er enthält etwa 250 geographisch-kartographische Stichwörter, die in andere Sprachen übersetzt und in ihrer Bedeutung erklärt werden, sowie weitere etwa 180 geographische Begriffe aus anderen Sprachen. Das Werk sollte nicht das Herstellen von Karten lehren, sondern das Verständnis für vorhandene Karten befördern. Mit diesem Beitrag soll ein Blick in dieses seltene, neuerdings bei „Google books“ zugängliche Werk mit seinen kritischen Bemerkungen zur kartographischen Praxis des 17. Jahrhunderts angeregt werden.

Summary

AUGUSTIN LUBIN's „Mercure géographique“ is regarded as the earliest work which deals specifically with cartographic questions. The French Augustinian father LUBIN published this guide for people interested in maps in 1678 in Paris. It contains a series of approximately 250 geographical-cartographical keywords that were explained in their meanings and translated into other languages as well as about 180 geographical terms from other languages. The book was not intended to teach map making but should convey the understanding of existing maps. This contribution is to encourage people to take a closer look at the rare book with its critical comments on cartographic practice in the 17th century. It has become accessible at „Google books“ recently.

1. Einführung

Eine Historische Kartenkunde, d. h. eine Art Nachschlagewerk, in dem man sich über kartographische Fachbegriffe in früherer Zeit, das Aussehen und den Inhalt alter Karten, über Signaturen, Methoden der Geländedarstellung, Maßstäbe u. v. m. zuverlässig und umfassend informieren kann, ist seit langer Zeit ein Desideratum vieler Kartenfreunde. Jeder, der sich intensiver mit einer alten Karte beschäftigen will, sieht sich vor eine Fülle von Fragen bezüglich des in der Karte Gezeigten gestellt, die mit der Feststellung des tatsächlichen bzw. des vom Autor angegebenen/geplanten Maßstabes der Karte beginnen mögen, dann sich den für die verschiedenen dargestellten Objekte verwendeten Signaturen zuwenden werden, der Art der Geländedarstellung, der unterschiedlichen Beschriftung der Objekte und eventuell weiteren Themen wie dem verwendeten Netzentwurf, der Orientierung der Karte und anderen.

Nun ist es keineswegs so, dass auf dem Weg zu einem solchen umfassenden Werk bisher nichts geschehen wäre. Herausragend ist hier *François de Dainvilles [1964]* Glossarium der geographisch-kartographischen Fachbegriffe *„Le Langage des géographes“*, das den Zeitraum zwischen 1500 und 1800 umfasst und weltweit die entsprechende Anerkennung gefunden hat, stellt es doch für viele der oben genannten kartenhistorischen Fragen bisher das einzige umfangreiche Nachschlagewerk dar. Unter „Geographie“ wurde vom 16. bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts zugleich die Darstellung der Geographie bzw. die Kartographie verstanden, d. h. auch das Entwerfen und Beschreiben/Erläutern von Karten.

Bei dem Werk des französischen Kartenhistorikers DAINVILLE steht natürlich das französische Kartenwesen im Vordergrund, aber es werden durchaus auch Entwicklungen in anderen Ländern bzw. Sprachen in größerem Umfang berücksichtigt. So wird auch auf deutsche Karten bzw. geographisch-kartographische Fachbegriffe Bezug genommen, aber oft sucht man doch vergeblich nach entsprechenden Auskünften. Manchen Fragen ist in seinem Werk auch relativ wenig Raum gewidmet wie z. B. dem Problem der Maßstabsbestimmung alter Karten, was in Anbetracht des relativ einheitlichen „Maßstabswesens“ in französischen Karten des 17. und 18. Jahrhunderts zwar verständlich ist, und wobei auf seine früheren Ausführungen dazu in den 1956 erschienenen *„Cartes anciennes de l'église de France“ [Dainville, 1956]* hinzuweisen ist.

Den Ausgangspunkt für sein Glossarium stellte für DAINVILLE ein Werk dar, an dessen Nachdruck er zunächst gedacht, dann aber aus verschiedenen Gründen

[1] Herrn Professor Dr.-Ing. KURT BRUNNER in Erinnerung an seine von den Studenten in Karlsruhe sehr geschätzten Vorlesungen in Kartenkunde gewidmet.

verworfen hatte: Es ist der *„Mercure géographique, ou, Le guide du curieux des cartes géographiques“* von *AUGUSTIN LUBIN* von *1678*, ein Buch, das zwar des öfteren zitiert bzw. in Literaturverzeichnissen aufgeführt wird, direkt bisher aber schwer zugänglich war, da nur in wenigen Bibliotheken vorhanden. Heute kann das Buch bei *„Google books“* im Internet gelesen bzw. kostenlos heruntergeladen werden.[2]

Sich einen Überblick über dieses Werk, d. h. seinen Aufbau und seine Gliederung zu verschaffen, ist nicht ganz einfach, da die Stichworte darin lexikonartig aneinander gereiht sind, wobei sie im Hauptteil nicht alphabetisch geordnet sind. Es sollte, wie LUBIN sagt, mit den *„allgemeinsten Begriffen“* begonnen werden, um dann zu den spezielleren vorzustoßen. Obwohl sich in seinem Werk natürlich viele veraltete bzw. auch fehlerhafte Definitionen finden, so ist das Buch zumindest aus zwei Gründen auch heute einen Blick wert: Sowohl aus historischem Interesse – ist es doch das älteste von einem geradezu „kartenfixierten“ Autor verfasste Buch – als auch ganz besonders wegen der zahlreichen „Randbemerkungen“, die sowohl einen kleinen Einblick in die geographische Weltsicht eines gelehrten Kirchenmannes in dieser Zeit zulassen als auch zahlreiche Hinweise des in kartographischen Fragen aller Art erfahrenen Geographen auf die Praxis der Kartographie geben, die sich damals nicht nur in Frankreich, sondern in ganz Europa im Aufblühen befand.

AUGUSTIN LUBIN (1624-1695), ab 1640 Pater des Augustinerordens im Kloster der Königin MARGUERITE (1553-1615) in St. Germain bei Paris (gegründet 1609), war als Prediger tätig, wurde aber vor allem durch seine geographischen Publikationen berühmt. Als Experte für kartographische Belange – er hatte den Titel eines *„Géographe ordinaire du Roi“* erhalten – fungierte er 1674 als Schiedsrichter im Prozess zwischen den Verlegern ALEXIS-HUBERT JAILLOT (1632-1712) und den Söhnen von NICOLAS SANSON D'ABBEVILLE (1600-1667), ADRIEN SANSON (†1708) und GUILLAUME SANSON (†1703). Er verfasste u. a. geographische Tafeln zum besseren Verständnis der Heiligen Schrift und der Kirchengeschichte sowie einen Atlas *„Orbis Augustinianus“*; sein bedeutendstes Werk wurde indessen der *„Mercure géographique“*, in dem er erstmals eine große Anzahl geographisch-kartographischer Termini definierte, ihre Herleitung erläuterte und die Begriffe in anderen Sprachen wiedergab *[Pastoureau, 1984, S. 303]*.

LUBIN beginnt sein Werk mit einer etwas weitschweifigen, im Stil der Zeit gehaltenen Erklärung, für wen sein Werk gedacht ist: den interessierten Liebhaber der Geographie, die damals auch die erst später so genannte Kartographie umfasst: Dieser Liebhaber betrete beim Betrachten von Karten ein ihm unbekanntes Land, für das er einen zuverlässigen Führer benötige. Dieser solle ihm Straßen zeigen, die Namen der Provinzen und Orte nennen und ihm einige Begriffe der dortigen Sprache erklären, so dass er unbeschwert das Land durchstreifen könne.

Weil ein solcher Führer bisher fehle, würden alle diejenigen abgeschreckt, die gerne die Karte verstehen und sich ihrer bedienen würden. Sie könnten die Wörter nicht verstehen, sie sehen Linien, die sie nicht kennen. Man fühle sich wie in einem fremden Land, dessen Sprache man nicht kenne, man nicht wisse, wo man sei und sich immerzu verlaufe.

Dies sei das Ziel des *„Mercure“*: Er will, wie der Merkur der Alten, der Führer der an geographischen Karten Interessierten sein und ihnen auch eine ebenso gute Kenntnis der Karten der entferntesten Länder vermitteln, in welcher Sprache sie auch gezeichnet seien, wie von denen ihres eigenen Landes. Bis heute seien Karten in hebräischer, griechischer, lateinischer Sprache erschienen, alle Tage erschienen Karten in Französisch, auch in Italienisch, Spanisch, Deutsch, Englisch. Sogar in Arabisch seien Karten von in den Osten geschickten Missionaren hergestellt worden. Es gäbe auch eine Weltkarte eines Jesuitenpaters in Chinesisch; das Menschenleben sei jedoch zu kurz, um die 60.000 Schriftzeichen dieser Sprache zu lernen.[3]

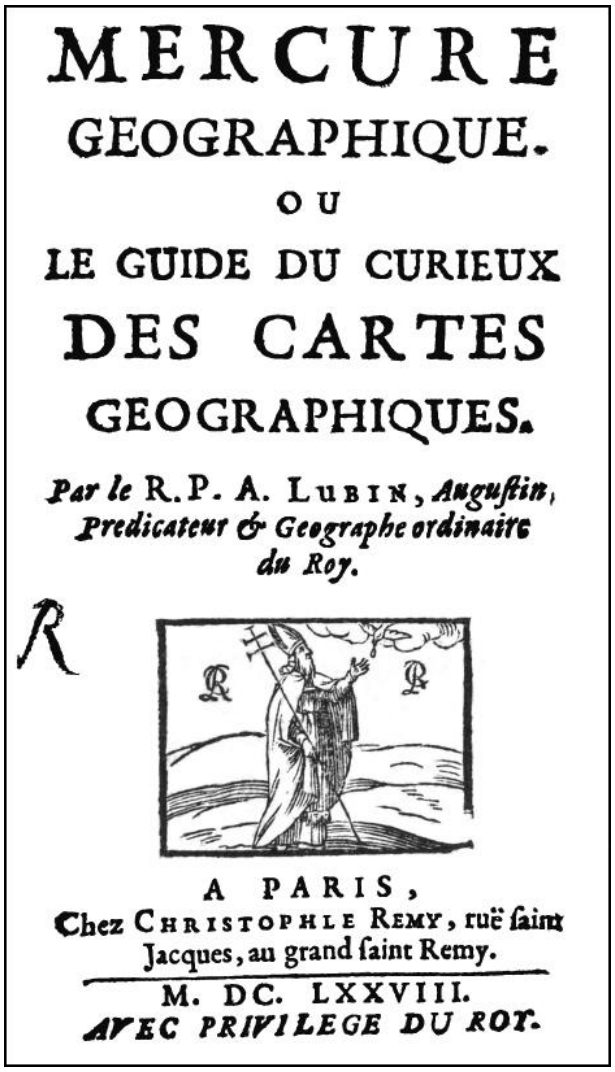
Die Kenntnis einiger Wörter der fremden Sprachen sei unbedingt erforderlich, um sich der geographischen Karten bedienen zu können. Und weil Latein die universellste, bekannteste und Ursprung des größten Teiles der lebenden Sprachen sei, solle es hier als Basis dienen, um die anderen zu verstehen.

2. Der Aufbau von Lubins *„Mercure géographique“* von 1678

Das Werk von 436 Seiten (Abb. 1) besteht aus zwei unterschiedlich umfangreichen Teilen: Der Hauptteil beginnt mit der oben angesprochenen Einführung und führt von Seite 5 bis Seite 363 knapp 250 lateinische Stichwörter auf, die in Versalien über den jeweils unterschiedlich umfangreichen Erläuterungen stehen (Abb. 2). Im zweiten Teil listet LUBIN dann, alphabetisch geordnet, jeweils eine Anzahl geographischer Begriffe auf: zunächst diejenigen, die in der lateinischen Bibelübersetzung, der Vulgata, nicht übertragen worden seien, dann in der Literatur der Antike und des Mittelalters vorkommende, einschlägige Wörter. Ab Seite 383 folgen französische, aus dem Lateinischen stammende Begriffe, anschließend einige italienische, spanische, hol-

[2] http://books.google.ch/books/about/Mercure_geographique_ou_Le_guide_du_curi.html?id=rwhDAAAAcAAJ
letzter Aufruf: 12.03.2012.

[3] Er spricht dabei vermutlich die Weltkarte des belgischen Jesuitenpaters FERDINAND VERBIEST (1623-1688) von 1674 an *[Walravens, 1991]*.



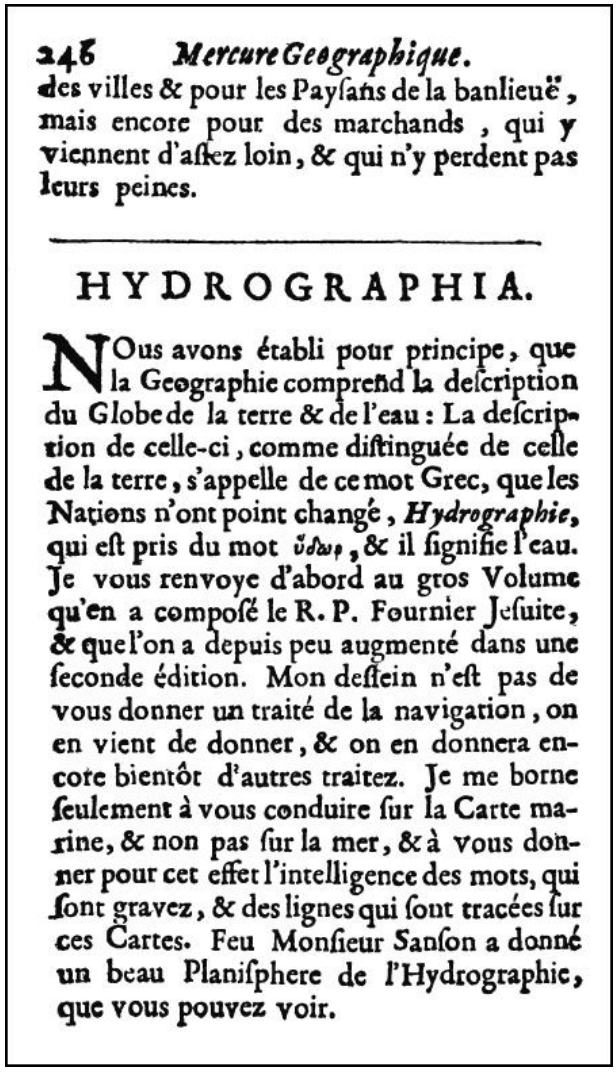
MERCURE
GEOGRAPHIQUE.
OU
LE GUIDE DU CURIEUX
DES CARTES
GEOGRAPHIQUES.

Par le R.P. A. LUBIN, *Auguſtin, Predicateur & Geographe ordinaire du Roy.*

A PARIS,
Chez CHRISTOPHLE REMY, ruë ſaint Jacques, au grand ſaint Remy.

M. DC. LXXVIII.
AVEC PRIVILEGE DU ROY.

Abb. 1: *Titelseite von* LUBINS *„Mercure géographique“ von 1678 (Quelle: „Google books“).*



246 *Mercure Geographique.*
des villes & pour les Payſans de la banlieuë, mais encore pour des marchands, qui y viennent d'aſſez loin, & qui n'y perdent pas leurs peines.

HYDROGRAPHIA.

NOus avons établi pour principe, que la Geographie comprend la deſcription du Globe de la terre & de l'eau: La deſcription de celle-ci, comme diſtinguée de celle de la terre, s'appelle de ce mot Grec, que les Nations n'ont point changé, *Hydrographie*, qui eſt pris du mot ὕδωρ, & il ſignifie l'eau. Je vous renvoye d'abord au gros Volume qu'en a compoſé le R. P. Fournier Jeſuite, & que l'on a depuis peu augmenté dans une ſeconde édition. Mon deſſein n'eſt pas de vous donner un traité de la navigation, on en vient de donner, & on en donnera encore bientôt d'autres traitez. Je me borne ſeulement à vous conduire ſur la Carte marine, & non pas ſur la mer, & à vous donner pour cet effet l'intelligence des mots, qui ſont gravez, & des lignes qui ſont tracées ſur ces Cartes. Feu Monſieur Sanſon a donné un beau Planiſphere de l'Hydrographie, que vous pouvez voir.

Abb. 2: *Stichwort „HYDROGRAPHIA“ auf S. 246 in* LUBINS *„Mercure géographique“ (Quelle: „Google books“).*

ländische, englische und schließlich drei arabische Bezeichnungen, wobei alle jeweils kurz erläutert werden. Zahlreiche deutsche Begriffe finden sich in den Definitionen der Stichwörter (s. Tab. 1). Ab Seite 414 schließt ein ausführliches alphabetisches Register von 23 Seiten das Buch ab.

Den ersten Teil seines Werkes hat LUBIN nur grob in drei Gruppen von Stichwörtern untergliedert, und zwar durch zwei Trennlinien vor den Begriffen *„Hydrographie“* (S. 246, s. Abb. 2) und *„Poli“* (S. 309). Um einen Gesamtüberblick über die behandelten Stichwörter zu geben, sind alle in sein Werk aufgenommenen Stichwörter in zwei Listen aufgeführt, die relativ schnell erkennen lassen, ob ein bestimmter Begriff behandelt wird (s. Tab. 1 u. 2)[4].

3. Die geographischen Stichwörter und Bemerkungen

Die Liste in Tabelle 1 zeigt, dass die erste Gruppe von Stichwörtern mit der Erläuterung von Geographie, Chorographie und Topographie beginnt und dann allgemeine geographische Termini behandelt werden, so zu Territorium, Volk und Sprache. Aus damaliger Sicht von größter Bedeutung waren die administrativen und kirchlichen Gliederungen von Territorien aller Art, wie dies auch in anderen geographischen Werken der Zeit, vor allem dann bei *Sanson d'Abbeville [1708]* in seiner *„Einführung in die Geographie“* deutlich wird. Ihnen sind mehrere Dutzend Stichwörter gewidmet. Es folgen Ortsbezeichnungen, die von Großstädten über Dörfer und Burgen bis zu wirtschaftlichen Einzelgebäuden reichen. Eingeschoben findet sich hier eine Gruppe von Begriffen, die mit der Definition von *„Mons = Berg“* beginnt und aus heutiger Sicht im Gegensatz zu den übrigen Begriffen zur Physischen Geographie zu rech-

[4] Herrn Professor Dr. phil. WERNER SCHUBERT vom Seminar für Klassische Philologie der Universität Heidelberg sei herzlich für die spontane Hilfe „auf dem kleinen Dienstweg“ bei der Entzifferung der griechischen Begriffe gedankt.

Tabelle 1: *Die in* LUBINS *„Mercure géographique" von 1678 behandelten Stichwörter.*

GEOGRAPHIA *Beschreibung des Erdreichs*
COROGRAPHIA *(Chorographie)*
TOPOGRAPHIA *Angesicht (Topographie)*
ORBIS *Zirkel (Erdkreis)*
GLOBUS *Kugel (Globus)*
PLANISPHÆRIUM *(Planisphäre)*
HEMISPHÆRIUM *Halbe Kugel*
TERRA *Erde*
PARTES TERRÆ *(Erdteile)*
IMPERIUM *Kaisertum*
REGNUM *Reich*
STATUS *Staat*
REGIO *Land, Landschaft*
ORIENS *Osten*
OCCIDENS *Niedergang, Abend*
MERIDIES *Mittag*
SEPTENTRIO *Mitternacht*
PLAGA *Strand*
TRACTUS *Gegend*
PROVINCIA *Landschaft (Provinz)*
DIOECESIS *(Diözese)*
CONVENTUS *Versammlung*
TERRITORIUM *Gebiet*
TERRA *(Land)*
SEDES *(Regierungssitz, Hauptstadt)*
FINES *Grenzen*
LIMES *Markstein (Grenze)*
TERMINUS *(Grenzstein)*
FUNES et FUNICULUS *(Messschnur)*
AGER *Feld, Acker*
PARS oder PARTES *Teil, Teile*
POPULUS et POPULI *Volk, Völker*
GENS *Volk*
NATIO *Volk*
TRIBUS *„Zunft" (Stamm, Nation)*
PRÆTURA *Vogtei*
SATRAPIA *(persis. Bez. f. Provinz)*
LINGUÆ *(Sprachen)*
NOMUS *(Verwaltungsbezirk)*
EXARCHATUS *(Exarchat)*
ECCLESIA CATHOLICA *kath. Kirche*
PATRIARCHATUS *Patriarchat*
ARCHIEPISCOPATUS *Erzbistum*
EPISCOPATUS *Bistum*
ECCLESIA *Kirche*
CONCILIA *(Konzil)*
ARCHIPRESBYTERATUS *(Teil einer mittelalterlichen Diözese)*
ARCHIDIACONATUS *(Bezirk eines Erzdiakons)*
OFFICIALITAS *(geistlicher Gerichtsbezirk)*
CHRISTIANITAS *(Christenheit)*
DECANATUS *(Dekanat)*
CAMERA *(Kammer)*
PRÆPOSITURA *(Propstei)*
PRINCIPATUS *Fürstentum*
PRÆFECTURA *(Präfektur, Bezirk)*
MONARCHIA *(Monarchie)*
RESPUBLICA *„Gemein Regiment" (Republik)*
ARCHIDUCATUS *Erzherzogtum*
DUCATUS *Herzogtum*
DOMINIUM *Herrschaft*
DITIO *(Herrschaft)*
PATRIMONIUM *(Erblande)*
NUNCIATURA *(Nuntiatur)*
FOEDERATÆ *Bund (Liga)*

MARCHIA *Mark*
MARCHIONATUS *Markgrafschaft*
COMITATUS *Grafschaft*
VICECOMITATUS *Vizegrafschaft*
VICARIA *(Teil einer Grafschaft)*
BARONIA *(Besitz eines Freiherrn)*
ELECTORATUS *Kurfürstentum*
LANTGRAVIATUS *Landgrafschaft*
PALATINATUS *Pfalz*
CIRCULUS *(Reichs) Kreis*
CASTELLANIA *Schlosssprengel*
AMBACTUM *Schlosssprengel*
VIRGA *(Gerichtsbezirk)*
JURISDICTIO *(Jurisdiktion)*
DYNASTIA *(Dynastie)*
TOPARCHIA *(griech. Reg.-Bezirk)*
DECAPOLIS *(Zehn-Stadt)*
PENTAPOLIS *(Fünf-Stadt)*
METROPOLIS *Hauptstadt*
CIVITAS *Stadt*
URBS *Stadt*
COLONIA *Kolonie*
OPPIDUM *Flecken*
CASTRUM *Burg*
CASTELLUM *Schloss*
CASTELLIO *(kleines Schloss)*
BURGUS *(Ortsnamenendung)*
VICUS *Dorf*
VICULUS *(Weiler)*
PAGUS *Land (Region)*
LOCUS *Ort*
PRÆDIUM *Erbgut*
FUNDUS *(Grund und Boden)*
VILLA *Meierhof*
CASUS *(Grund und Boden)*
DOMUS *Haus*
TUGURIUM *Bauernhaus*
MUNICIPIUM *(freie röm. Stadt)*
ACADEMIA *Hochschule*
EMPORIUM *Gewerbestadt*
MUNIMENTUM *Festung*
CUSTODIA *(Gefängnis)*
MUNITIUNCULA *(kleine Festung)*
FANUM *Tempel, Kirche*
ALTARIA et ARÆ *(Altar, Opfertisch)*
TROPHÆUM *Siegeszeichen*
PAROECIA *Pfarre*
ABBATIA *Abtei*
PRIORATUS *Priorschaft*
MONASTERIUM *Kloster*
COENOBIUM *(Kloster)*
LAURA *(Mönchsdorf)*
MANDRA *(Schäferei)*
ASCETERIUM *(Konvent)*
CELLA *(Zelle)*
OBEDIENTIA *(Priorschaft)*
CAPELLA *Kapelle*
HOSPITALE *Herberge*
LEPROSARIA *(Leprastation)*
DOMUS DEI *(Hospital)*
POSITIO *Gelegenheit (Position)*
TURRIS *Turm*
RUDUS oder RUDERA *(Ruinen)*
MONS *Berg*
MONTANA *(Gebirge)*
ALPES *(Alpen)*
COLLIS *Hügel*
TUMULUS *(kleine Anhöhe)*
RUPES *Fels*
CAMPUS *Feld*

CASTRA *(Lagerplatz)*
PLANITIES *Ebene*
AREA *(Platz)*
VALLIS *Tal*
CONVALLIS *(kleines Tal)*
VULCANIUS MONS *(Vulkan)*
SYLVA *Wald*
SALTUS *(Urwald)*
NEMUS *(Weidewald, Hain)*
SYLVULA *Wäldchen*
LUCUS *(Hain)*
SCENÆ *(Rastplätze)*
EXCELSA *(hochgelegene Stelle)*
DESERTUM *Öde, Wüste*
SPELUNCA *Grube, Kluft*
METALLUM *Grube, Mine*
SUDATORIUM *Schwitzstube*
ARBORES *(Bäume)*
HORREA *(Kornspeicher)*
COLUMNA *(Säulen)*
PYLÆ *(Pass, Tor)*
MOLA *Ziehmühle*
FABRICA *Werkstatt*
MONETA *(Münzstätte)*
VIA *Weg, Straße*
IN MEDIO *(in der Mitte)*
STATIO *(Station)*
MANSIO *(Nachtquartier)*
MUTATIO *(Wechselstation)*
LAPIS *(Stein)*
HABITATIO *(Wohnung)*
PEREGRINATIO *(Pilgerfahrt)*
EXPEDITIO *(Feldzug)*
TRANSITUS *(Durchquerung)*
TRAJECTUS *(Überfahrt)*
FORUM *(Markt, Messe)*

HYDROGRAPHIA *(Hydrographie)*
AQUA *Wasser*
MARE *Meer, See*
OCEANUS *(Ozean)*
MARE MEDITERRANEUM *(Mittelmeer)*
PELAGUS *(die Hohe See)*
ARCHI-PELAGUS *(Archipel)*
PONTUS *(Meer + Zusatz)*
SINUS *(Meerbusen)*
FRETUM *(Meerenge)*
BOSPHORUS *Bosporus*
TRAJECTUS *(Überfahrt)*
INSULA *Insel*
CHERSONESUS *„Schierinsel" (Halbinsel)*
ISTMUS *(Landenge)*
SCOPULUS *Steinfels (Riff)*
RUPES *Fels, Klippe*
PORTUS *Meereshafen*
NAVALE *„Schifflände" (Werft)*
PROMONTORIUM *(Vorgebirge, Kap)*
LINGUA MARIS *(südl. Totes Meer)*
LITTUS *Ufer & Strand*
ORA *(Reede)*
ARENÆ *„rauhe unebene Örter" (Sandbank)*
SYRTES *(zwei gefährliche Golfe vor Libyen)*
ÆSTUARIUM *(Ebbe und Flut)*
EURIPUS *(Meerenge, Sund)*
GRADUS *(Häfen a. Flussmündung.)*

EXPEDITIO MARITIMA *(antike Seereise)*
PHARUS *(Leuchtturm vor Alexandria)*
ANEMOGRAPHIA *Winde*
HANZEATICÆ URBES *(die Hansestädte)*
POTAMOGRAPHIA *(Gewässerbeschreibung)*
FLUVIUS *Fluss*
ALVEUS *(Flussbett)*
FOSSA *(Graben, Kanal)*
VADUM *„Wasserfurt" (seichte Stelle)*
CATARACTA *(Wasserfall)*
CONFLUENS *(Zusammenfluss)*
DIVORTIUM *(Flussscheide)*
RIVUS *Bach, Bächlein*
FONS *Brunnen (Quelle)*
PUTEUS *Sodbrunnen*
AQUÆ SALUBRES *Sauerwasser (-brunnen)*
BALNEA *Bad*
THERMÆ *(Thermen, Badeanlagen)*
TORRENS *Schneebach (Torrenten)*
PONS *Brücke*
RIPA *Gestade, Bord*
TRACTUS *(Landstrich)*
OSTIA *Mund (Mündung)*
LACUS *See*
PALUS *Pfuhl, Morast*
SALINÆ *Salzgrube, Salzhütte*
STAGNUM *Weiher*
NAVIGATIONES FLUVIALES *(Flussfahrten)*

POLI *(Pole)*
CIRCULI *Zirkel (Kreise)*
CIRCULUS ÆQUINOCTIALIS *(Äquator)*
CIRCULI TROPICI *(trop. Wendekreise)*
CIRCULI POLARES *(Polarkreise)*
CIRCULI PARALLELI *(Breitenkreise)*
CIRCULI MERIDIANI *(Längenkreise)*
LONGITUDO et LATITUDO *(Länge und Breite)*
CLIMA *(die von der Breitenlage eines Ortes auf der Erde abhängige Tageslänge)*
LINEA *(Linie)*
STADIUM *(Längenmaß Stadion)*
MILLIARE *(Meile)*
GRADUS *(Grad)*
MAPPA et TABULA *(Weltkarte), Tafel*
MAPPÆ MARITIMÆ *(Seekarten)*
PERIPLUS *(Küstenbeschreibung)*
TABULÆ PEUTINGERIANÆ *(Peutinger-Tafel)*
CHARACTERES et PUNCTA *(Buchstaben und Punkte)*
NOTÆ *(Erläuterungen, Legende)*
TABULÆ GEOGRAPHICÆ *(Tabellen von Orten mit ihrer Lage und Zugehörigkeit)*

Kursiv = deutsche Entsprechungen bei LUBIN
(Kursiv) = deutsche Begriffe ergänzt

Tabelle 2: *Die in* LUBINS *„Mercure géographique“ von 1678 aufgeführten geographischen Begriffe.*

Geographische Begriffe:

In der Bibel

ABEN *(Stein)*
AIALON *(Eiche)*
AILATH *(Eiche)*
ALLON *(Eiche, auch Ortsname)*
ARA *(Gebirge)*
BEER *(Brunnen)*
BETH *(Haus)*
CARIATH *(Stadt)*
ELA *(Eiche, auch Ortsname)*
ELON *(Eiche, Ortsname)*
EN *(Quelle, Brunnen)*
GABAA *(Hügel, Ortsname)*
GE *(Tal)*
HIR *(Stadt)*
HOR *(Gebirge)*
IRA *(Stadt)*
JOSAB *(Wohnsitz)*
MAGDAL *(Turm, Burg)*
MISOR *(Ebene)*
NAHALI *(Wild-, Gebirgsbach)*
SARON & SARION *(ebenes Land)*
SAVE *(Ebene)*
SEPHO & SEPHOR *(Einöde, verlassener Ort)*
THARSIS *(Meere)*

In der Literatur der Antike

Α’’ζυ *(alle Gebäude einer Stadt)*
Α’υλὴ ου ἐπαυλις *(Hof)*
Α’υλῶν *(enge Stelle, enges Tal)*
Δέλτα *(Gebiet in Form des Buchstabens Delta)*
Διθάλασσος *(Isthmus, Landenge)*
Διω’ρυξ *(Kanal, Flussbett)*
Εἵρκτη` *(Gefängnis, enger Weg oder Pass)*
Ε’’πειρος *(Kontinent, Festland)*
Μεσόγειος oder Μεσόγαιος *(Mittelmeer)*
Ρόρος *(Überfahrt)*
Ρετρὰ *(Festung)*
Τετραρχία *(Vierer-Herrschaft, Gebietsviertel)*
Φαηρία *(Angehörige des dritten Stammes)*

Im Mittelalter

ACUS *(Turmspitze, Ortsnamenendung)*
ALODUM *(Allodium)*
AFFARE *(Bauernhof, Haus)*
BANNIA oder BANNUM *(territoriale Untergliederung)*
BRIVA oder BRIGA *(Brücke)*
BROLIUM *(Wald)*
CALONICA oder CALONICUM, & COLONICA & COLONICUM *(Bauer)*
CENTENA *(territoriale Gliederung)*
CLAUSUM *(Gehege, Umzäunung)*
CONDAMINA *(Mitherrschaft)*
CONDITA *(in der Provence: Bastide)*
CORTIS oder CURTIS & CURTILE *(Geflügelhof)*
DUNUM *(Düne, Hügel)*
FERRAGO *(in der Provence: Land)*
FEUDUM *(Lehen)*
FISCUS REGIUS *(dem König gehörende Orte)*
FIRMITAS *(befestigter Ort)*
FORTALITIUM *(Schanze, Festung)*
GRANGIA oder GRANERIA *(Kornspeicher)*
HOBA *(Hufe, Teil eines mansus)*
MAGUS *(Stadt, Ortsnamenendung)*
MALLUM *(Gerichtsgebäude)*
MANDAMENTUM *(Amtsbezirk, Ballei)*
MANSUS oder MANSUM *(Felder mit Haus)*
MARCA *(Mark, Lehen)*
MARISCUS *(Sumpf)*
MISSATICUS *(Gesandter)*
PARLAMENTUM *(Justiztribunal)*
PODIUM *(hoher Berg, Hügel)*
PRATUM *(Wiese)*
RECULA *(kleines Gut)*
SANHA *(Wiese)*
TORUS *(Berg, Gebirge)*
VILLARE *(kleiner Pachthof)*

Französische Begriffe, die aus dem Lateinischen stammen

ARSENAL *(Waffenlager)*
BAILLIAGE *(Amtsbezirk, Ballei)*
BANCS DE SABLE *(Sandbänke)*
BANLIEUE *(Bannmeile, Gebiet)*
BARRE ROYALE *(Gerichtssaal)*
BAUME *(Höhle)*
CANAL *(Kanal)*
CHARTREUSE *(Kartause)*
CHAUME *(in Lothringen: Gebirge)*
CLAVERIES *(Bezirke der Diözese Albi in Südfrankreich)*
COL *(enger Pass)*
COMMANDERIE *(Komturei)*
CONGREGATION *(Dekanat)*
CONSULAT *(im Gebiet von Albi: Gerichtsbezirk)*
COUTUME *(Brauch)*
CROIX *(Feldkreuz)*
ELECTION *(Wahlbezirk)*
FALAISE *(steile Meeresküste)*
FILIERES *(Gräben an der Küste)*
GAVE *(baskisch: Fluss)*
GENERALITE’ *(Steuerbezirk)*
GISTES *(Viehställe)*
GOUVERNEMENT *(Reg.-Bezirk)*
GRENIER A SEL *(Salzspeicher)*
GRURIE *(Wald-, Jagdbezirk)*
JUSTICE *(Justizbezirk)*
LANDES *(Heidelandschaft)*
MAIRIE *(in Brabant: Gebietseinteilung)*
MANUFACTURE *(Weberei)*
MARESCHAUSSE’E *(königliche Polizei für die Straßen)*
MENEANS *(kleiner Gerichtsbezirk in der Bretagne)*
MOUILLAGE *(Ankergrund)*
NANT *(Fluss durch Städte in Savoyen)*
PAUTE’ *(in der Diözese Autun: Anzahl abhängiger Orte)*
PAYRIE *(Pärschaft einiger französischer Gebiete)*
PERCEPTORIE *(Einnehmerei von Abteien)*
PLAGE *(flaches Meeresufer, Strand)*
PORT *(Hafen)*
POSTE *(Post-, Pferdewechselstation)*
PRESIDIAL *(Landvogtei, -gericht)*
PREVOSTE’ *(Propstei)*
QUARTIER *(Viertel, Stadtteil, Landesteil)*
RECEPTE *(in der Bretagne: Steuereinnehmerei)*
SEIGNEURIE *(Herrschaftsbereich)*
SENECHAUSSE’E *(Landgericht)*
SIEGE ROYAL *(königl. Tribunal)*
SOUVEGUERIE *(Subvikariat in Katalonien)*
TOURNANT *(Meeresstrudel, Mahlstrom)*
VEGUERIE oder VIGUERIE *(Landvogtei)*
VERRERIES *(Glashütten)*

Italienische Begriffe

BANDA *(Territorialeinteilung auf Korsika)*
CONTADO *(Herrschaftsbereich einer Stadt)*
FORESTO *(kleiner Forst, Forstgebiet im Sumpf)*
GHIERA *(Landstrich längs eines Flusses)*
MAREMMA *(Seemarsch, Maremmen)*
PATRIA *(Vaterland, Heimat)*
POLESINO *(von Flüssen und Kanälen fast ganz umschlossenes Land)*
RITRATTO *(durch Gräben entwässertes Land)*

Spanische Begriffe

ASCAR *(baskisch: Schloss)*
BASTIDA *(Festung, Schloss)*
COMARCA *(Mark, Grenzland)*
CORDILLERA *(Gebirgszug)*
CONSEJO *(Zuständigkeitsbereich der Justiz)*
ENCARTATION *(Zählung)*
FUERO *(Gerichtsbezirk)*
GRANJA *(Bauernhof, Meierhof)*
JORNADA *(Schlacht, Ort der Schlacht)*
LUGAR *(Ortschaft, Flecken)*
MERINDAD *(Burgvogtei)*
NAVA *(Ebene am Fuß eines Gebirges)*
PILA DE BAUTISMO *(Taufbecken)*
POBLACION & POBLADO *(Bevölkerung, Volk)*
PUEBLA *(Dorf, Marktflecken)*
RUMB *(Rumbenlinie auf Portolankarten)*
SANTUARIO *(heilige Stätte)*
SIERRA *(Gebirgszug)*
SESMO *(alte Laneinteilung)*
TIERRA *(kleines Territorium)*
VENTA *(Landgasthaus)*

Holländische Begriffe

BEECK *(kleiner Fluss, Graben)*
DAM *(eine Art Kai oder Erhöhung am Fluss)*
DIEP *(tiefste Stelle an der Mündung eines Flusses)*
DYCK *(Deich)*
HEERLICKEYT *(Herrschaft)*
KASTEELEN *(Kastell, Fort)*
POLDER *(entwässertes, eingedeichtes Land)*
SCHANSEN & SCHANS *(Befestigungen, Schanze)*
ULIE *(Schiffspassage)*
VERDRONCKEN LANDT *(überflutetes Land)*
WAERT *(Insel, Wörth)*
WEECK & WECH *(Weg, Pfad)*

Englische Begriffe

CANTRERHI *(territoriale Einteilung, Zenturie)*
CLYFFE *(steiler Felsen über dem Meer)*
CwMwD *(Unterteilung eines Cantrerhi)*
DEVISION oder DIVISION *(Grafschaftsgliederung)*
FYRTH *(Meeresarm, Förde)*
HUNDRED *(Unterteilung von englischen Grafschaften)*
LATHE *(Distrikte der englischen Grafschaft Kent)*
LIBERTY *(Gebiet mit bestimmten Freiheiten)*
MEDYNE *(früh. Bez. des Hauptortes der engl. Insel Wight)*
MOSSE *(steriles Land im nördlichen England)*
PARKE *(Park, eingefriedetes Areal)*
RAPES *(Unterteilungen von englischen Grafschaften)*
RIDING *(Distrikt englischer Grafschaften)*
RODE *(Reede)*
SHIRE & SHYRE *(Grafschaft)*
TALAITHA *(mittelalterl. Territorial-Einteilung in Wales)*
TITHING *(Zehntschaft)*
TOVUNE *(kleines Dorf, Ortsnamenendung auf -ton)*
WAPENTAK *(Unterteilung einiger englischer Shires)*

Arabische Begriffe

ALCAC¸AR *(Zitadelle, Stadtfeste)*
GIBEL *(Berg, Gebirge)*
MEDINA *(alte Stadt, Hauptstadt)*

nen wäre. Hierzu wären auch die sich nach dem Trennstrich anschließenden 56 Stichwörter zur *„Hydrographie“* zu zählen.

Bei LUBINS erstem Stichwort, der Definition der *„Geographia“* wird deutlich, dass er hier wie bei vielen anderen Stichwörtern sofort auch auf die kartographische Darstellung Bezug nimmt. Darauf soll aber erst im folgenden Kapitel im Zusammenhang näher eingegangen werden.

Das aus dem Griechischen stammende Wort *„Geographia“* bedeute *„Beschreibung des Erdtrichs“* und sei als Teil der Kosmographie anzusehen, die ihrerseits auch die anderen Himmelskörper beschreibe. Streng genommen dürften deshalb nur Planisphären, also Darstellungen des gesamten Erdballs, als geographische Karten bezeichnet werden, Teildarstellungen wie Karten von Kontinenten oder Königreichen dagegen als chorographische Karten. Im Normalgebrauch habe sich aber der Begriff *„Geographische Karten“* auch für solche Teilkarten durchgesetzt. Alle Darstellungen dienten aber der Geographie. Diese wiederum sei zu untergliedern in die *„Géographie ancienne“ (Alte Geographie)* als schönste und gelehrteste, die man noch in kirchliche und weltliche Geographie unterscheiden müsse, dann in die zweite Geographie der *„medii temperis“ (mittleren Zeit)*, die das 7. bis 9. Jahrhundert umfasse und sich von der *Alten Geographie* durch große, seither eingetretene Veränderungen auf der Erde unterscheide. Über alte und mittelalterliche Geographie sei bisher fast nur geschrieben, aber nur wenige Karten entworfen worden. Die dritte oder *„Géographie ... nouvelle“ (Neue Geographie)* zeige den Zustand der Königreiche in jüngster Zeit. Ihre Karten würden von denjenigen benötigt, die mit Fremden zu tun hätten, Reisen unternehmen müssten, und sie seien den an der Geschichte des Jahrhunderts und generell an Neuigkeiten Interessierten willkommen. Generell sollte jeder Autor, der über irgendein Königreich oder eine Region berichtet, zunächst die früheren Namen und Grenzen angeben, dann deren mittelalterlichen und schließlich den gegenwärtigen Zustand und somit durch drei Kartenzustände die im Lauf langer Zeiträume und zahlreicher Kriege eingetretenen, oft beträchtlichen Veränderungen erkennen lassen.

Aus den weiteren geographischen Stichwörtern sollen hier nur einige der den Leser, wie es DAINVILLE so schön ausgedrückt hat, geradezu komplizenhaft einbeziehenden Bemerkungen beispielhaft angeführt werden, die auf die „Rahmenbedingungen“ für geographische Aktivitäten jener Zeit verweisen, um eine vielleicht vorhandene Neugier noch zu verstärken. Klar ist, dass LUBINS Werk damals zur Fixierung vieler Fachausdrücke beigetragen hat. Man muss sich darüber klar sein, dass im 16. und 17. Jahrhundert viele Fachbegriffe erst gebildet wurden, deren Gegenstände vorher anders oder auch nur umständlich beschrieben werden konnten *[Dainville, 1964]*.

Ein schönes Beispiel für diese Ausführungen findet man beim Stichwort *„FINES“ (Grenzen)*: Man solle unbedingt die Herkunft bzw. die Absicht des Geographen beachten, denn er erweitere bisweilen die Grenzen seines Herrschers. Es gäbe unterschiedliche Grenzen. Die am besten festgelegte sei die am Meer. Auch Flüsse stellten gute Grenzen dar. Allerdings sei manchmal fraglich, zu welchem Ufer eine Insel gehöre. Er habe ein Haus am Ufer der Seine gesehen, nahe einem Dorf der Diözese Rouen, das auf einem kleinen Landvorsprung lag, zu dem man das ganze Jahr trockenen Fußes habe gehen können; es habe deshalb den Anschein gehabt, dass es zur Diözese Rouen gehöre. Weil aber alle Inseln im Fluss zur Diözese Chartres gehörten und dieses Haus während des Winterhochwassers vom Wasser umgeben gewesen sei, schien es die Diözese gewechselt zu haben. Nach mehrjährigen Streitigkeiten habe man kein anderes Mittel zur Lösung des Konfliktes gesehen, als das Haus abzureißen.

Zu *„LINGUÆ“ (Sprachen)* führt er an, dass damit oft dasselbe wie Nationen gemeint sei. Die Spanier versuchten z. B. im Augenblick alles, um die Kastilische Sprache in ihren Besitzungen in Amerika als Muttersprache einzuführen.

Interessant ist auch sein Hinweis auf die italienischen kirchlichen Verhältnisse: Die Italiener hätten die Zahl ihrer Bistümer vervielfacht, um mehr Stimmen im Konzil zu erlangen. Auch könne man z. B. aus dem Bistum Konstanz, dem größten des Deutschen Reiches, mehrere machen. Da die Grenzen der Bistümer sehr beständig seien, würden sie von den Geographen gern verwendet, da sie generell beständiger als politische Grenzen seien, die oft verändert worden seien. Das Gleiche gelte auch für die Pfarrbezirke, die ebenfalls stabiler seien und weiter in die Vergangenheit zurückreichten. Mehrere Päpste, z. B. SIXTUS V. (1521-1590), GREGOR XIII. (1502-1585) und CLEMENS VIII. (1536-1605) hätten die Bischöfe aufgefordert, vor ihrer Ernennung ausführliche, alphabetisch geordnete geographische Beschreibungen ihrer Diözesen nach Rom zu senden. Er habe im Archiv dort große Bände gesehen.

Zur Darstellung von Gebirgen sagt er: Generell solle man große Sorgfalt aufwenden, um den Verlauf exakt wiederzugeben, da diese Gebirge oft von der Vorsehung gegebene Grenzen von Völkern und Königreichen seien. Außerdem könne sich der Name des Gebirges im Verlauf durch die Provinzen ändern, wie z. B. beim Taurusgebirge.

Besonders bemerkenswert ist LUBINS Bemerkung zum Stichwort *„SYLVA“ (Wald)*: Das alte Germanien sei ganz von Wald bedeckt gewesen, sagten die antiken Autoren. In den weniger dicht besiedelten Gebieten gäbe es mehr Wald; die göttliche Vorsehung habe in den kalten Gegenden mehr Bäume gepflanzt, damit die Bewohner Holz zum Heizen hätten und das Feuer die Kälte mildere (!).

Beim Stichwort *„MONETA“ (Münzstätte)* erwähnt er, dass es in der Römerzeit Münzprägung in Narbonne, Köln, Trier, Lyon und anderen Städten gegeben habe, was eine große Ehre für diese Städte gewesen sei. In Frankreich gäbe es gegenwärtig 23 solcher Orte, die den 23 Buchstaben des Alphabetes entsprächen.

Als Beleg für seine Reiseerfahrungen kann man seine Bemerkungen zu *„MUTATIO“ (Station zum Pferdewechsel)* ansehen, die in Italien in der Regel 9-10 Meilen voneinander entfernt seien, und zu *„LAPIS“ (Stein)*: Die römischen Straßen seien in 1.000-Schritt-Abstände unterteilt, dort seien jeweils Steine aufgestellt; er habe dies in Umbrien und um Perugia bemerkt. Einige Orte hätten gar keine anderen Namen als z. B. *„Am sechsten oder achten Stein“*.

Als richtige Einschätzung muss man den Hinweis beim Stichwort *„VIA“ (Weg, Straße)* ansehen: Nach PTOLEMÄUS bestehe die Geographie in der Kenntnis der Lage der Orte; sie sei dazu aber wohl durch die Kenntnis der Wege zwischen den Orten gelangt, nämlich durch die Itinerare der Römerzeit.

4. Die kartographischen Stichwörter und Bemerkungen

Sowohl in den der Kartographie zuzurechnenden Stichwörtern der letzten Gruppe, die mit den *„POLI“ (Pole)* beginnt, als auch bei einer Vielzahl der anderen Stichwörter spricht LUBIN fast alle Bereiche der damaligen Kartographie an. Auch hier fließen wieder deutlich seine praktischen Erfahrungen ein. Bei der Erläuterung am Anfang seines Werkes, dass es für die ebene Darstellung der Erdoberfläche verschiedene Methoden gäbe, so die Darstellung mit zwei Halbkugeln – die heute als Planiglobendarstellung bezeichnet wird –, als Planisphäre mittels der Quadratischen Plattkarte, in Herzform oder auch als polständiger Entwurf mit dem Pol im Mittelpunkt, bremst sich LUBIN: *„Meine Absicht ist es nicht, den Leser das Kartenmachen zu lehren, sondern sich der Karten zu bedienen, die schon gemacht sind“ [Lubin, 1678, S. 15]*.

Das sonst nur von Astrologen benutzte Wort Hemisphäre sei nach der Entdeckung Amerikas von den Geographen benutzt worden. Sie teilten seitdem die Welt in zwei Hemisphären ein, die bekannten Erdteile Afrika, Europa, Asien rechts und die neu entdeckten Amerikas links. Außer den Planisphären würden von den Geographen vier große Übersichtskarten der vier Teile der Welt gezeichnet: Europa, Afrika, Asien, Amerika.

Auch zum geodätisch-kartographischen „Grundgerüst“, dem Gradnetz mit den verschiedenen speziellen Kreisen des Netzes, zum Anfangs- oder Nullmeridian gibt es Bemerkungen: Die Spanier glaubten, dass Adam der erste König von Spanien gewesen sei; Gott habe die Sonne senkrecht über der alten Stadt Toledo angeordnet, d. h. dort liege ihrer Meinung nach der erste und älteste Nullmeridian. Allerdings sei 1634 von den in Paris versammelten Mathematikern der Nullmeridian durch die westlichste der Kanarischen Inseln, Ferro, vorgeschlagen worden; auch die antiken Geographen hätten den Nullmeridian auf diese Inselgruppe gelegt. LUBIN macht hier den Vorschlag, die Meridiane umgekehrt, d. h. von Ost nach West zu zählen; im Osten sei früher Mittag als im Westen. Eine Einteilung des Netzes in 15°-Abstände hätte den Vorteil, jeweils eine Stunde Zeitunterschied anzuzeigen. Man wüsste dann auch gleich, wieviel Uhr es in einer anderen Stadt sei, wenn man von 12 Uhr mittags in einer bestimmten Stadt ausgehe. Außerdem könne man auch für jedes Land einen eigenen Mittelmeridian durch die jeweilige Hauptstadt einführen.

Bei der Erläuterung von Länge und Breite weist er darauf hin, dass man durch die Beobachtung von Mondfinsternissen an verschiedenen Orten versucht habe, die Länge zu bestimmen, dies aber als zu ungenau angesehen werde. Jetzt habe die Akademie gesagt, dass man durch Beobachtung der Jupitermonde und ihrer Verfinsterungen, die im selben Augenblick auf der ganzen Hemisphäre zu sehen seien, die Längen sicher bestimmen könne. Bei der weniger mühevollen Bestimmung der Breite sei das Beobachtungsinstrument das Problem: Je nach Größe des Instrumentes sei die Genauigkeit größer oder kleiner: Selbst ein Mess- oder Ablesefehler von einem Haar bringe große Fehler; auch wenn die Astronomen dieselben Instrumente mit gleicher Sorgfalt für wiederholte Messungen nutzten, kämen unterschiedliche Ergebnisse heraus.

Im Zusammenhang mit der Diskussion der Länge der Meilen in verschiedenen Ländern bzw. Regionen desselben Landes weist LUBIN auf die Notwendigkeit einer Maßstabsangabe hin: Dies geschehe an einer freien Stelle der Karte durch eine Doppellinie, die in mehrere Abschnitte unterteilt sei, die jeweils Meilen entsprächen. Für die Geographen seien die unterschiedlichen Meilenlängen ein großes Problem. Da Reisende häufig Fehler hinsichtlich der ihnen bekannten Entfernungen auf den Karten feststellten, erschienen manche Karten ohne Maßstab. Als Notbehelf zur Ermittlung von Distanzen könne man in solchen Fällen die randlichen Breitengradangaben verwenden. LUBIN wünscht sich eine generelle Vereinheitlichung der Längenmaße, wobei ihm die Entsprechung von 1 Wegstunde = 1 Meile, wie man es in der Provence halte, gut geeignet erscheint. 20 solcher auch als *„Geometrische Meilen“* bezeichneter Längen à 1 Wegstunde entsprächen damit 1° Breite, ebenso 25 der von vielen Kartographen gebrauchten *„Lieues communes“*.

Geradezu ins Schwärmen gerät LUBIN bei den Stichwörtern *„MAPPA & TABULA“*. Obwohl sein Buch nur die Erklärung der Karten zum Ziel habe, müsse hier einmal mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, auf welch bewunderungswürdige Weise die Karten unserem

Geist sich vorzustellen erlaubten, in einem Augenblick alle Regionen der Erde durchqueren zu können.

Nach der Aufzählung der verschiedenen, der Größe des dargestellten Gebietes entsprechenden Karten und ihrer Orientierung mittels einer Windrose widmet LUBIN der Herstellung von Karten bzw. den Fehlern, die man immer wieder bemerken könne, größeren Raum.

Während Übersichtskarten durch Beobachtung von Länge und Breite angelegt würden, entstünden die Spezialkarten, also die Karten kleinerer Gebiete in größeren Maßstäben, durch das Messen von Winkeln und Wegstrecken in der Natur; wenn man aber die Werkstatt nicht verlassen wolle, könne man auch durch die Verwendung von Wegebeschreibungen (Itinerare) mit entsprechenden Anpassungen der Wegstrecken Karten entwerfen; so würden es gegenwärtig die Geographen machen, die für ihre Karten Berichte aus den Provinzen verwendeten.

Es hieße, den Leser zu täuschen, wenn man behaupte, dass es völlig korrekte Karten gäbe; man müsse ein Engel sein und alles von oben beobachten können, um völlig exakte Distanzen feststellen zu können. Diejenigen Karten müssten als die besten angesehen werden, die die wenigsten Fehler aufwiesen. Die Fehler auf den Karten rührten von drei Quellen:

- Erstens: Der Ignoranz des Autors; sie schadeten dem Ansehen der Geographie sehr; die Holländer und einige andere Ausländer kümmerten sich nicht um Fehler; frage man die Händler deswegen, sagen sie, es gäbe mehr Ignoranten als Weise, und die Mehrzahl derer, die Karten kaufen, könnten gar keine Unterschiede feststellen bzw. würden die Karten um so lieber kaufen, je billiger sie seien. Auch wenn er eine Liste der besten Geographen liefere, könne der Leser durch die Plagiate getäuscht werden, da Kartenhersteller oft nur berühmte Namen auf die Karte setzen würden.
- Die zweite Quelle seien fehlerhafte Berichte; mancher Geograph würde sich auch weigern, Orte auf die richtige Flussseite zu setzen, auch wenn er gerade von einer Reise durchs Land zurückkomme und es ganz genau wisse. Oft seien die Schreiber der Berichte auch gar nicht in der Lage, oder sie seien sogar hinterlistig: Sie wollen nicht, dass ihr Ort oder ihr Schloss auf der Karte zu finden ist, um z. B. die Einquartierung im Kriegsfall zu vermeiden oder Steuern zu sparen. Wolle man selbst an Ort und Stelle nachschauen, verursache das große Kosten und langen Atem für den Einzelnen. Man sagt, manche Leute wollten keinen Besuch des Nachbarn haben und würden deshalb völlig falsche Karten ihres Landes machen, um den Feind im Kriegsfall zu täuschen. Dies sei lächerlich, da jeder Quartiermeister eine exakte Karte des betreffenden Gebietes herstellen lassen könne.
- Drittens seien es Fehler der Kartenstecher selbst. Klagen vieler guter Geographen hätten ihn dazu gebracht, selbst das Stechen zu erlernen. GERHARD MERCATOR (1512-1594) habe die Karten seines PTOLEMÄUS auch selbst gestochen. HONDIUS (1573-1650), JANSSONIUS (1588-1664), DANCKERTS (um 1625-1680), VISSCHER (1618-1679), die BLAEUs seien nur einfache Stecher oder Händler; zwar gäbe es durchaus einige Karten bei ihnen, die unter den vielen kopierten gut seien. Es wäre zu wünschen, dass die Geographen selbst den Entwurf ihrer Karten auf Kupfer zeichneten und die Stecher dann nur das Werk vollendeten.

Ein weiteres Problem könne auch durch den Druck entstehen, das vor allem bei den kopierten Karten vorkomme: Da gedruckte Kupferstichkarten beim Trocknen bis zu einem halben Zoll kleiner würden, verstärke sich die Verkleinerung von Kopie zu Kopie; da sie proportional ist, müsse sie sich nicht unbedingt nachteilig auswirken, sofern sie voraus berechnet werde. Ein Weg, um herauszufinden, ob es sich bei einer Karte um eine Kopie handele, sei, nach Bezeichnungen zu suchen, die aus einer anderen Sprache stammten. Die Holländer als große „Kopisten“ schrieben oft einige Wörter in ihrer Sprache in die Karte. Generell sei bei der Suche nach zuverlässigen Karten zu raten, solche eines Einheimischen zu wählen.

Auch zur Kartengraphik äußert sich LUBIN an mehreren Stellen, z. B. ausführlicher unter *„CHARCTERES & PUNCTA“* zur Beschriftung der Karten. Die verschiedenen Schriften seien von den Geographen erdacht worden, um Verwirrung zu vermeiden. Mit kursiven Buchstaben würden die Namen der Flüsse geschrieben, wobei je nach Größe des Flusses die Beschriftung größer oder kleiner sei. Während auch die kleineren Orte kursiv beschriftet würden, wähle man für die Hauptorte römische Schrift. Ein Name gehöre in der Regel zum nächstliegenden Ort, er könne auch unter- oder oberhalb des Ortes auf der Karte stehen. Ländernamen würden in Versalien geschrieben. Generell seien zerschnittene Namen oft schwer zu finden. Besonders schlecht auszumachen seien quer über ein Gebiet laufende Namen: sowohl die Trennungen der Buchstaben als auch die Größe und Schrift seien oft schwer als zusammengehörig zu erkennen. Einzelne Buchstaben stellten Abkürzungen dar, z. B. *„P“* bedeute *„Principauté“ (Fürstentum), „D“ „Duché“ (Herzogtum), „C“ „Comté“ (Grafschaft), „M“ „Marquizat“ (Markgrafschaft)* oder *„Montagne“ (Gebirge), „B“* oder *„G“* stehe für *„Bai“* oder *„Golf“*, *„R“* oder auch *„Fl“* für *„Rivière“ (Fluss, Nebenfluss)* oder *„Fleuve“ (Fluss, Strom)* etc. Für verschiedene Frauen- und Männerklöster gibt er eine Liste mit den Abkürzungen an.

Zahlreiche Hinweise finden sich zu den Signaturen, so zur Darstellung von Meeresflächen, Flüssen und Grenzen, wobei er auf die Schwierigkeit verweist, im

Fluss verlaufende Grenzen bei dem Mangel an Platz richtig darzustellen. Bei Flüssen sei, wenn möglich, auf die eventuell vorhandenen Altläufe zu achten. Auch Waldsignaturen könnten Schwierigkeiten bereiten, da man die Art des dort vorhandenen Holzes – z. B. Bauholz oder Holz für Schiffsmasten – im Kupferstich nicht gut darstellen könne. Ein Behelf sei, eine Beschreibung hinzufügen. Behandelt wird auch die Darstellung von Bergen; Vulkane seien durch eine Flamme auf dem Gipfel gekennzeichnet.

Auf eine gelegentlich zitierte Bemerkung von LUBIN zu Signaturen sei in diesem Zusammenhang noch verwiesen, auf die Einzeichnung von Brückensignaturen mittels zweier paralleler Striche über den Fluss: Auf S. 301 seines Werkes steht: *„Aber ich weise darauf hin, dass man diesem Zeichen nicht immer glauben kann, denn ich habe mich an Stellen von Flüssen befunden, wo die Karte eine Brücke zeigte, es aber keine gab, sei es, dass es dort niemals eine gegeben hatte, sei es, dass sie zerstört war.“* Und er fügt hinzu, er wolle gerne eine genaue Karte über alle Brücken herstellen, wenn ihm nicht jemand zuvorkomme.

Aufmerksamkeit widmet LUBIN auch den Ortssignaturen. Größere Orte seien durch Haussignaturen, Städte zusätzlich mit einem oder mehreren Glockentürmen dargestellt; ein Adler neben der Signatur bedeute, dass es sich um eine deutsche Reichsstadt handele, ein Doppelkreuz weise auf eine Metropole hin, ein Bischofsitz werde durch ein Kreuz angezeigt. Um Klarheit bezüglich der Größe bzw. Bedeutung der Orte zu erreichen, schlägt er vor, analog der Einteilung der Sterne in sechs Gruppen durch die Astronomen auch die Orte einzuteilen: große Städte, mittlere und kleine Städte (wie PTOLEMÄUS es getan habe), Flecken, Dörfer und Burgen.

Und auch die Legende auf der Karte wird nicht vergessen: Darin würden die Zeichen erklärt, die ein Autor verwendet habe; wenn diese fehle, müsse der Leser selbst versuchen, die Zeichen zu unterscheiden.

An einer Vielzahl von Stellen in seinem Werk, manchmal fast reflexartig erscheinend, äußert LUBIN Wünsche nach Kartierungen jedweder Art: Siedlungen, antike Fundstellen, Grenzen u. a. sollten in Karten eingetragen werden. Sein Verlangen nach historischen Kartierungen aller Art, die frühere Zustände der Länder erkennen lassen und welche die Historiker bisher schuldig geblieben seien, erscheint angesichts seiner eigenen Kenntnisse und Aktivitäten plausibel. Bei den Erläuterungen zum Stichwort *„METALLUM“ (Grube, Mine)*, um nur ein besonders markantes Beispiel zu geben, wird er konkreter: Das Verlangen der Menschen nach Reichtümern ließen den Geographen als kriminell erscheinen, der in seinen Karten die bekannten Orte der Förderung nicht genau einzeichnen würde. LUBIN zeigt sich erstaunt, dass dieses große Interesse noch nicht dazu geführt habe, spezielle Karten zu zeichnen, in denen alle Bergwerke bzw. Vorkommen von Metallen oder Mineralien markiert seien mit Hinweisen, um was es sich jeweils handele. Solche Karten wären z. B. außerordentlich nützlich für Amerika, Deutschland und Schweden.

Während es sich bei den meisten der von ihm geäußerten Kartierungswünsche um zusätzliche Eintragungen in vorhandene (topographische) Karten handelt bzw. nicht klar ist, ob es sich bei der geforderten *„Handelskarte“* mit allen Handelsstädten und den entsprechenden Straßenverbindungen oder der *„Karte der bekannten Messen“* mit Eintragung von Namen und Terminen um Ergänzungen oder eine Darstellung auf separaten Karten handeln sollte, nimmt LUBIN mit der klaren Forderung nach der Kartierung z. B. wirtschaftlich bedeutender Vorkommen auf *„cartes singulières“*, d. h. also separaten thematischen Karten, einen für die Entwicklung der späteren Thematischen Kartographie wichtigen und auch von anderen Autoren gegen Ende des 17. Jahrhunderts geäußerten Wunsch auf *[Palsky, 1996, S. 31]*. Deren bekanntester Vertreter dürfte der berühmte Festungsbaumeister SÉBASTIEN LE PRESTRE DE VAUBAN (1633-1707) gewesen sein, der heute als Vater der französischen Regionalplanung angesehen wird *[Broc, 1974]* und gegen Ende des 17. Jahrhunderts thematische Kartierungen aller Art, die für die Entwicklung des Landes nützlich sein können, gefordert hat.

Wie *Palsky* gezeigt hat, kam es in Frankreich vor allem dann im 19. Jahrhundert zu einer Blütezeit der thematisch-kartographischen Darstellungen.[5] Der gelehrte Augustinerpater AUGUSTIN LUBIN kann sowohl durch seine umfassende Kenntnis der alten Sprachen, der Kirchengeschichte und der antiken Literatur – was vermutlich zu seinen mehrfach geäußerten Wünschen von historisch-geographischen Kartierungen vielfältiger Art im *„Mercure géographique“* beigetragen hat – als auch durch seine aus dem intensiven Studium einer großen Anzahl von Karten und aus eigener kartographischer Praxis gewonnenen Erfahrungen sicherlich zu den frühen Anregern auch der Thematischen Kartographie gezählt werden.

Die wenigen hier aufgeführten Beispiele aus der Vielzahl von geographisch-kartographischen Bemerkungen zu den Stichwörtern in LUBINs Werk lassen erkennen, dass LUBIN keine klare systematische Gliederung verwendet hat, wie dies dann in der Folgezeit der Fall war, so bei *Sansons „Einführung in die Geographie“*

[5] Übrigens gibt es heute in keinem anderen Land eine ähnlich große Zahl an kleineren oder größeren Ratgebern zum Entwurf von thematischen Karten wie in Frankreich *[Musall, 2004]*. Dies hängt natürlich auch mit dem hohen Stellenwert von thematischen Karten bei den Concours der französischen Hochschulen zusammen. Veröffentlichungen wie z. B. die *„Cartes en main. La cartographie aux concours“* von *Emmanuel Lézy und Alain Nonjon [1999]* mit der kartographischen Darstellung der weltweiten wirtschaftlichen Umbrüche in jüngerer Zeit scheinen in Deutschland (wie auch ein Blick in den SWB-Online-Katalog – http://swb.bsz-bw.de/ – zeigt) nahezu unbekannt zu sein.

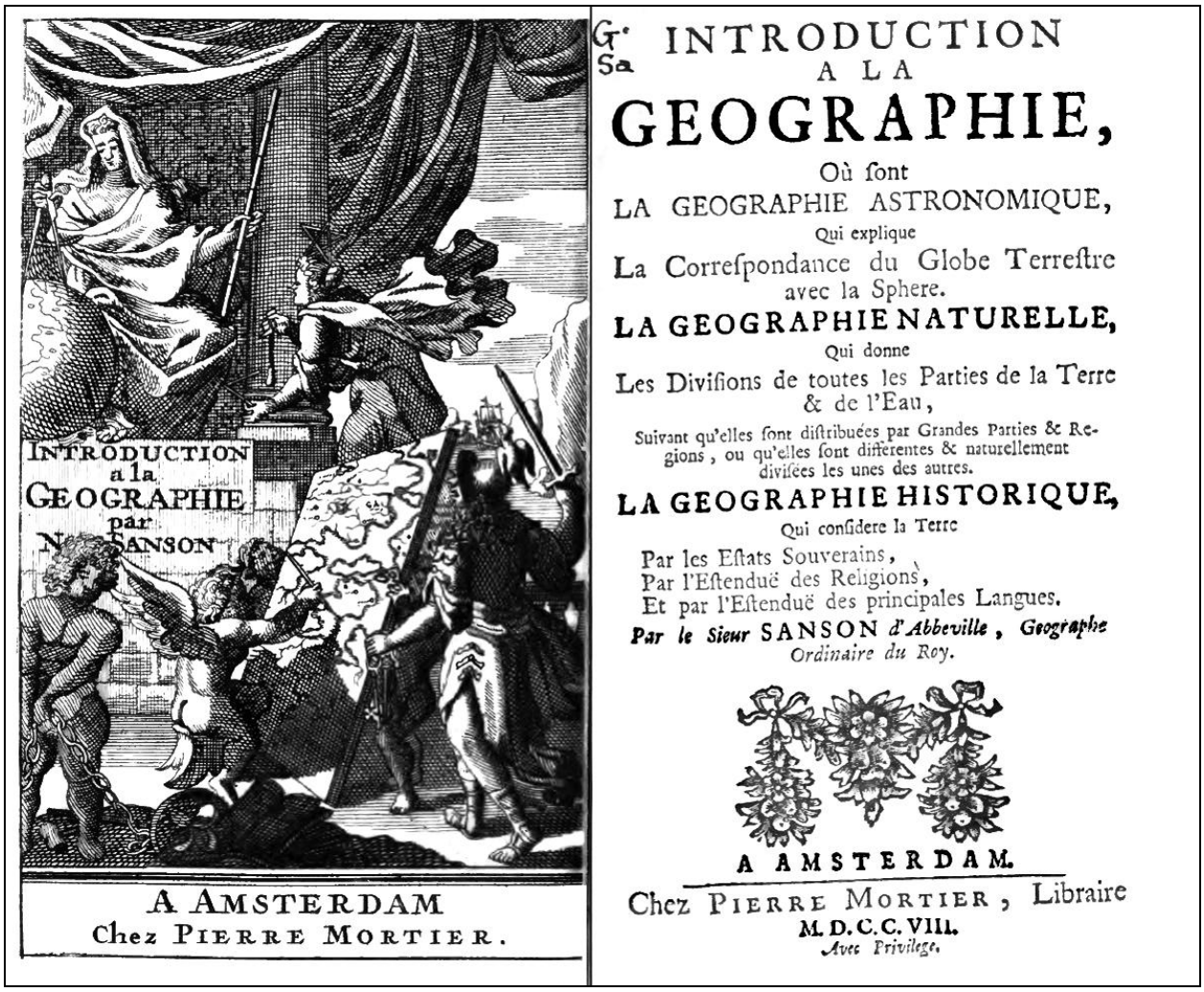


Abb. 3: *Titelseite der „Introduction à la Géographie" von Nicolas Sanson d'Abbeville [1708]*
aus: http://ia700607.us.archive.org/1/items/introductionla00sans/introductionla00sans.pdf – letzter Aufruf: 08.12.2011.

(Abb. 3), in der allerdings im Gegensatz zu LUBIN trotz eines eigenen Kapitels zum Gebrauch von Karten *(„De l'Usage des Cartes")* nur relativ wenige kartenkundliche Erläuterungen bzw. Hinweise enthalten sind. LUBINs Werk stellt zwar keine Kartenkunde im heutigen Sinn dar; sie bietet indessen – trotz mancher Mängel – eine erfrischende Lektüre für diejenigen, die einen Einblick in die Vorstellungswelt eines vielseitigen „Kartenfreundes" im 17. Jahrhundert bekommen wollen. Man kann LUBINS *„Mercure géographique"* damit hinsichtlich seiner vielseitigen kartographischen Anmerkungen in eine Reihe stellen mit *Eberhard David Hauber*, der in seiner Geschichte der Kartographie *[1988 (Reprint der Ausgabe 1724) und 1727]* neben die Auflistung der zu seiner Zeit bekannten Karten vielfach Bemerkungen zur Arbeit der Kartographen einschließlich zum Teil ausführlicherer Erörterungen – zum Beispiel über verwendete Längenmaße, Kopiergepflogenheiten und vieles andere – einfließen ließ, welche die Lektüre heute so unterhaltsam und zugleich aufschlussreich machen.

5. Literatur und Quellen

Broc, Numa [1975]: La géographie des philosophes. Géographes et voyageurs français au XVIIIe siècle. Ophrys, Paris, 595 S.
ISBN 2-7080-0413-1

Dainville, François de [1956]: Cartes anciennes de l'église de France. Historique – Répertoire – Guide d'usage. Bibliothèque de la Société d'histoire ecclésiastique de la France. Vrin, Paris, 323 S.

Dainville, François de [1964]: Le langage des géographes. Termes, signes, couleurs des cartes anciennes 1500-1800. Éditions Picard & Cie, Paris, 384 S.

Dainville, François de [1986]: La cartographie, reflet de l'histoire. Recueil d'articles présentés par Michel Mollat du Jourdin avec le concours de Lucie Lagarde, Marie-Antoinette Vannereau et Numa Broc. Slatkine, Genf/Paris. 489 S.
ISBN 2-05-100744-6

Hauber, Eberhard David [1727]: Nützlicher Discours :

Von dem gegenwärtigen Zustand der Geographie Besonders in Teutschland ; Nebst Einem Vorschlag zu noch fernerer Verbesserung derselben, ingleichem von der Wahl eines vollständigen und in rechter Ordnung verfaßten Außerlesenen Atlantis ; und Einer Verzeichnüß derer besten sowohl alter als neuer Land-Charten, sonderlich von Teutschland ; Deme angefügt Zusätze und Verbesserungen, Zu seinem Versuch einer umständlichen Historie der Land-Charten. Enthält außerdem: Zusätze und Verbesserungen, sowohl zu dem Abriß und Versuch einer umständlichen Historie der Land-Charten insgemein, Als der Vollständigen Historischen Nachricht, von denen Land-Charten, deß Schwäbischen Craises, deß Hertzogthums Würtemberg und Teck, und übriger in Schwaben gelegener Provintzien insonderheit. Daniel Bartholomäi, Ulm, 342 S.

Hauber, Eberhard David [1988]: Versuch Einer umständlichen Historie Der Land-Charten, Sowohl von denen Land-Charten insgemein, derselben ersten Ursprung, ihrer Beschaffenheit, unterschiedlichen Gattungen, mannigfaltigen Nutzen, noch habenden Fehlern, und nöthigen Verbesserungen, mit denen dahin gehörigen Schrifften; Als auch von denen Land-Charten eines jeden Landes insonderheit, deren Güte und Vorzüge, und wie selbige am füglichsten können gebraucht und illuminirt werden : Auß denen Zeugnüssen der alten und neuen Scribenten, und andern tüchtigen Gründen zusammen getragen ; Und nebst einer Historischen Nachricht von denen Land-Charten deß Schwäbischen Craißes, deß Herzogthums Würtemberg, wie auch andern in Schwaben gelegenen Herrschafften, mit verschiedenen Anmerckungen herauß gegeben Von M. Eberhard David Hauber, deß Hoch-Fürstl. Theologischen Seminarii zu Tübingen Repetenten. Daniel Bartholomäi, Ulm, 1724. Reprint, Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie, Karlsruhe, 368 S.
ISBN 3-89063-404-4

Lézy, Emmanuel / Nonjon, Alain [1999]: Cartes en main. La cartographie aux concours. Ellipses-Marketing, Paris, 190 S.
ISBN 978-2-7298-5744-8

Lubin, Augustin [1678]: Mercure géographique, ou, Le guide du curieux des cartes géographiques. Christophle Remy, Paris, 436 S.
http://books.google.ch/books/about/Mercure_geographique_ou_Le_guide_du_curi.html?id= rwhDAAAAcAAJ
letzter Aufruf: 03.11.2011.

Musall, Heinz [2004]: Wissen, wie man eine thematische Karten macht. Französische Anleitungen zum Herstellen einfacher thematischer Karten. In: *Kern, Hans F. (Hrsg.):* 50 Jahre Sektion Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V.. Festschrift. Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe A, Kartographie und Geographie, Band 16. Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Geoinformationswesen, Karlsruhe, S. 192-200.
ISBN 3-89063-018-9

Palsky, Gilles [1996]: Des chiffres et des cartes. Naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siècle. Mémoires de la Section de Géographie Physique et Humaine, Band 19. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris, 331 S.
ISBN 2-7355-0336-4

Palsky, Gilles [1998]: Origines et évolution de la Cartographie Thématique (XVII^{e}-XIX^{e} siècles). In: Revista da Faculdade de Letras, Geografia, Série I, Vol. XIV. Universidade do Porto, S. 39-60.
http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/1607.pdf
letzter Aufruf: 04.11.2011.

Pastoureau, Mireille [1984]: Les Atlas Français, XVIe-XVIIe siècles. Répertoire bibliographique et étude. Avec la collaboration de Frank Lestringant pour l'„Insulaire“ d'A. Thevet. Bibliothèque Nationale, Département des Cartes et Plans, Paris, 695 S.
ISBN 2-7177-1686-6

Sanson d'Abbeville, Nicolas [1708]: Introduction à la Géographie, où sont la Géographie astronomique, qui explique La Correspondance du Globe Terrestre avec la Sphère. La Géographie naturelle, qui donne Les Divisions de toutes les Parties de la Terre & de l'Eau, Suivant qu'elles sont distribuées par Grandes Parties & Regions, ou qu'elles sont differentes, Et Naturellement divisées les unes des autres. La Géographie Historique, qui considère la Terre Par les Estats Souverains, Par l'Estenduë des Religions, Et Par l'Estenduë des principales Langues. Mortier, Amsterdam, 252 S.
http://ia700607.us.archive.org/1/items/introductionla00sans/introductionla00sans.pdf
letzter Aufruf: 08.12.2011.

Walravens, Hartmut [1991]: Father Verbiest's Chinese World Map (1674). In: Imago Mundi, The International Journal for the History of Cartography, 43. Jhrg., Heft 1, Abingdon, S. 31-47.
ISSN 0308-5694

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Heinz Musall

Bammentaler Str. 39, D-69251 Gaiberg bei Heidelberg

E-Mail: musall-gaiberg@t-online.de

Tumasch Reichenbacher

Kartographie in der mobilen digitalen Welt

Zusammenfassung

Die technologischen Entwicklungen des Internets und der mobilen Telekommunikation haben für die Kartographie neue Möglichkeiten eröffnet. Dazu gehören mobile Karten, die Nutzer bei raumbezogenen Entscheidungen und Aufgaben unterstützen sollen. Die Kartendarstellung auf mobilen Geräten ist mit etlichen Herausforderungen verbunden. Lösungsansätze umfassen die gezielte Generalisierung und Adaption des Karteninhaltes sowie Filterung. Anhand eines Beispieles wird die Bewertung und Filterung relevanter Information sowie deren geeignete kartographische Aufbereitung veranschaulicht.

Summary

Technological advances in the last two decades offered ample potential for cartography. Yet, the small display is a challenge for map representations. Most current solutions suffer from cluttered maps of high complexity. This is especially valid for mobile map representations where considering the relevance of information in specific usage situations would improve the utility of the information portrayed. An example of filtering information based on geographic relevance and its appropriate cartographic visualisation demonstrates this approach.

1. Einführung

Mit der Einführung mobiler Telekommunikationsnetze und Mobiltelefonen in den 1990er Jahren erschloss sich der Kartographie erstmals die Möglichkeit, digitale Kartenrepräsentationen auch Menschen, die sich frei im Raum bewegen, anzubieten. Bislang waren die im Laufe der Digitalisierung der Kartographie, die hauptsächlich in den 1970er und 1980er Jahren stattfand, erfolgten Neuerungen in der Kartenproduktion, -präsentation und -nutzung nur an Computern mit festem Standort möglich. Selbiges galt auch für die Internetkartographie, d. h. der Verbreitung von Karten im bzw. mittels des Internets.

Die Veränderung der Methoden und Techniken – ausgelöst durch den Fortschritt übergeordneter oder zugrundeliegender Technologien – ist nichts Neues in der Kartographie. Man denke etwa an die Erfindung des Buchdruckes, des Kupferstiches, der Photographie oder des digitalen Computers. So wie im Nachhinein die Veränderungen der Kartographie durch diese Meilensteine untersucht wurden, sollen nun auch mit diesem Aufsatz nach gut zehn Jahren dieser letzten technologischen Veränderung die Auswirkungen auf die Disziplin der Kartographie betrachtet und analysiert werden sowie ein Fazit gezogen werden.

Mobilität bedarf normalerweise immer einer Form räumlichen Wissens, um sich im Raum zu orientieren, zurechtzufinden und zu navigieren. Dieses Wissen kann vorgängig erworben werden und dann mobil abgerufen und angewendet werden, oder es kann mittels externer Repräsentationen des Raumes (z. B. Karten) bei Bedarf abgerufen und angewendet werden, wobei der Form und Qualität der Repräsentation entscheidende Bedeutung zukommt.

Bei der traditionellen, analogen Kartographie gibt es unterschiedliche Typen von Raumrepräsentationen, etwa Atlanten, Übersichtskarten, großmaßstäbige topographische Karten oder Stadtpläne, die für den Erwerb unterschiedlichen räumlichen Wissens besser oder schlechter geeignet sind. Dabei besteht eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten, aber auch Formfaktoren. Stationär werden eher Atlanten oder großformatige Stadtpläne verwendet; unterwegs werden kleine Klappkarten, Autoatlanten in Buchformat oder Taschenpläne genutzt.

Übertragen auf die digitalen Karten auf mobilen Kartenträgern sehen wir aber nur eine geringe Bandbreite an Kartenformen. Der Formfaktor ist durch die Miniaturisierung der Geräte und damit der Bildschirme gegeben.

Dies alleine erklärt aber noch nicht die beinahe schon „Einheitskartographie“ zu nennenden mobilen Karten, die, ob *Google Maps* oder *OpenStreetMap*, alle einander und ihren Entsprechungen als Internetkarten stark gleichen.

2. Historische Entwicklung der mobilen Kartographie

Während die Digitaltechnik und damit die Digitalisierung kartographischer und geographischer Informationen bereits in den 1970er und vor allem in den 1980er Jahren drastische Änderungen insbesondere für die Kartenproduktion bedeutete, erfolgte mit der kommerziellen/öffentlichen Verbreitung und Nutzung des Internets Anfang der 1990er Jahre ein weiterer Sprung für die

Kartographie. Durch das Internet eröffneten sich vorab für die Dissemination von Karten ganz neue Wege. Nun war es möglich, Karten einer großen Masse an Nutzern gleichzeitig, global, schnell und billig zur Verfügung zu stellen. Auch wenn die ersten Internet-Karten als statische Bilddateien kodiert waren, konnten sie relativ einfach aktualisiert werden. Ein weiterer Schritt, der als Konsequenz der Digitalisierung möglich gemacht wurde, war die Einführung sogenannter *Mapserver*. Der erste Mapserver, der *Map Viewer*, wurde von 1993 bis 1997 vom *Xerox Corporation's Palo Alto Research Center (PARC)* betrieben *[Davis, 1995]*. Er erlaubte das Festlegen einer bestimmten Projektion, Symbolisierung und eines Kartenausschnittes. Die Bedeutung dieser Technologie war und ist beeinflussend für die Kartographie. Das Internet stellt nicht bloß einen neuartigen Vertriebskanal für Kartenprodukte dar, sondern leitete einen Übergang von reinen Kartenprodukten für eine größere Zahl von Nutzern hin zu Kartendiensten ein, die für einen einzelnen Nutzer basierend auf dessen Vorgaben zu beliebigen Zeiten eine Kartendarstellung erzeugen und liefern.

Bezüglich der mobilen Nutzung von digitalen Karten können Fahrzeugnavigationssysteme sowohl als Vorläufer als auch als spezielle Form mobiler Karten betrachtet werden. Das vermutlich erste Fahrzeugnavigationssystem, das mit einer Kartendarstellung operierte, war das im Jahre 1985 von der kalifornischen Firma *ETAK* eingeführte System *Navigator [Mark et al., 1987]*. Die Kartendarstellung, eine monochrome Vektorgraphik, bewegte sich mit der Bewegung des Fahrzeuges, die mittels eines digitalen Kompasses und Radsensoren durch *map-matching augmented dead reckoning* bestimmt wurde. Neuere Systeme nutzen seit der Ausschaltung der *selective availability* durch das US Verteidigungsministerium im Jahr 2000 zur Navigation nur noch GPS.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts kamen zudem die ersten GPS-Handempfänger auf den Markt, die über eine einfache Kartendarstellung verfügten (z. B. *Garmin eTrex Summit*). Obwohl diese Geräte im Gegensatz zu herkömmlichen GPS-Empfängern die eigene Position, Routen und Wegpunkte auf einer einfachen Vektorkarte darstellen konnten, waren sie hauptsächlich auf die Positionsbestimmung mittels GPS und das Navigieren mit Kursrichtung und Entfernung spezialisiert. Zudem waren diese Geräte nicht mit dem Internet verbunden. Wegpunkte, Routen und Karten mussten offline über die Verbindung mit einem Computer vom und zum Gerät übermittelt werden.

Die entscheidende technologische Voraussetzung für mobile Karten lieferte erst die mobile Datenübertragung, die sich wiederum auf die Mobiltelefonie abstützte. Die ersten volldigitalen Netze und Mobiltelefone, die auf dem GSM-Standard *(Global System for Mobile Communications)* basieren, wurden Anfang der 1990er Jahre aufgebaut. Diese auch *„2G"* genannten Netze boten und bieten neben der Telefonie auch die Möglichkeiten der mobilen Datenübertragung. Allerdings sind die Übertragungsraten mit 9,6 kbit/s recht gering. Für GSM wurden Ende der 1990er Jahre die ersten Mobiltelefone vermarktet, die das mobile Internet über den WAP-Standard *(Wireless Application Protocol)* implementierende Browser ermöglichten; allerdings setzte sich diese Technologie aufgrund anfänglich niedriger Datentransferraten und hoher Kosten nicht durch. Später kamen verschiedene Erweiterungen zur Steigerung der Datentransferraten hinzu. Diese oftmals *„2.5G"* genannten Standards umfassen GPRS (~ 60 kbit/s) und EDGE (~ 217 kbit/s).

Die nächste Phase in der Mobilfunktechnologie wurde mit der Einführung des *„3G"* Standards eingeläutet. Mitte der 2000er Jahre wurden UMTS-Netze *(Universal Mobile Telecommunications System)* aufgebaut, die eine mobile Datenübertragung von bis zu ~ 384 kbit/s erlauben. Eine Weiterentwicklung stellt das auch als *„3.5G"* oder *„3G+"* bezeichnete HSDPA *(High Speed Downlink Packet Access)* mit Datentransferraten bis zu 7,2 Mbit/s dar.

Für die mobile Kartographie und Location Based Services (LBS) (siehe weiter unten) waren unter anderem Mobiltelefone mit eingebauten GPS-Chips für den Empfang der GPS-Signale und damit zur Positionsbestimmung (z. B. das *Benefon Esc!* von 1999) sowie Mobiltelefone mit Farbbildschirmen (z.B. das *Ericsson T68* von 2001) relevant. Diese Geräte der ersten Generation hatten jedoch noch sehr kleine Displays von geringer Auflösung und Größe (z. B. *Ericsson T68:* Display mit 256 Farben und 101×80 Pixel Auflösung). Auch bezüglich der Interaktionsformen entwickelten sich die mobilen Geräte weiter. Waren die ersten Geräte ausschließlich über Tasten bedienbar, kamen berührungssensitive, mit einem Stift bedienbare Displays hinzu, die mittlerweile auch direkt mit den Fingern bedienbar sind. Weitere relevante technische Bausteine sind Sensoren aller Art, wie etwa digitaler Kompass, Gyrosensor, Beschleunigungssensor oder Annäherungssensor.

Relativ früh sahen Kartographen die Möglichkeiten dieser beschriebenen Technologieentwicklungen als eine logische Weiterentwicklung der Internetkartographie. *Gartner [2000]* beispielsweise beschrieb schon früh eine auf Telekommunikation abstützende Kartographie: *„Als TeleKartographie kann man demzufolge den Austausch und die Übermittlung von raumbezogenen Informationen durch kartographische Produkte bezeichnen, die mittels mobiler Abfrage- und Ausgabegeräte erschlossen oder angefordert und mittels Nachrichtentechnik übermittelt werden."* Lag anfänglich der Fokus – wie in der Definition von TeleKartographie erkennbar – vor allem auf der Übertragungstechnik, d. h. der Übertragung von Internetkarten auf mobile Geräte, so wurde später auch den speziellen Anforderungen an die Kar-

tengestaltung für mobile Geräte Bedeutung zugemessen *[Gartner/Uhlirz, 2001; Reichenbacher, 2001b]*.

Beinahe zeitgleich entstanden sogenannte **Location Based Services** (LBS). Diese Dienste stellen Nutzern abhängig von ihrer Position (d. h. der Geräteposition) gezielt selektierte oder gefilterte Information zur Verfügung. In aller Regel werden dabei Informationen, die sich innerhalb einer bestimmten Distanz von der Nutzerposition befinden, selektiert. Eine der treibenden Kräfte für die Einführung von LBS war die *U.S. Federal Communication Commission [2011]*. Diese verlangte 1999 von den Netzwerkbetreibern in den USA, dass sie in der Lage sein müssen, eingehende Notrufe zu lokalisieren.

LBS wurde vor allem durch die Industrie vorangetrieben, in der großen Hoffnung, damit endlich die sogenannte *„Killer Application"* für die UMTS-Netze gefunden zu haben. So entstand 1994 eine Arbeitsgruppe für LBS innerhalb der *Open Mobile Association [Khurri/Luukkainen, 2009]*. Der richtige Durchbruch für LBS erfolgte erst mit der Verbreitung sogenannter Smartphones mit integriertem GPS, vor allem mit dem *„iPhone"* und mit den Android Smartphones.

3. Problematik der mobilen Kartendarstellung

Dass die genannten technologischen Entwicklungen ein großes Potential für die Kartographie darstellen und zugleich auch ein Teil der Lösung für die durch sie geschaffenen Probleme sein können, wurde durch den Begriff und einen neuen Teilbereich der Kartographie, die **mobile Kartographie,** beschrieben *[Reichenbacher, 2001a]*. Bei der mobilen Kartographie geht es um die gezielte Gestaltung von Karten für mobile Geräte und die Anpassung an Ressourcenbeschränkungen aufgrund der Mobilität (v. a. der Bildschirmgröße) sowie den Nutzungskontext. Ziel ist, den Nutzer im Alltag unterwegs bei raumbezogenen Problemen oder Entscheidungen zu unterstützen (z. B. Auswahl von Standorten, Wegfindung, Verkehrsinformationen, etc.). Betrachtet man Karten für mobile Geräte heute, muss man feststellen, dass die Mehrheit überhaupt nicht an die mobilen Gegebenheiten angepasst sind. Weder der mobile Nutzungskontext noch die kleine Darstellungsfläche werden bei der Gestaltung berücksichtigt. Vielmehr werden Kartengraphiken von Papierkarten und/oder Webkarten unverändert übernommen.

Um die Problematik bei mobilen Karten besser zu verstehen, bedarf es zuerst einer kurzen Betrachtung der Besonderheiten von Karten als Repräsentation des geographischen Raumes und der Komplexität von Kartenrepräsentationen.

Karten und kartenverwandte Darstellungen als analoge, bildhafte Repräsentationen des geographischen Raumes bilden die räumliche Konfiguration des geographischen Raumes, d. h. Nachbarschaften, Distanzen, oder Richtungen, im Gegensatz zu verbalen oder symbolischen Repräsentationen intrinsisch und bildhaft ab *[Habel, 2003]*. Als externe Repräsentationen unterstützen diese kognitiven Artefakte die Kognition des geographischen Raumes und den Erwerb von Wissen über diesen Raum. *Habel [2003]* verdeutlicht, dass hierbei interne und externe Kognition sowie interne und externe Repräsentationen verwendet werden: *„maps are external representations used – in interaction with internal representations of the maps user – to solve problems with spatial or geographic character"*. Zudem weisen Karten nach *Peuquet [2002]* eine duale Natur auf: ihre **Struktur** ist algebraisch, eine Anordnung von Symbolen mit vordefinierter Bedeutung, geordnet nach einem System von positionalen Regeln von wechselseitigen Beziehungen. Die Karte ist zugleich ein **Bild**, mit Mustern von hell und dunkel, sowie Farbtönen etc.. Letzteres bezieht sich darauf, dass Karten erst einmal auch einfach ein Bild sind, das vom Nutzer über den Sehsinn wahrgenommen wird. Dabei spielen elementare visuelle Strukturen und Muster eine zentrale Rolle und somit also zwingenderweise die gewählte Kartengraphik.

Bezugnehmend auf mobile Karten bedeutet dies, dass die dargestellte Information oftmals unspezifisch ist. Es bedeutet auch, dass die Karten meist überladen und überfrachtet sind, das sogenannte Kartenbild unkonturiert wirkt. Dies führt in der Regel wiederum zu äußerst komplexen Kartenrepräsentationen, welche die Lesbarkeit und das Verständnis erschweren können. Die Komplexität von Karten wurde bereits mehrfach erforscht *[Castner/Eastman, 1985; MacEachren, 1982]*. Grundsätzlich ist die Komplexität von Karten zunächst einmal abhängig von den zu repräsentierenden Phänomenen, deren Zahl und Beziehungen untereinander. *Castner/Eastman [1985]* unterscheiden weiter zwei grundlegende Arten von Komplexität bei Karten: einerseits die visuelle oder Stimulus Komplexität und andererseits die funktionale oder intellektuelle Komplexität. Die visuelle Komplexität ist durch strukturelle und syntaktische Eigenschaften der Kartenzeichen beeinflusst, d. h. beispielsweise durch die absolute Anzahl der visuellen Elemente, deren relative Dichte, den graphischen Detaillierungsgrad (etwa Formkomplexität oder Anzahl der Grauwerte bzw. Farbtöne), die visuelle Struktur (Anzahl diskreter Objekte gegenüber verknüpften oder zusammenhängenden Objekten), das Vorkommen von Kartenschrift. Die intellektuelle oder funktionale Komplexität bezieht sich auf die intrinsische Komplexität der repräsentierten Phänomene bzw. deren Beziehungen untereinander. Diese Komplexität manifestiert sich bei der kognitiven Prozessierung des Karteninhaltes, also beim Verstehen der Karte in einem spezifischen Kontext *[Fairbirn, 2006]*. Man könnte diesen beiden Typen noch die semantische Komplexität hinzufügen. Diese bezieht sich auf die Anzahl unterschiedlicher Typen

oder Kategorien, die in einer Repräsentation vorkommen. Je mehr unterschiedliche Typen oder Kategorien in einer Repräsentation vorkommen, desto höher ist ihre semantische Komplexität. Umgekehrt ist eine Repräsentation einer riesigen Anzahl gleicher Typen visuell eher komplex, semantisch aber sehr simpel.

Für die Konstruktion und Anwendung räumlichen Wissens bei alltäglichen Aufgaben und Problemen ist die Komplexität der Karten – falls Karten dafür genutzt werden – maßgebend verantwortlich für das Verständnis der repräsentierten Information.

4. Ansätze zur Kartendarstellung auf mobilen Geräten

Ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der Lesbarkeit von mobilen Karten und der Reduktion der Komplexität ist eine starke Generalisierung des Kartenbildes. Spezifische Generalisierungsmaßnahmen für mobile Karten entwickelten unter anderen *Burghardt et al. [2003, 2004, 2005]* und *Edwardes et al. [2005]*. Die Anpassung des Karteninhaltes und der Kartengraphik an die verschiedenen Faktoren des Nutzungskontextes (z. B. Jahreszeit) wurde von verschiedenen Forschungsgruppen vorgeschlagen und prototypisch demonstriert *[Reichenbacher, 2004; Sarjakoski/Nivala, 2005]*. Einen ähnlichen Ansatz schlagen *Zipf/Richter [2002]* mit sogenannten Fokuskarten vor. Einen ersten formalen Ansatz zur Adaption mobiler Karten zeigen *Raubal/Panov [2008]* auf. Die Modellierung von Aktivitäten mobiler Nutzer im Rahmen der Handlungstheorie ermöglicht die gezielte Anpassung des Karteninhaltes und auch der Kartengestaltung an die Nutzeraktivität und ihre übergeordneten Ziele *[Reichenbacher, 2004; Huang/Gartner, 2008]*. Verwandt mit der Modellierung der Nutzeraktivität ist die Modellierung der raum-zeitlichen Erreichbarkeit. Die Zeitgeographie bietet dazu analytische Werkzeuge. Die Übertragung dieser Konzepte und die Anwendung auf LBS haben *Raubal, Miller und Bridwell [Raubal et al., 2004]* demonstriert. Somit ist es möglich, den Raum, der in einer bestimmten Zeit erreichbar ist, aber auch unter Einbezug der Dauer von Aktivitäten, die an bestimmten Orten ausgeführt werden sollen, zu bestimmen und die Information entsprechend anzupassen. Intensiv wurde in den vergangenen Jahren auch die Fußgängernavigation, vor allem unter Nutzung von Landmarken, erforscht; siehe etwa *Winter/Klippel, [2005], Winter et al. [2008]* und *Rehrl et al. [2010]*. Ebenso befassten sich einige Kartographen mit der Frage nach dem geeigneten Abstraktionsgrad von Repräsentationen für mobile Geräte. *Dillemuth [2005]* verglich in ihrer Studie Karten und Luftbilder, während *Jordi [2010]* Stadtplan und schematisierte Skizze verglich.

Wie bereits weiter oben ausgeführt ist die Informationsüberfrachtung ein Problem bei mobilen Karten. Zumeist liegt dies daran, dass zu viel unspezifische, wenig relevante Information dargestellt wird, die für den Nutzungskontext wenig nützlich ist. Ein Ansatz zum Angehen dieses Problems ist die Modellierung der **geographischen Relevanz** der zu repräsentierenden Information *[Reichenbacher, 2005, 2009; Raper, 2007]*. Damit lässt sich ein möglichst objektives Maß zur Filterung der Information heranziehen. Ansatzweise zeigen dies *Mountain/MacFarlane [2007]*, indem sie vier über die einfache Distanzfilterung von LBS hinausgehende Filter für mobile geographische Information vorschlagen: räumliche und zeitliche Nähe, Filterung in Abhängigkeit einer Vorhersage der Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit, sowie die Sichtbarkeit. *De Sabbata [2010]* diskutiert weitere Kriterien, die für die Beurteilung der geographischen Relevanz herangezogen werden können, z. B. Cluster, Richtung, Kollokation. Dieser Ansatz passt auch zur Theorie, dass spezifische räumliche Eigenschaften nur für die mentale Repräsentation ausgewählt werden, wenn sie für einen späteren Gebrauch relevant erscheinen oder wenn sie besonders herausstechen, während andere, weniger relevante oder saliente Informationen ignoriert werden *[Barkowsky, 2002]*.

Allerdings spielt nicht nur der Inhalt als solches, d. h. die relevanzbasierte Filterung eine Rolle, sondern auch die Informationsrepräsentation, die der mobilen Nutzungssituation angepasst sein sollte. Die explizite Repräsentation der geographischen Relevanz in mobilen Karten vermag als Abstraktion die externe Kognition *[Scaife/Rogers, 1996]* zu unterstützen. Die explizite Visualisierung der räumlichen Beziehungen, die Entlastung des Arbeitsgedächtnisses *(computational offloading)*, das Integrieren graphischer Beschränkungen (*graphical constraining*) und die Re-Repräsentation *[Scaife/Rogers, 1996; Crease/Reichenbacher, 2011]* können unter Umständen die Unterstützungsfunktion mobiler Karten bei räumlichen Entscheidungen und Aufgaben unterstützen.

Die gezielte Kodierung der relevanten Information mit geeigneten graphischen Variablen kann die visuelle Aufmerksamkeit von Nutzern gezielt auf diese lenken und so die Effizienz der visuellen Suche und auch der Verarbeitung der Information verbessern. Studien von *Swienty et al. [2008]* und *Garlandini/Fabrikant [2009]* zeigen, dass die von JACQUES BERTIN implizit vorgegebene Hierarchie der graphischen Variablen einer empirischen Überprüfung standhält.

Auf mehr technischer Ebene bedarf auch die Kartengraphik für mobile Karten einer besonderen Sorgfalt und einer gewissen Anpassung. *Brunner [2002]* weist in seinen Betrachtungen darauf hin, dass die Kartengraphik in ihrer heutigen Feinheit, wie wir sie typischerweise in topographischen Karten finden, auf die Zeit des Kupferstiches zurückgeht. *Brunner/Neudeck [2001]* zeigen mit ihren Arbeiten deutlich die Schwierigkeiten dieser Graphik mit den für die Darstellung von digitalen

notwendigen Bildschirmtechnologien auf. Diese verfügen allesamt über eine orthogonale Matrixstruktur, in die jede beliebige Graphikform eingepasst werden muss. Die typischen, dabei auftretenden Störeffekte sind Treppeneffekte. Runde Formen, mit der Bildschirmmatrix nicht kollineare Linien und Schriften zählen zu den anfälligsten Kartenelementen.

5. Beispiel für eine Anpassung der mobilen Kartengestaltung auf Grundlage der geographischen Relevanz

Wie weiter oben ausgeführt, ist die Filterung der relevanten Informationselemente ein gutes Mittel zur Reduktion der Komplexität mobiler Karten und zugleich zur Sicherstellung, dass die mobile Karte auch nützliche Information repräsentiert. Im Folgenden soll dieser Vorgang anhand eines Beispieles veranschaulicht werden. Das prinzipielle Vorgehen ist in *Swienty et al. [2008]* beschrieben. Nehmen wir an, ein Nutzer sucht ein Restaurant in der näheren Umgebung, um eine Mahlzeit einzunehmen. Das Restaurant sollte möglichst nahe eines Parkhauses gelegen sein, so dass das Restaurant mit dem Auto erreicht werden kann und der Weg vom Parkhaus zum Restaurant nicht allzu weit ist. Abb. 1 zeigt eine Kartendarstellung, die alle verfügbaren Informationen repräsentiert, auch solche, welche für diese Aufgabe bzw. Entscheidung wenig bis gar nicht relevant sind. Es werden etwa Tankstellen, Kinderspielplätze und Apotheken dargestellt. Das Resultat ist eine überladene, schwer lesbare Karte. Die relevante Information (Restaurants, Parkhäuser) ist zwar repräsentiert, geht aber im graphischen Durcheinander unter. Insgesamt heben sich die punktförmigen Symbole gut vom räumlichen Kontext, dem Kartenhintergrund, ab und sind leicht erkennbar.

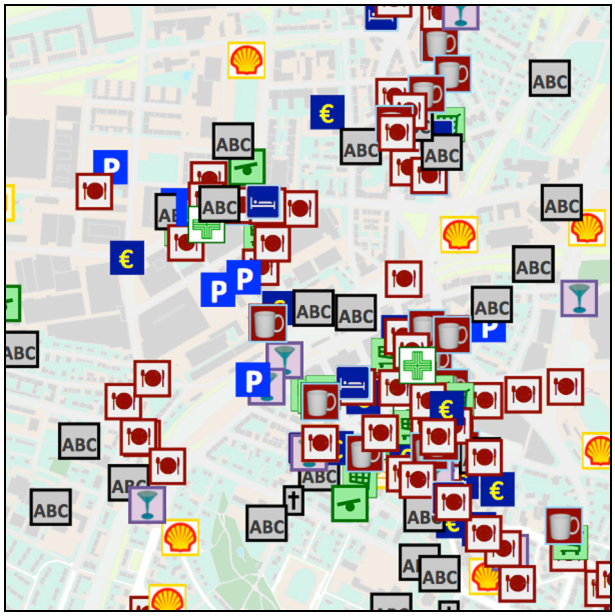


Abb. 1: *Ungefilterte Kartendarstellung.*
[© Grunddaten: Vermessungsamt der Stadt Zürich und Teleatlas]

In einem nächsten Schritt wird zur Erhöhung der Nützlichkeit, d. h. Relevanz der dargestellten Information die der in Abb. 1 zugrundeliegende Information gefiltert. Das Resultat ist eine um Informationseinheiten reduzierte Karte, die in diesem Beispiel nur noch die für die Zielsetzung relevante Information, Restaurants und Parkhäuser, zeigt (Abb. 2). Durch die Filterung wird somit die Anzahl der Kartenelemente verringert, was auch die visuelle Komplexität reduziert. Dies erleichtert zwar die visuelle Suche, aber die fokale Information (Restaurants und Parkhäuser) ist in Abb. 2 visuell nicht salient visualisiert, weil der Kontrast zwischen der räumlichen Kontextinformation (im visuellen Hintergrund) und der relevanten Information nicht sehr ausgeprägt ist.

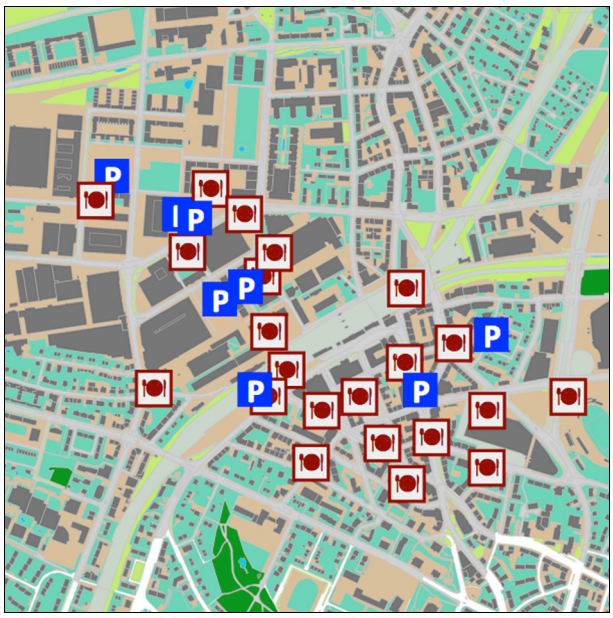


Abb. 2: *Relevanz-gefilterte Kartendarstellung ohne saliente Darstellung der relevanten Information.*
[© Grunddaten: Vermessungsamt der Stadt Zürich und Teleatlas]

Im letzten Schritt wird versucht, die Relevanz der gefilterten Information explizit und salient zu kodieren (hier mit der graphischen Variablen Transparenz; je transparenter, desto weniger relevant) und die weniger relevante, räumliche Kontextinformation eher unauffällig zu symbolisieren und in den visuellen Hintergrund zu stellen (Abb. 3). Die räumliche Kontextinformation soll zudem stark gefiltert werden, um die Anzahl der Elemente in der Repräsentation, die visuell prozessiert werden müssen, zu reduzieren. In diesem Beispiel wurde zur Komplexitätsreduktion jedoch semantisch generalisiert, indem die Anzahl der Kategorien für Grünflächen zu einer einzigen zusammengefasst wurde. So wird nicht nur die Zahl der Kartenelemente verringert, sondern die relevante Information ist auch salient visualisiert und ist somit rasch erfassbar und hoffentlich auch zu verstehen.

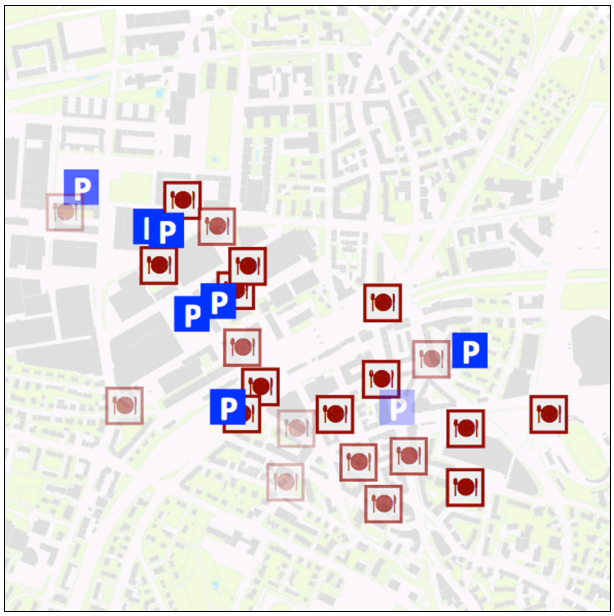


Abb. 3: *Relevanz-gefilterte Kartendarstellung mit expliziter Repräsentation und salienter Darstellung der relevanten Information.*

[© Grunddaten: Vermessungsamt der Stadt Zürich und Teleatlas]

Auch wenn zur Komplexitätsreduktion mobiler Karten eine starke Filterung der Information notwendig ist, sind dieser Reduktion, vor allem der Reduktion der räumlichen Kontextinformation, Grenzen gesetzt. Zu der Verortung, der räumlichen Zuordnung und dem Verstehen ist ein Minimum an räumlichen Referenzelementen, an räumlichem Kontext, notwendig. Ohne kontextuelle Information wird es sehr schwierig, eine konsistente Wissensstruktur aufzubauen, weil die Lücken zu groß sind. Als externe Repräsentation muss eine Karte kongruent mit der Umwelt und der kognitiven Karte (interne, mentale Repräsentation) sein. Als geeignete Richtschnur bei der Auswahl der notwendigen, zu repräsentierenden räumlichen Referenzinformation können etwa LYNCHS Elemente wie Pfade, Begrenzung, Viertel, Knoten, Landmarken *[Lynch, 1960]* oder fundamentale räumliche Konzepte wie Identität, Lage, Distanz, Richtung, Konnektivität, Grenzen, Form, Netzwerk oder Hierarchien *[Golledge, 1995]* dienen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Das letzte Jahrzehnt ist durch enorme technische Entwicklungen gekennzeichnet, die sich auch auf die Kartographie auswirkten. So gibt es mittlerweile eine Vielzahl von Anwendungen, die Nutzer im Alltag zuhause und unterwegs bei räumlichen Entscheidungen, raumbezogenen Aufgaben und geographischen Problemen unterstützen. Mobile Karten gehören für viele zur meistgenutzten Information des mobilen Internets. Auch wenn diese mobilen Karten meistens nur eine miniaturisierte Kopie von Internetkarten sind, unterstützen sie bereits heute mobile Nutzer ganz gut. Nichtsdestotrotz zeigen zahlreiche Forschungsbemühungen ein beträchtliches, noch nicht vollumfänglich ausgeschöpftes Potential mobiler Karten und Dienste. So wird mitunter versucht, mobile Karten besser auf den Nutzungskontext und mobile Aktivitäten von Nutzern anzupassen, die Komplexität mobiler Karten zu verringern, raum-zeitliche Analysen zu nutzen, Fußgänger bei der Navigation besser zu unterstützen oder die Relevanz der repräsentierten Information zu verbessern. Für Letzteres wurde anhand eines Beispieles gezeigt, wie die Relevanz der geographischen Information in Bezug auf eine spezifische Nutzungssituation als Basis für eine Informationsfilterung und eine kognitiv angepasste Visualisierung der relevanten Information und der räumlichen Referenzinformation dienen kann.

Weitere Forschung ist vonnöten, um die Filterung relevanter Information und Anpassung der Kartendarstellung zu formalisieren. Ebenso bedarf es weiterer Untersuchungen, wie viel und welche Art von räumlicher Referenzinformation es für welche Art von Aufgaben braucht und wie diese Auswahl eventuell automatisiert oder teilautomatisiert geschehen könnte. In Zusammenhang mit jüngsten Entwicklungen im Internet sollte auch das Zusammenspiel mit sozialen Netzwerken und Empfehlungsdiensten genauer analysiert werden. Auch der Visualisierung von Orten, die für Nutzer eine Bedeutung haben oder mit einzelnen oder kollektiven Erfahrungen verbunden sind, sollte vermehrt Bedeutung geschenkt werden.

7. Literatur

Barkowsky, Thomas [2002]: Mental Representation and Processing of Geographic Knowledge – A Computational Approach. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 174 S.
ISBN 3-540-00216-2
http://books.google.com/books?id=WmcL8S0-JOAC&dq=Mental+representation+and+processing+of+geographic+knowledge+%96+A+computa%ACtional+approach+2002&as_brr=3&ie=ISO-8859-1
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Brunner, Kurt [2002]: Limitierungen bei der Visualisierung von Geoinformation an Monitoren. In: Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik, 100. Jhrg., Heft 3, Villmergen, S. 142-145.
ISSN 0252-9424
http://www.geomatik.ch/fileadmin/download/2002/Fach/FA_3_2002_8.pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Brunner, Kurt / Neudeck, Stefan [2002]: Anforderungen an die kartografische Visualisierung von Geodaten. In: *Strobl, Josef (Hrsg.):* Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum

AGIT-Symposium Salzburg 2001. Wichmann, Heidelberg, S. 342-347.
ISBN 3-87907-372-4

Burghardt, Dirk / Edwardes, Alistair / Weibel, Robert [2003]: WebPark – Entwicklung eines mobilen Informationssytems für Erholungs- und Naturschutzgebiete. In: Kartographische Nachrichten, 53. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, S.58-64.
ISSN 0022-9164
http://www.webparkservices.info/Assets/WebPark_GIUZ_form.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Burghardt, Dirk / Edwardes, Alistair / Mannes, Jürg [2004]: An architecture for automatic generalisation of mobile maps. In: *Gartner, Georg (Hrsg.):* Location Based Services & TeleCartography. Proceedings on the Symposium 2004. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 66. Technische Universität Wien, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wien, S. 33-38.
ISSN 1616-3931
http://www.geo.uzh.ch/~aje/pdf/telecartography2004_draft.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Burghardt, Dirk / Edwardes, Alistair / Purves, Ross / Weibel, Robert [2005]: Automatische Generalisierung dynamisch generierter Karten für mobile Endgeräte. In: Kartographische Nachrichten, 55. Jhrg., Heft 3, Bonn-Bad Godesberg, S. 119-125.
ISSN 0022-9164
http://www.geo.unizh.ch/~burg/literatur/res/webpark_kn2005.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Castner, Henry / Eastman, Ronald J. [1985]: Eye-Movement Parameters and Perceived Map Complexity – II. In: The American Cartographer, 12. Jhrg. Heft 1, Washington, S. 29-40.
ISSN 0094-1689

Crease, Paul / Reichenbacher, Tumasch [2011]: Designing Usable Cartographic Representations of Geographic Relevance for LBS Users. In: Proceedings of the 25th International Cartographic Conference. Paris, France, 3-8 July 2011.
http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2011/
http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2011/Oral%20Presentations%20PDF/B1-Location%20based%20services%20and%20ubiquitous%20cartography/CO-073.pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Davis, Philip [1995]: The Xerox PARC map server: an interactive hypermedia map viewer. In: Database, 18. Jhrg., Heft 2, Wilton, S. 65-67.
ISSN 0162-4105

De Sabbata, Stefano [2010]: Criteria of Geographic Relevance. In: *Purves, Ross / Weibel, Robert (Hrsg.):* GIScience 2010. Sixth international conference on Geographic Information Science, Zurich, 14-17th September, 2010. Extended Abstracts Volume, GIScience 2010.
http://www.giscience2010.org/index.php?page=content
http://www.giscience2010.org/pdfs/paper_147.pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Dillemuth, Julie [2005]: Map Design Evaluation for Mobile Display. In: Cartography and Geographic Information Science, 32. Jhrg., Heft 4, Mount Pleasant, S. 285-301.
ISSN 1523-0406

Edwardes, Alistair / Burghardt, Dirk / Dias, Eduardo / Purves, Ross / Weibel, Robert [2005]: Geo-Enabling Spatially Relevant Data for Mobile Information Use and Visualisation. In: *Li, Ki-Joune / Vangenot, Christielle (Hrsg.):* Web and Wireless Geographical Information Systems. 5th International Workshop, W2 GIS 2005, Lausanne, Switzerland, December 15-16, 2005. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Band 3833. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 78-92.
ISBN 978-3-540-30848-5
ISBN 3-540-30848-2
http://www.geo.uzh.ch/~aje/pdf/edwardes_w2gis2005_clr.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Fairbirn, David [2006]: Measuring Map Complexity. In: The Cartographic Journal, 43. Jhrg., Heft 3, Leeds, S. 224-238.
ISSN 0008-7041
http://www.ingentaconnect.com/content/maney/caj/2006/00000043/00000003/art00004
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Garlandini, Simone / Fabrikant, Sara Irina [2009]: Evaluating the Effectiveness and Efficiency of Visual Variables for Geographic Information Visualization. In: *Hornsby, Kathleen Stewart / Claramunt, Christophe / Denis, Michel / Ligozat, Gérard (Hrsg.):* Spatial Information Theory. 9th International Conference, COSIT 2009, Aber Wrac'h, France, September 21-25, 2009, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science, Band 5756, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 195-211.
ISBN 978-3-642-03831-0
http://www.geo.uzh.ch/~sara/pubs/garlandini_fabs09.pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Gartner, Georg [2000]: TeleKartographie. In: Geo-Informations-Systeme (GIS), 13. Jhrg., Heft 4, Heidelberg, S. 21-24.
ISSN 0935-1523

Gartner, Georg / Uhlirz, Susanne [2001]: Cartographic Concepts for Realizing a Location Based UMTS Service: Vienna City Guide Lol@. In: Mapping the 21st Century. Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, Beijing, China, Band 5. S. 3229-3239.
ISBN 7-5030-1018-5

http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f25002.doc
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Golledge, Reginald [1995]: Primitives of Spatial Knowledge. In: *Nyerges, Timothy L. / Mark, David M. / Laurini, Robert / Egenhofer, Max J. (Hrsg.):* Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Cognitive Aspects of Human Computer Interaction for Geographic Information Systems, Palma de Mallorca, Spain, March 20-25, 1994. NATO Science Series D. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, S. 29-44.
ISBN 0-7923-3595-3

Habel, Christopher [2003]: Representational Commitment in Maps. In: *Worboys, Michael F. / Goodchild, Michael F. / Duckham, Matt (Hrsg.):* Foundations of Geographic Information Science. Taylor & Francis, London/New York, S. 69-93.
ISBN 0-415-30726-0
http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9780203009543.ch5
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Huang, Haosheng / Gartner, Georg [2008]: Using Activity Theory to Identify Relevant Context Parameters. In: *Gartner, Georg / Rehrl, Karl (Hrsg.):* Location Based Services and TeleCartography II. From Sensor Fusion to Context Models. 5th International Conference on Location Based Services and TeleCartography, 2008, Salzburg. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 35-45.
ISBN 978-3-540-87392-1
ISBN 978-3-540-87393-8

Jordi, Philippe O. [2010]: Evaluation von Abstraktionsgraden in der Fussgängernavigation. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich, 99 S.

Khurri, Andrey / Luukkainen, Sakari [2009]: Identification of preconditions for an emerging mobile LBS market. In: Journal of Location Based Services, 3. Jhrg., Heft 3, London, S. 188-209.
ISSN 1748-9725
http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17489720903362306
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Lynch, Kevin [1960]: The image of the city. Publications of the Joint Center for Urban Studies. The Technologie Press / Harvard University Press, Cambridge, MA., 194 S.
ISBN 0-262-12004-6

MacEachren, Alan [1982]: Map Complexity: Comparison and Measurement. In: Cartography and Geographic Information Science, 9. Jhrg., Heft 1, S. 31-46.
ISSN 1523-0406

Mark, David M. / Gould, Michael D. / McGranaghan, Matthew [1987]: Computerized Navigation Assistance for Drivers. In: The Professional Geographer, 39. Jhrg., Heft 2, Philadelphia, S. 215-220.
ISSN 0033-0124
http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1111/j.0033-0124.1987.00215.x
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Mountain, David / MacFarlane, Andrew [2007]: Geographic information retrieval in a mobile environment: evaluating the needs of mobile individuals. In: Journal of Information Science, 33. Jhrg., Heft 5, London, S. 515-530.
ISSN 0165-5515 (print)
ISSN 1741-6485 (online)
http://jis.sagepub.com/content/33/5/515.full.pdf+html
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Peuquet, Donna J. [2002]: Representations of Space and Time. The Guilford Press, New York, 380 S.
ISBN 0-7923-3595-3

Raper, Jonathan [2007]: Geographic Relevance. In: Journal of Documentation, 63. Jhrg., Heft 6, Bradford, S. 836-852.
ISSN 0022-0418
http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=0022-0418&volume=63&issue=6&articleid=1636354&show=pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Raper, Jonathan / Gartner, Georg / Karimi, Hassan / Rizos, Chris [2007]: Applications of location-based services: a selected review. In: Journal of Location Based Services, 1. Jhrg., Heft 2, London, S. 89-111.
ISSN 1748-9725
http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/raper_etal2007b.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Raubal, Martin / Miller, Harvey / Bridwell, Scott [2004]: User-Centred Time Geography For Location-Based Services. In: Geografiska Annaler, Series B, Human Geography, 86. Jhrg., Nr. 4, Oxford, S. 245-265.
ISSN 0435-3684 / 0435-3676 (print)
ISSN 1468-0467 (online)
http://ifgi.uni-muenster.de/~raubal/Publications/RefJournals/raubal_miller_bridwell.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Raubal, Martin / Panov, Ilija [2008]: A Formal Model for Mobile Map Adaptation. In: *Gartner, Georg / Rehrl, Karl (Hrsg.):* Location Based Services and TeleCartography II. From Sensor Fusion to Context Models. 5th International Conference on Location Based Services and TeleCartography, 2008, Salzburg. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 11-34.
ISBN 978-3-540-87392-1
ISBN 978-3-540-87393-8

Rehrl, Karl / Häusler, Elisabeth / Leitinger, Sven [2010]: Comparing the effectiveness of GPS-enhanced voice guidance for pedestrians with metric-and landmark-based instruction sets. In: *Fabrikant, Sara Irina / Reichenbacher, Tumasch / Kreveld, Marc van / Schlieder, Christoph (Hrsg.):* Geographic Information Science, 6th International Conference, GIScience 2010, Zurich, Switzerland, September 14-17, 2010. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Nr. 6292, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 189-203.
ISBN 978-3-642-15299-3
ISBN 3-642-15299-6

Reichenbacher, Tumasch [2001a]: Adaptive concepts for a mobile cartography. In: Journal of Geographical Sciences, Supplement, Band 11, Peking, S. 43-53.
ISSN 1009-637X
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download/?doi=10.1.1.106.4698&rep=rep1&type=pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Reichenbacher, Tumasch [2001b]: The World in Your Pocket – Towards a Mobile Cartography. In Mapping the 21st Century. Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, Beijing, China, Band 4, S. 2514-2521.
ISBN 978-7-503-01018-7
ISBN 7-503-01018-5
http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f16005.DOC
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Reichenbacher, Tumasch [2004]: Mobile cartography-adaptive visualisation of geographic information on mobile devices. Verlag Dr. Hut, München, 175 S.
ISBN 3-89963-048-3

Reichenbacher, Tumasch [2005]: The importance of being relevant. In: Proceeding of the 22nd International Cartographic Conference 2005, 9-16 July A Coruña (Spain) – Mapping approaches into a changing world. International Cartographic Association (ICA), A Coruña, CD-ROM.
ISBN 0-9584609-3-0
http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2005/htm/pdf/oral/TEMA12/Session%203/TUMASCH%20REICHENBACHER.pdf
letzter Aufruf: 13.04.2012.

Reichenbacher, Tumasch [2007]: The concept of relevance in mobile maps. *In: Gartner, Georg / Cartwright, William / Peterson, Michael P. (Hrsg.):* Location Based Services and TeleCartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, S. 231-246.
ISBN 978-3-540-36727-7
ISBN 3-540-36727-6
ISBN 978-3-540-36728-4

Reichenbacher, Tumasch [2009]: Geographic relevance in mobile services. In: *Wilde, Erik / Boll, Susanne / Cheverst, Keith / Fröhlich, Peter / Purves, Ross / Schöning, Johannes (Hrsg.):* Proceedings of the Second International Workshop on Location and the Web (LocWeb 2009), Boston, Massachusetts, April 2009. ACM International Conference Proceeding Series, Band 370. Association for Computing Machinery (ACM), New York, S. 32-35.
ISBN 978-1-60558-457-7
http://delivery.acm.org/10.1145/1510000/1507146/a10-reichenbacher.pdf?ip=137.193.223.56&acc=ACTIVE%20SERVICE&CFID=67694650&CFTOKEN=64413065&__acm__=1320817693_ba6b37d7e716e3cde05668439fbab036
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Sarjakoski, Tiina / Nivala, Annu-Maaria [2005]: Adaptation to Context – A Way to Improve the Usability of Mobile Maps. In *Meng, Liqiu / Zipf, Alexander / Reichenbacher, Tumasch (Hrsg.):* Map-based Mobile Services: Theories, Methods and Implementations. Springer, Berlin/Heidelberg, S. 107-123.
ISBN 978-3-540-23055-7 (print)
ISBN 978-3-540-26982-3 (online)
http://lib.tkk.fi/Diss/2007/isbn9789512289431/article4.pdf
letzter Aufruf: 08.11.2011.

Scaife, Mike / Rogers, Yvonne [1996]: External cognition: how do graphical representations work? In: International Journal of Human-Computer Studies, 45. Jhrg., Heft 2, Amsterdam, S. 185-213.
ISSN 1071-5819
http://mcs.open.ac.uk/yr258/papers/externalcognition.pdf
letzter Aufruf: 09.11.2011.

Swienty, Olivier / Reichenbacher, Tumasch / Reppermund, Simone / Zihl, Josef [2008]: The Role of Relevance and Cognition in Attention-guiding Geovisualisation. In: The Cartographic Journal, 45. Jhrg., Heft 3, Leeds, S. 227-238.
ISSN 0008-7041

U.S. Federal Communication Commission [2011]: Enhanced 9-1-1 – Wireless Services. Washington. Online-Publikation.
http://transition.fcc.gov/pshs/services/911-services/enhanced911/Welcome.html
letzter Aufruf: 31.10.2011.

Willis, Katharine S. / Hölscher, Christoph / Wilbertz, Gregor / Li, Chao [2009]: A comparison of spatial knowledge acquisition with maps and mobile maps. In: Computers, Environment and Urban Systems, 33. Jhrg., Heft 2, New York/Frankfurt am Main, S. 100-110.
ISSN 0198-9715
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971509000064
letzter Aufruf: 13.04.2012.

Winter, Stephan / Klippel, Alexander [2005]: Structural salience of landmarks for route directions. In: *Cohn, Anthony G. / Mark, David M. (Hrsg.):* Spatial Infor-

mation Theory. International Conference, COSIT 2005, Ellicottville, NY, USA, September 14-18, 2005. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Band 3693. Springer, Berlin/Heidelberg/ New York, S. 347-362.
ISBN 978-3-540-28964-7
ISBN 3-540-28964-X
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download/?doi=10.1.1.60.8054&rep=rep1&type=pdf
letzter Aufruf: 11.11.2011.

Winter, Stephan / Tomko, Martin / Elias, Birgit / Sester, Monika [2008]: Landmark hierarchies in context. In: Environment and Planning, B: Planning and Design, 35. Jhrg., Heft 3, London, S. 381-398.
ISSN 0308-2164
http://www.geo.uzh.ch/~mtomko/publications/winter07landmark.pdf
letzter Aufruf: 11.11.2011.

Zipf, Alexander / Richter, Kai-Florian [2002]: Using Focus Maps to Ease Map Reading. Developing Smart Applications for Mobile Devices. In: Künstliche Intelligenz, 16. Jhrg. Heft 4, Berlin/Heidelberg, S. 35-37.
ISSN 0933-1875
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.11.4391&rep=rep1&type=pdf
letzter Aufruf: 11.11.2011.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Tumasch Reichenbacher
Aberlestr. 7, D-81371 München
E-Mail: tumasch.reichenbacher@geo.uzh.ch

Wolfgang Reinhardt

Zur Qualität und Usability von Geo Web Services

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird auf die aktuelle Entwicklung zur Bereitstellung von Geodaten und daraus abgeleiteten Produkten über Geo Web Services eingegangen. Insbesondere wird das Thema der Qualität von Geo Web Services beleuchtet. Dazu werden bekannte Ansätze zur Bewertung der Qualität von Geodaten zusammengefasst und einige Hinweise zu noch aktuellen Forschungsthemen in diesem Bereich gegeben. Im Folgenden wird das Konzept der Usability, das aus dem Bereich des Softwareengineering stammt, erläutert und in Beziehung zu Geodaten und Diensten gestellt. Der nächste Abschnitt befasst sich mit dem Begriff der Qualität von Services (QoS) und der Frage, wie diese beschrieben werden kann. Zum Abschluss wird die Frage nach dem noch vorhandenen Forschungsbedarf in diesem Bereich aus der Sicht des Autors behandelt.

Summary

This paper deals with the current situation related to Geo Web Services which is nowadays the standard scenario for the usage of geodata and for derived products. The main goal of this contribution is to discuss the available suggestions to reflect the Quality of these Services. Therefore the well known elements to describe the quality of geodata are summarized and some still open research issues related to this are outlined. After this the concept of usability and its meaning for the Geodata area as well as some related research results are introduced. This is followed by a description of an approach to describe the Quality of Web Services. The paper is concluded by a discussion of the current situation and some research issues for the near future are identified.

1. Einführung

Geodaten haben in den letzten zehn Jahren den Weg vom Spezialistenmarkt in den Massenmarkt vollzogen. Für uns Geodäten, Kartographen und Geoinformatiker mag es etwas schmerzlich sein, dass dies wohl primär durch den „Quereinsteiger“ *Google*, mit den Internet-Applikationen *Google Earth* und *Google Maps* angestoßen wurde, aber der Effekt, dass Geodaten nun auch für den normalen Bürger eine immense Bedeutung erlangt haben, ist wohl für unseren Berufsstand nur positiv zu werten. Kein Mobiltelefon, PDA oder anderes mobiles Gerät kommt mehr ohne Geodaten aus. Bereits im Jahre 2007 kaufte *Nokia* den Hersteller von Navigationskarten *Navteq*. Auch *Microsoft* und viele andere haben enorme wirtschaftliche Investitionen in die Beschaffung und Verarbeitung von Geodaten getätigt. Neben diesen hohen Investitionen der Wirtschaft in Geodaten ist die Tatsache, dass es heute Tausende von privaten „Geodatenerfassern“ gibt, die mit der *Open StreetMap (OSM)* einen Datenbestand geschaffen haben, der zumindest in Ballungsräumen von hoher Qualität, Aktualität und Detailierungsgrad ist, mindestens genauso bemerkenswert *[z. B. Neis et al., 2010]*.

Aber auch der Bereich der Spezialisten ist in Bewegung. Bereits seit längerer Zeit stellen auch die für Vermessung und Geoinformation zuständigen Verwaltungen Geodaten (zumeist Karten) über Internet-Viewer bereit, wie z. B. über den *BayernViewer*[1]. Dies wurde nochmal verstärkt durch die *INSPIRE* Initiative (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)[2] und insbesondere die Gesetze auf Bundes- (GeoZG, Geodatenzugangsgesetz, Februar 2009) und Landesebene (z. B. BayGDIG, Bayerisches Geodateninfrastrukturgesetz), denn diese verpflichten eine große Anzahl von öffentlichen Stellen, ihre Daten über Dienste bereit zu stellen!

Nun erwächst mit *INSPIRE* nicht nur die Verpflichtung für öffentliche Stellen, Geodaten durch Dienste zur Verfügung zu stellen, sondern auch, dies in einer bestimmten „Qualität“ zu tun. So wird z. B. festgelegt, dass für ein Bild mit 470 Kilobyte (800 x 600 Pixel mit einer Farbtiefe von 8 Bit) die Bereitstellungszeit bis zur ersten Antwort auf eine Anfrage an einen Darstellungsdienst in einer normalen Situation höchstens fünf Sekunden dauern darf *[European Commission, Initial Operating Capability Task Force Network Services, 2011]*.

Nun wird der geneigte Leser beim Begriff „Qualität“ (hoffentlich) aufmerksam, denn bisher hat er damit im Zusammenhang mit Geodaten andere Elemente verbunden als die Bereitstellungsgeschwindigkeit.

Daraus erfolgt die Motivation für diesen Aufsatz, in dem die aktuelle Situation bzgl. der Qualität im Zusammenhang mit Geodaten, speziell im Zusammenhang

[1] http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer2.0/index.cgi letzter Aufruf: 01.02.2012.

[2] http://inspire.jrc.ec.europa.eu/ – letzter Aufruf: 01.02.2012.

mit der Bereitstellung von Geodaten, beleuchtet wird. Dies soll nicht auf *INSPIRE* fokussiert sein, jedoch bildet *INSPIRE* offensichtlich den Anlass, und es erfolgen in diesem Papier auch noch einige „Seitenblicke“ auf die dort erfolgten Entwicklungen. Da sich unsere Gruppe seit Jahren mit unterschiedlichen Aspekten der Qualität von Geodaten, des Qualitätsmanagements und seit ca. zwei bis drei Jahren auch mit Aspekten der Qualität von Diensten beschäftigt, stehen naturgemäß häufig eigene Arbeiten im Fokus.

Vor diesem Hintergrund sollen in diesem Beitrag im Wesentlichen die folgenden Fragestellungen beleuchtet werden:

- Welche Aspekte sind bezüglich der Qualität zu betrachten, wenn wir nicht mehr nur die Daten an sich ansehen, sondern auch die Dienste und deren Akzeptanz und die Bewertung durch die Nutzer?
- Gibt es hierfür bereits allgemein akzeptierte Ansätze oder besteht noch Abstimmungs- oder Forschungsbedarf?

Da dieser Artikel für die Festschrift unseres lieben Kollegen und hoch geschätzten Kartographen KURT BRUNNER erstellt wurde, ein paar Worte zum Bezug zur Kartographie. Geodatendienste, im Weiteren auch als Geo Web Services bezeichnet, sind häufig auch kartographische Dienste, insbesondere wenn es um die verschiedenen Darstellungsdienste („viewing services“) geht. Die Bereitstellung von Geodaten über Dienste, primär im Internet, ist sicherlich zum heutigen Zeitpunkt eine der wichtigsten Aufgaben, in der Geoinformatiker und Kartographen erfolgreich zusammenarbeiten können.

Der weitere Aufbau dieses Papiers gestaltet sich wie folgt: Im nächsten Abschnitt wird kurz auf den aktuellen Stand von Geodatendiensten eingegangen. Nach einem knappen Überblick über die bekannten Elemente zur Bewertung der Qualität von Geodaten und einigen Anmerkungen zu noch aktuellen Forschungsthemen in diesem Bereich wird im Weiteren das Konzept der Usability, das aus dem Bereich des Softwareengineering stammt, erläutert und in Beziehung zu Geodaten und Diensten gestellt. Der folgende Abschnitt befasst sich mit dem Begriff der Qualität von Services (QoS) und der Frage, wie diese beschrieben werden kann. Zum Abschluss wird die Frage nach dem Forschungsbedarf in diesem Bereich aus der Sicht des Autors behandelt.

An dieser Stelle bitte ich auch die Sprachpuristen um Verständnis, dass es in diesem Aufsatz an einigen Stellen nicht möglich ist, auf Anglizismen zu verzichten. Wo immer möglich werden deutsche Begriffe benutzt, aber teilweise würde dies eher zur Verwirrung und Unklarheit beitragen; deshalb werden dort die englischen Begriffe im Original verwendet.

2. Geo Web Services

Geo Web Services sind Web Services, die den Zugriff auf oder die Verarbeitung von Geodaten ermöglichen. Eine besondere Klasse dieser Dienste stellen die *OGC Web Services (OWS)* dar, die durch das *Open Geospatial Consortium (OGC)*[3] standardisiert wurden und teilweise sogar den Status von ISO-Normen haben. Der bekannteste Vertreter dieser Dienste ist der *Web Map Service (WMS)*, mit dem über das Internet Karten bzw. Kartenausschnitte bereitgestellt werden können. Weitere Vertreter sind beispielsweise der *Web Feature Service (WFS)*, der Geoobjekte codiert in GML[4] liefert, der *OGC Catalogue Service*, mit dem Metadaten codiert in XML[5] bereitgestellt werden, sowie der *Web Coverage Service (WCS)*, der Coverages (Bilddaten, Gitterdaten, TINs[6]) liefert, um einige wichtige Vertreter zu benennen. Für diese *OWS* wurde u. a. auch eine Service Architektur definiert, in der z. B. das Auffinden von Geo Web Services dem Publish-Find-Bind Prinzip folgt. Dieses sieht vor, dass Services von den Providern zunächst mit Hilfe von XML-Dokumenten beschrieben und dass diese Beschreibungen in Registern veröffentlicht werden („publish“). Potentielle Nutzer können diese Beschreibungen dann über entsprechende Suchmaschinen finden („find“) und mit Hilfe dieser Beschreibungen die dahinterstehenden Services in ihre Anwendungen integrieren („bind“) und nutzen.

Bereits in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass durch die Einführung von sog. Geodateninfrastrukturen (GDI) wie auf europäischer Ebene *INSPIRE*, die Verpflichtung, Daten über Dienste bereitzustellen, stark zugenommen hat. Wie in *Lopez-Pellicer et al. [2011]* gezeigt, hat nicht nur die Verpflichtung stark zugenommen, sondern auch die Anzahl der in Europa zu findenden *OGC Web Services*; diese lag nach dieser Quelle im zweiten Quartal 2011 schon bei ca. 6.700! Fast 60% davon waren Kartendienste (WMS). Weitere Details, auch zum Suchverfahren, sind der genannten Literatur zu entnehmen. Die häufig in der Fachwelt geäußerte Vermutung, dass bereits eine große Anzahl solcher Dienste zu finden sei, bestätigt sich hiermit eindrucksvoll.

Zu erwähnen ist hier auch eine Reihe von Initiativen, die sich mit dem Test von Web Services beschäftigen. Dabei geht es beispielsweise um den Test von GDI-Anwendungsszenarien und die Übereinstimmung von Implementierungen mit der *INSPIRE*-Spezifikation. Beispiele hierfür finden sich bei der Fachhochschule Frankfurt[7] oder der Technischen Universität München[8]. In

[3] http://www.opengeospatial.org – letzter Aufruf: 01.02.2012.

[4] GML = Geography Markup Language.

[5] XML = Extensible Markup Language.

[6] TIN = Triangulated Irregular Network.

[7] http://www.gdi-testplattform.de/ – letzter Aufruf: 01.02.2012.

[8] http://www.rtg.bv.tum.de/index.php/projektarbeit2/laufende-projekte/575-inspire-gmes-demonstrationsplattform- letzter Aufruf: 01.02.2012.

der Arbeitsgruppe des Autors dieses Beitrages wurde eine Testplattform aufgebaut, in der verschiedene Eigenschaften von Diensten geprüft werden können. Darauf ist später zurückzukommen.

3. Qualität von Geodaten

Die Qualität von Geodaten stand in den 1990er Jahren im Mittelpunkt von Untersuchungen und Publikationen, beispielsweise sei hier auf *Caspary [1992]* und *Joos [2000]* verwiesen. Inzwischen liegen hier verschiedene ISO-Normen zum Thema vor (z. B. ISO 19113[9], ISO 19115[10]), in denen u. a. die folgenden Elemente definiert sind, mit deren Hilfe die Qualität von Geodaten beschrieben werden kann:

- Vollständigkeit,
- Logische Konsistenz,
- Positionsgenauigkeit,
- Thematische Genauigkeit,
- Zeitliche Genauigkeit.

Das Vorliegen der ISO-Normen lässt allerdings nicht den Schluss zu, dass das Thema Qualität von Geodaten kein Forschungsthema mehr wäre. Zu vielen Aspekten der Modellierung von Unsicherheit, der Berücksichtigung der Semantik, der Definition von Regeln für Integritätsbedingungen etc. wird noch intensiv geforscht und publiziert. Beispielsweise sei auf die Dissertationen von *Mäs [2009]* und *Wang [2008]* in der Arbeitsgruppe des Autors verwiesen, die grundlegende Aspekte der Datenintegrität behandeln. Eine ausführlichere Darstellung von Forschungsthemen im Bereich der Qualität von Geodaten beinhalten z. B. *Devillers et al. [2010]* oder auch *Reinhardt [2008]*.

Neben diesen Themen erlangte auch das Qualitätsmanagement bei der Produktion und Fortführung von Geodaten eine gewisse Bedeutung. Während in vielen Bereichen der Verfahrenstechnik und des Maschinenbaus relativ früh erkannt wurde, dass der gesamte Prozess von der Planung bis zur Endkontrolle für die Qualität eines Produktes entscheidend ist, dauerte es bis in die späten neunziger Jahre des letzten bzw. bis in die erste Dekade dieses Jahrhunderts bis auch Geodaten als „Produkt“ aufgefasst wurden und die Gesamtheit der Prozesse beleuchtet wurde. In *Stürmer [2007]* wurde die Anwendung eines Prozessorientierten Qualitätsmanagements (PQM) für den Aufbau der digitalen Netzdokumentation bei Energieversorgungsunternehmen untersucht. Dabei wurden an Hand von Fallstudien die Vorteile, aber auch die Grenzen dieses Ansatzes herausgearbeitet.

In einem weiteren Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe, gefördert durch die *Forschungsgemeinschaft Qualität (FQS)*, wurde unter dem Titel *„Prozessorientiertes Qualitätsmanagement bei der Fortführung von GIS/NIS-Daten“* mit Unterstützung von Projektpartnern aus der Praxis ein prozessorientiertes Qualitätsmanagement für den Aktualisierungsprozess von digitalen Netzdaten (PQM-NIS genannt) entwickelt. Für die Entwicklung des PQM-NIS wurde die Situation sowohl bei kleinen Stadtwerken als auch bei großen Flächen-Versorgern betrachtet, so dass das entwickelte Modell als ein generisches Modell bezeichnet werden kann.

Die erarbeiteten Ergebnisse wurden in einem Leitfaden zusammengefasst *[Bockmühl / Reinhardt, 2008]*. Dieser Leitfaden enthält u. a. die methodischen Grundlagen des Qualitätsmanagements, einen Überblick über die relevanten Richtlinien und Normen, eine detaillierte Beschreibung des Fortführungsprozesses sowie der Teilprozesse und eine Anleitung für die Einführung eines PQM an Hand ausgewählter Beispiele.

4. Qualität / Nutzbarkeit von Systemen – Das Konzept der Usability

Usability ist ein Konzept aus dem Bereich des Softwareengineering und behandelt die Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Der Standard ISO 9241-11:1998 definiert *„usability“* als *„extent to which a system, product or service can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use“ [International Organization for Standardization, 1998]*. Für die Umsetzung dieses ISO Standards gibt es eine ganze Reihe von Ansätzen aus Industrie und Forschung. An dieser Stelle sei auf die als richtungsweisend im Bereich der Usability geltenden Ansätze aus den Arbeiten von JAKOB NIELSEN verwiesen, der den Begriff des *„usability engineering“* prägte *[Nielsen, 1993]*. Dabei ist die Akzeptanz von (Software)-Systemen geprägt durch die Faktoren Nützlichkeit, Kosten, Kompatibilität und Verlässlichkeit. Die Nützlichkeit unterteilt sich dann in die Usability und die Utility. Die Utility drückt aus, ob ein System sich entsprechend seiner Spezifikation verhält, also das tut, was es soll, und die Usability definiert, wie gut ein Nutzer mit diesem System (der Funktionalität) umgehen kann. Dabei wird die Usability durch die folgenden Faktoren beschrieben:

- Erlernbarkeit,
- Effizienz,
- Effektivität,
- Einprägsamkeit,
- Fehlerrate,
- subjektive Zufriedenheit.

Für eine detaillierte Betrachtung des Konzeptes Usabil-

[9] *International Organization for Standardization [2002]*.

[10] *International Organization for Standardization [2003]*.

ity sei auf die in diesem Abschnitt genannte Literatur verwiesen.

Im Weiteren soll nun an Hand einiger ausgewählter Beispiele dargestellt werden, welche Aspekte die Usability beinhaltet und welche Untersuchungen im Anwendungsbereich der Geoinformatik durchgeführt wurden.

Den Anwendungsfall Navigation betrachten *Jahn / Frank [2004]* und stellen fest, dass ein Nutzer bezüglich der Usability primär daran interessiert ist, ein korrektes Ergebnis auf seine Fragestellung zu bekommen, was natürlich in jedem Anwendungsfall ein anderes sein kann. Weiter wurde festgestellt, dass der Nutzer, seine jeweilige Aktivität und die Einflussfaktoren der Umgebung von entscheidender Bedeutung sind.

In *Hunter et al. [2007]* wird dargestellt, dass neben der Qualität der Geodaten ca. 30 weitere Faktoren einen Einfluss darauf haben, ob ein aus Geodaten abgeleitetes Produkt als „brauchbar" eingestuft wird. An Hand einer Fallstudie mit unterschiedlichen Produkten aus dem Kataster und durch Betrachtung von populären Produkten wie *Google Earth* wird gezeigt, dass hierbei vor allem der Preis des Produktes, die Verfügbarkeit, die einfache Nutzung und die Personalisierbarkeit einen hohen Einfluss haben.

Über die Evaluierung des schwedischen Geodatenportals berichten *He et al. [2012]*. Dabei wird der aus der Industrie bekannte Ansatz zur Evaluierung von Softwareprodukten *SUMI (Software Usability Measurement Inventory)* angewandt. Dieser Test besteht aus einem Fragebogen mit 50 Unterpunkten. Mit Hilfe von Testszenarien und GIS-Experten mit unterschiedlicher Erfahrung als Testpersonen konnten einige Designschwächen des Geoportals aufgedeckt werden, die vorwiegend unklare graphische Präsentation und mangelnde Performance beim *WMS* betrafen. Allerdings wird auch festgestellt, dass das *SUMI*-Verfahren zu umfangreich ist, um es in der Breite anwenden zu können, da eine Testperson mindestens 20 Minuten zum Ausfüllen des Fragebogens benötigt, was für umfangreichere Tests eine meist nicht vorhandene hohe Bereitschaft der Teilnehmer zur Mitarbeit verlangt.

Den Ansatz, den Nutzer, seine jeweilige Aktivität und die Einflussfaktoren der Umgebung in den Mittelpunkt zu stellen, verfolgt *Wiebrock [2011]* für die allgemein als „portrayal service" bezeichneten Dienste, die aus Geodatenbeständen spezifische Karten nach den Erfordernissen der Nutzer erzeugen. Jedoch sind existierende Ansätze hierbei sehr eingeschränkt, da sie nur wenige Freiheitsgrade aufweisen, wie die Auswahl von geographischen Bereichen und thematischen Layern sowie, sehr eingeschränkt, die Gestaltung der graphischen Präsentation der Daten. In der Literatur wird die jeweilige Situation bzw. Aktivität des Nutzers auch als „Kontext" bezeichnet. An dieser Stelle setzt die genannte Arbeit an, zunächst mit einem Konzept zur Berücksichtigung des Kontexts, bei dem bestimmte Nutzerrollen definiert und Parameter bestimmt werden, mit deren Hilfe die Rolle des Benutzers und seine spezifische Situation beschrieben werden kann. Dabei wird zwischen statischen und dynamischen Parametern unterschieden.

Statische Parameter betreffen primär die Rolle, die eine bestimmte Person wahrnimmt, wie:

- den Anwendungsbereich, in dem dieser tätig ist (z. B. Militär, Topographie, Freizeit),
- die Rolle, welche die Person wahrnimmt (z. B. Marschplanung im militärischen Bereich),
- das System, das zur Präsentation verwendet wird (z. B. Tablet-PC, PDA).

Weiter kommen hier dynamische Elemente hinzu, wie:

- die jeweilige Situation des Nutzers (z. B. Standort des Nutzers (Position) und Zeit),
- Umwelteinflüsse (z. B. Wetter, Lichtverhältnisse).

In der genannten Arbeit wurde dieses Konzept strikt auf der Basis von vorhandenen Standards umgesetzt, wobei hier einige Erweiterungen erforderlich waren. Die Implementierung erfolgte auf Basis des o.g. *WMS* und die Tests haben gezeigt, dass dies ein sehr tragfähiges Konzept darstellt.

Prinzipiell können hier Analogien zur thematischen Kartographie gezogen werden, da eine auf eine spezifische, allerdings unter Umständen recht kleine Gruppe zugeschnittene Karte mit entsprechenden Inhalten und angepasster graphischer Präsentation erzeugt wird. Dies erfolgt jedoch dienstbasiert, kann also spezifisch angepasst und interaktiv genutzt werden, und zwar jeweils bei aktuellem Bedarf.

Abschließend zu diesem Thema ist darauf hinzuweisen, dass für die Usability von Geodaten den Metadaten eine besondere Bedeutung zukommt, da nur durch geeignete Metadaten gewährleistet ist, dass die Suche nach Geodaten zu einem befriedigenden Ergebnis führt und dass die Nutzer, die häufig keine Geodatenexperten sind, beurteilen können, ob diese Metadaten für Ihre spezifische Anwendung geeignet sind. Für die Strukturierung von Metadaten wird heute üblicherweise der ISO-Standard 19115 verwendet; dieser ist jedoch sehr komplex und die Inhalte werden von vielen Autoren als *„produzentenorientiert"* bezeichnet – z. B. *Comber et al. [2007]* –, da die Inhalte aus der Sicht der Datenproduzenten und nicht aus derjenigen der Nutzer gestaltet sind. Ausschlaggebend hierfür ist die Tatsache, dass die Datenproduzenten Geoinformationsexperten, die Nutzer in der Regel jedoch Spezialisten in ihrem Anwendungsbereich sind und zu Geodaten/Geoinformationen eher ein rudimentäres Verständnis haben. Aus diesem Grund wurde mehrfach vorgeschlagen, die Kommunikation von Nutzern und einer Geodatensuchmaschine bzw. einem Geodatenportal durch einen „Mediator", also einem Vermittler zu unterstützen. Aktuelle Untersuchungen in unserer Arbeitsgruppe beschäftigen sich mit der

Fragestellung, ob und wie ein automatisiertes System hier Hilfestellung leisten kann und zu besseren Ergebnissen bei der Suche nach Geodaten führt. Weiteres zum Thema Metadaten-Generierung, -Management und -Nutzung findet sich in *Pötzsch/Reinhardt [2007], Bockmühl et al. [2010]* und der dort genannten Literatur.

5. Qualität von Geo Web Services

5.1 Vorhandene Ansätze

Ausgehend vom allgemeinen Verständnis des Begriffes Qualität, also dem Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale eines Produktes Anforderungen erfüllt, sind an die Qualität der Dienste relativ breite Anforderungen zu stellen, da ein Nutzer an einen Dienst wohl Anforderungen bezüglich der Utility und der Usability stellen wird, um dies in der oben eingeführten Terminologie von *Nielsen* auszudrücken. Anders ausgedrückt möchte er zum einen ein Ergebnis geliefert bekommen, dass für die Lösung seiner Fragestellung geeignet ist, und zum anderen möchte er dies zuverlässig, in kurzer Zeit, unter Wahrung von Datensicherheits- und Datenschutzaspekten, unter Einhaltung von Vorschriften und Gesetzen und in einer Art und Weise, die es im erlaubt, das Ergebnis in seiner Umgebung weiter zu verarbeiten.

Bezüglich dieser Vorgaben sollen im Folgenden einige Ansätze zur Qualität von Services kurz skizziert werden:

Als Referenzdokument wird hier häufig ein Dokument des *World Wide Web Consortium (W3C)*[11] zitiert. Das *W3C* ist das Gremium zur Standardisierung der das World Wide Web betreffenden Techniken. Es wurde am 1. Oktober 1994 am *MIT*[12] *Laboratory for Computer Science* gegründet. Beispiele für Standards, die durch das *W3C* erstellt wurden sind HTML[13], XHTML[14], XML, OWL[15], um nur einige, auch in der Geoinformationsgemeinschaft gut bekannte Dinge, zu nennen. Zum Verständnis dieses Ansatzes trägt sicherlich das Wissen bei, dass der Entwurf des *W3C* zur Qualität von Services *[World Wide Web Consortium, 2003]* von einer Web-Service-Architektur Arbeitsgruppe erstellt wurde, in der entsprechende Experten aus bekannten IT-Unternehmen wie *Apple, IBM* oder *Oracle* mitarbeiten. Ansätze zur Definition der Qualität von Services waren zum Zeitpunkt der Publikation des *W3C*-Dokumentes bereits vorhanden und sind der zuletzt genannten Literatur zu entnehmen. Im Fokus dieser Arbeit lagen allgemeine Web Services ohne Betrachtung spezieller Anwendungsbereiche, also auch nicht der Geo Web Services. Der Entwurf des *W3C* hat bezüglich der aufgestellten Kriterien eine ca. 70%ige Überlappung mit dem anschließend vorgestellten Entwurf für *INSPIRE* und soll hier mit Rücksicht auf den Umfang dieses Beitrages nicht näher betrachtet werden.

Nachdem in *INSPIRE* Geo Web Services von hoher Bedeutung sind, ist es naheliegend, auch ein Konzept für die Qualität der Services zu entwickeln. Dabei wurde vom erwähnten *W3C*-Entwurf ausgegangen und dieser wurde mit vorhandenen Ansätzen aus der Industrie verglichen. Dieser Vergleich sowie die Berücksichtigung spezieller Gegebenheiten von *INSPIRE* führte zu einem eigenen *INSPIRE*-Dokument *[European Commission, INSPIRE Consolidation Team, 2007]*, in der die folgenden Qualitätsaspekte berücksichtigt wurden:

- Performance (Performanz)
  Dauer in der eine Anfrage fertiggestellt werden kann.
- Reliability (Ausfallsicherheit)
  Fähigkeit die verlangte Funktion unter stabilen Bedingungen über einen definierten Zeitraum hinweg aufrecht zu erhalten.
- Capacity (Kapazität)
  Untere Schranke der unterstützten gleichzeitigen Zugriffe.
- Availability (Verfügbarkeit)
  Wahrscheinlichkeit, dass das System verfügbar ist.
- Security (Sicherheit)
  Gewährleistung von Aspekten wie Authentifizierung, Verschlüsselung, Zugriffskontrolle.
- Regulatory (Regulierung)
  Übereinstimmung mit Regeln, Gesetzen, Standards.
- Interoperability (Interoperabilität)
  Fähigkeit, mit anderen Ressourcen zu kooperieren.

Bei den Ausdrücken in Klammern sowie den Erläuterungen handelt es sich um Übersetzungen des Autors. Übersetzungen des *INSPIRE*-Dokumentes sind nicht bekannt.

Auch dieser Entwurf wurde, wie der *W3C*-Entwurf, aus reinen allgemeinen Servicebetrachtungen (IT-Sicht) heraus gestaltet. Spezifische „Geo-Anforderungen" wurden nicht identifiziert. Auch die Qualität des (gelieferten) Ergebnisses, also dessen Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck wurde nicht und Usability-Aspekte wurden nur rudimentär berücksichtigt. Darüber sollten sich die Nutzer der Geo Web Services von *INSPIRE* im Klaren sein. Allerdings wurde bereits in der Einführung erwähnt, dass bezüglich der Performance erste spezifische Vorgaben für das Verhalten von Geo Web Services (am Beispiel des *WMS*) gemacht wurden.

[11] http://www.w3c.org – letzter Aufruf: 01.02.2012.
[12] MIT = Massachusetts Institute of Technology.
[13] HTML = Hypertext Markup Language.
[14] XHTML = Extensible Hypertext Markup Language.
[15] OWL = Web Ontology Language.

Vollständigkeitshalber soll das Thema „Qualität des Ergebnisses“ noch etwas erläutert werden. Auf der Basis von Geodaten werden häufig Informationen generiert, die wiederum als Basis für Entscheidungen dienen; beispielsweise sei auf die Berechnung von potentiellen Überflutungsgebieten (Flächen) aus digitalen Geländemodellen und anderen GIS-Daten mit Hilfe spezifischer Softwarekomponenten verwiesen. Dieses Ergebnis weist selbstverständlich eine gewisse Unsicherheit in Abhängigkeit von der Qualität der Eingangsdaten und der verwendeten Softwarekomponenten (Methoden) auf. In *Frank [2007]* wird dies als *„decision quality“* bezeichnet. Alternativ könnte dies auch als Qualität der Information (die generiert wird) bezeichnet werden. Für die Bestimmung dieser Qualität der Information sind keine durchgängigen Modelle vorhanden. Nach Einschätzung vieler Experten besteht auf diesem Gebiet dringender Forschungsbedarf.

5.2 QoS – Erste Untersuchungen

Mit dem Thema der Qualität von Services beschäftigen sich aktuell eine Reihe von Instituten und Gruppen. Neben den bereits in der Einleitung genannten sei hier auf die TU Dresden *[Hutka et al., 2011]* und auf unsere Arbeitsgruppe[16] verwiesen. Hier wurde eine Testplattform geschaffen, mit der allgemeine Untersuchungen zur Qualität von Geo Web Services durchgeführt werden können. Ergebnisse zu Untersuchungen bezüglich der Performance und Kapazität von Geo Web Services finden sich in *Schmid / Reinhardt [2011]*.

An dieser Stelle soll nur auf einen mehrfach angesprochenen Aspekt, der Performanz eines *WMS* und den diesbezüglichen *INSPIRE* Vorgaben eingegangen werden. Hierzu wurden umfangreiche Untersuchungen vorgenommen, wobei die Testumgebung in der zuletzt genannten Publikation beschrieben ist. Bei diesen Untersuchungen wurde deutlich, dass bei einem *WMS*, auf den, wie im Fall von *INSPIRE* Services, viele Nutzer parallel zugreifen können, die Performance nur erreicht werden kann, wenn die Anzahl der Nutzer sehr klein ist oder wenn sogenannte Caching-Ansätze eingesetzt werden. Abbildung 1 enthält hierzu die Ergebnisse dieser Untersuchungen für den Standardfall (ohne Caching) für *WMS* Anfragen mit verschiedenen Dateigrößen (1, 10, 50 MB) und einer zunehmenden Zahl von Nutzern. Es zeigt sich deutlich, dass die Zeiten für die Lieferung des Ergebnisses bei wachsender Anzahl von Nutzern (users) vor allem bei größeren Dateien sehr stark zunehmen. Ohne auf Details einzugehen, sei darauf hingewiesen, dass durch den Einsatz von Caching-Verfahren die *INSPIRE*-Vorgaben auch für eine größere Anzahl von Nutzern eingehalten werden können. Eine detailliertere Publikation dieser Untersuchungen ist in Vorbereitung.

[16] http://www.unibw.de/inf4/professuren/geoinformatik/forschung/projektauswahl/testbed
letzter Aufruf: 01.02.2012.

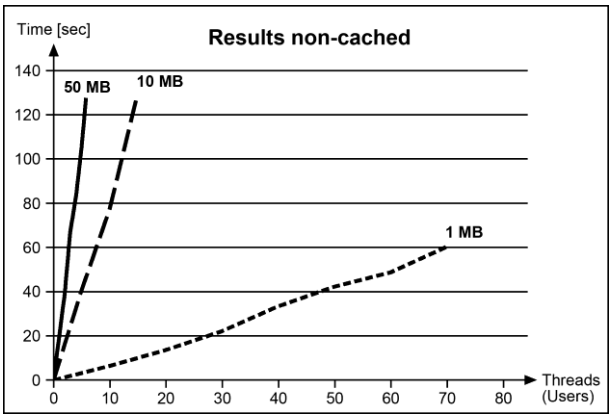


Abb. 1: *Ergebnisse von WMS Performance Untersuchungen*

6. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde dargestellt, dass zum heutigen Zeitpunkt die Nutzung von Geo Web Services, insbesondere von standardisierten *OGC Web Services* weit verbreitet ist und wohl im professionellen Bereich zur wichtigsten Nutzungsart werden wird. Dadurch gewinnt das Thema der Qualität von Geo Web Services stark an Bedeutung. Ansätze für Kriterien zur Bestimmung der QoS liegen z. B. für *INSPIRE* vor.

Zukünftig ist zu untersuchen, ob diese Kriterien geeignet sind, um die QoS aus Sicht der Anwender ausreichend zu beschreiben, oder ob diese zu ergänzen bzw. zu verändern sind. Die einzelnen Kriterien sind bezüglich ihrer Komplexität sehr unterschiedlich. Themen wie Performance sind sicherlich leichter zu definieren und zu untersuchen, als etwa Sicherheit oder Interoperabilität. Weiter sind für die Kriterien Maße (und Messverfahren) zu entwickeln, mit deren Hilfe die QoS Kriterien quantitativ ausgedrückt werden können. Nach Einschätzung des Autors dieses Aufsatzes bringt es die Komplexität dieser Aufgabe mit sich, dass sich Geoinformatiker und Wissenschaftler benachbarter Disziplinen noch einige Zeit damit beschäftigen werden.

7. Literatur und Quellen

Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation (Hrsg.) [2007]: BayernViewer. Online-Publikation.
http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer2.0/index.cgi
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

Bockmühl, Thorsten / Reinhardt, Wolfgang [2008]: Leitfaden zur Entwicklung eines prozessorientierten Qualitätsmanagements für die Produktion von Netzinformationen in Versorgungsunternehmen – Anwender-Leitfaden und CD-ROM. FQS-DGQ-Band 83-04. Forschungsgemeinschaft Qualität e.V. (FQS), Frankfurt am Main, 98 S.
ISBN 978-3-940991-00-3

Bockmühl, Thorsten / Mäs, Stephan / Reinhardt, Wolfgang [2010]: An Approach for Automatic Generation of Metadata based on Data Product Specifications. In: Proceedings of the INSPIRE Conference 2010, 22-25 June 2010, Kraków, Poland. CD-ROM.
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2010/presentations/143_pdf_presentation.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Caspary, Wilhelm [1992]: Qualitätsmerkmale von Geodaten. In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 117. Jhrg., Heft 7, Stuttgart, S. 360-367.
ISSN 0044-3689

Comber, Alexis J. / Fisher, Peter F. / Wadsworth, Richard A. [2007]: User-focused metadata for spatial data, geographical information and data quality assessments. In: *Wachowicz, Monica / Bodum, Lars (Hrsg.):* AGILE 2007, Proceedings, 10th AGILE Internationale Conference on Geographic Information Science, 8th-11th May, 2007, Aalborg University, Denmark. Aalborg, USB-Stick.
http://people.plan.aau.dk/~enc/AGILE2007/PDF/71_PDF.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Devillers, Rodolphe / Stein, Alfred / Bédard, Yvan / Chrisman, Nicholas / Fisher, Peter / Shi, Wenzhong [2010]: Thirty Years of Research on Spatial Data Quality: Achievements, Failures, and Opportunities. In: Transactions in GIS, Band 14, Heft 4, Oxford, S. 387-400.
ISSN 1361-1682
http://sirs.scg.ulaval.ca/wp-content/documents/publications/557.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

European Commission (Hrsg.) [2012]: INSPIRE. Online-Publikation.
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

European Commission, Initial Operating Capability Task Force Network Services (Hrsg.) [2011]: Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, Version 3.0. 111 S. Online-Publikation,
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.0.pdf
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

European Commission, INSPIRE Consolidation Team (Hrsg.) [2007]: INSPIRE Network Services Performance Guidelines. 22 S. Online-Publikation.
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/network/Network_Services_Performance_Guidelines_%20v1.0.pdf
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

Frank, Andrew U. [2007]: Analysis of dependence of decision quality on data quality. In: Journal of Geographical Systems, Vol. 10, Nr. 1, Berlin / Heidelberg / New York, S. 71-88.
ISSN 1435-5930
http://www.springerlink.com/content/1x472vh386jn6577/
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

He, Xin / Persson, Hans / Östman, Anders [2012]: Geoportal Usability Evaluation. In: International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Band 7, Ispra, S. 88-106.
ISSN 1725-0463
http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/view/248/297
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Hunter, Gary / Bruin, Sytze de / Bregt, Arnold [2007]: Improving the Usability of Spatial Information Products and Service. In: *Fabrikant, Sara Irina / Wachowicz, Monica (Hrsg.):* The European Information Society. Leading the Way with Geo-information. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin / New York, S. 405-418.
ISBN 978-3-540-72385-1

Hutka, Luise / Mäs, Stephan / Bernard, Lars [2011]: Using Processing Descriptions for Service based Schema Transformations. Proceedings INSPIRE Conference 2011 Edinburgh, USB-Stick.
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/events/conferences/inspire_2011/presentations/100.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

International Organization for Standardization (Hrsg.) [1998]: ISO 9241-11:1998: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability. Genf, 22 S.

International Organization for Standardization (Hrsg.) [2002]: ISO 19113: Geographic information – Quality principles. Genf, 29 S.

International Organization for Standardization (Hrsg.) [2003]: ISO 19115: Geographic information – Metadata. Genf, 140 S.

Jahn, Marianne / Frank, Andrew U. [2004]: How to Increase Usability of Spatial Data by Finding a Link between User and Data. In: *Toppen, Fred / Prastacos, Poulicos (Hrsg.):* AGILE 2004. 7th Conference on Geographic Information Science. Conference Proceedings of the 7th AGILE, 29 April - 1 May 2004, Heraklion, Greece. Crete University Press, Heraklion, S. 653-661.
ISBN 978-9-605-24176-6
http://plone.itc.nl/agile_old/conference/greece2004/papers/8-1-1_Jahn.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Joos, Gerhard [2000]: Zur Qualität von objektstrukturierten Geodaten. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 66, Neubiberg, 141 S.
ISSN 0173-1009

Lopez-Pellicer, Francisco J. / Béjar, Rubén / Florczyk, Aneta J. / Muro-Medrano, Pedro R. / Zarazaga-Soria, F. Javier [2011]: A Review of the Implementation of OGC Web Services across Europe. In: International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Vol. 6, Ispra, S. 168-186.
ISSN 1725-0463
http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/view/233/299
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

Mäs, Stephan [2009]: On the Consistency of Spatial Semantic Integrity Constraints. Dissertation, Universität der Bundeswehr München. Dissertations in geographic information science, Band 004, AKA, Heidelberg / ISO Press, Amsterdam, 121 S.
http://137.193.200.7:8081/doc/86830/86830.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Neis, Pascal / Zielstra, Dennis / Zipf, Alexander / Strunck, Alexander [2010]: Empirische Untersuchungen zur Datenqualität von OpenStreetMap – Erfahrungen aus zwei Jahren Betrieb mehrerer OSM-Online-Dienste. In: *Strobl, Josef (Hrsg.):* Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Berlin / Offenbach, S. 420-425.
ISBN 978-3-87907-495-2
http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/2010/Neis/Neis-etal.osm-anwendungen.agit2010.pdf
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

Nielsen, Jakob [1993]: Usability Engineering. Academic Press, Boston / London, 362 S.
ISBN 0-12-518406-9

Open Geospatial Consortium (Hrsg.) [1994-2011]: OGC. Making location count. Online-Publikation.
http://www.opengeospatial.org
Letzter Aufruf: 01.02.2012.

Pötzsch, Manuela / Reinhardt, Wolfgang (2007): Metadata Management – an Analysis from Creation till Use. In: *Probst, Florian / Keßler, Carsten (Hrsg.):* GI-Days 2007 – Young Researchers Forum. Proceedings of the 5th Geographic Information Days, 10.-12. September 2007, Münster, Germany. IfGI prints, Band 30. Universität Münster, Institut für Geoinformatik, Münster, S 267-270.
ISBN 978-3-936616-48-4
http://www.gi-tage.de/archive/2007/downloads/acceptedPapers/poetzsch.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Reinhardt, Wolfgang [2008]: Current issues in GI quality research. In: *Bandrova, Temenoujka L. (Hrsg.):* Proceedings of the Second International Conference on Cartography and GIS, January 21-24, 2008, Borovets, Bulgaria, Band 1. Sofia, S. 11-18.
ISBN 978-954-724-036-0

Schmid, Stephan / Reinhardt, Wolfgang [2011]: Concept and Goals of a Geo Web Service Test Bed. In: Proceedings of ICMT'11, International Conference on Military Technologies 2011, Brno. University of Defense / Oprox, Brno, CD-ROM.
ISBN 978-80-7231-787-5

Stürmer, Simone [2007]: Qualitätsgesicherter Aufbau digitaler Netzdokumentation – Möglichkeiten, Grenzen und Risiken von Prozessorientiertem Qualitätsmanagement (PQM). Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 234 S.
http://137.193.200.7:8081/doc/85997/85997.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Wang, Fei [2008]: Handling Data Consistency through Spatial Data Integrity Rules in Constraint Decision Tables. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 125 S.
http://137.193.200.7:8081/doc/85915/85915.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Wiebrock, Iris [2011]: Zur kontextbasierten Visualisierung von Geodaten auf Basis von standardisierten Webdiensten. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 152 S.
http://137.193.200.7:8081/doc/89014/89014.pdf
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

World Wide Web Consortium (W3C) (Hrsg.) [2003]: QoS for Web Services: Requirements and Possible Approaches. W3C Working Group Note 25 November 2003. Online-Publikation.
http://www.w3c.or.kr/kr-office/TR/2003/NOTE-ws-qos-20031125/
Letzter Aufruf: 02.02.2012.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reinhardt

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Informatik, Institut für Angewandte Informatik, Professur für Geoinformatik / Arbeitsgemeinschaft für Geoinformationssysteme (AGIS), D-85577 Neubiberg

E-Mail: wolfgang.reinhardt@unibw.de

Martin Rickenbacher und Helmut Kager

Geometrische Bildanalysen am Beispiel des *„Prospect Geometrique“* von Micheli du Crest von 1754

Zusammenfassung

Der „Prospect Geometrique“ von MICHELI DU CREST (1690-1766) von 1754 gilt als das älteste wissenschaftliche Alpenpanorama. Primär aus kunsthistorischer Sicht beurteilt, wurden dessen geometrische Aspekte erst vor rund 15 Jahren eingehend erforscht, obwohl das Werk als Höhenvermessung zu verstehen ist. Seither haben sich die analytischen Methoden im Bereich der Geographischen Informationsverarbeitung weiter entwickelt. Hier soll das über 250 Jahre alte Werk mit dem hybriden photogrammetrischen Blockausgleichungsprogramm ORIENT untersucht werden, jener Software, welche MICHELIs seinerzeitige Gedankengänge wohl am adäquatesten in die Sprache moderner Analytik umzusetzen weiß.

Summary

The ”Prospect Geometrique” of MICHELI DU CREST (1690-1766), dating from 1754, is believed to be the oldest panorama of the Alps having a scientific background. Primary seen from art history point of view up until now, its geometrical aspects have not been investigated thoroughly until about 15 years ago even though this work may be seen as original height survey. Since that time the analytical methods in the field of geographic information processing have greatly evolved. This 250 years old panorama shall be investigated using the hybrid photogrammetric adjustment programme ORIENT which might help to comprehend MICHELI’s way of thinking adequately in the language of modern analytics.

1. Einleitung

Ansichten und Panoramen werden als „kartenverwandte Darstellungen“ bezeichnet *[Imhof, 1963]*. Geometrische Aspekte sind demnach genuin mit dieser Darstellungsart verknüpft, deren Bedeutung für die topographische Arbeit unbestritten ist. So hat beispielsweise *Eduard Imhof* in seinem Beitrag über den Engelberger Topographen JOACHIM EUGEN MÜLLER (1752-1833) die Parallelen zur terrestrische Photogrammetrie (Bildmessung) hervorgehoben: *„Er [Müller] zeichnete das topographische Detail nach seinen Panoramen. Er hat somit schon ums Jahr 1800 einen grossen Teil der Schweizer Alpen nach den Grundprinzipien der heutigen Photogrammetrie kartiert. Er erstellte Kartengrundrisse nach Ansichtsbildern, «photogrammetrierte» also ohne Photographie. Seine Aufnahmestandorte in halber Höhe der Berghänge waren denn auch ganz im Sinne heutiger photogrammetrischer Stationen ausgewählt“ [Imhof, 1946, S. 54]*. Die griechischen Bezeichnungen „φῶς, Gen.: φωτός“ für Licht, „γράμμα“ für Geschriebenes, Gezeichnetes, „Bild“ und „μετρέω“ für ‚ich messe‘ (oder einfach als Analogie zur „γεωμετρία“ der Geometrie) sind Leitbegriffe auch für den vorliegenden Beitrag, bei dem der Umsetzungsprozess vom Auge übers Hirn zur Hand, über den Griffel zur Zeichnung in einer Art „Humankamera“ von zentraler Bedeutung ist.

Die methodischen Ansätze bei der Beurteilung der geometrischen Bildqualität werden in diesem Beitrag anhand eines Werkes vermittelt, dessen Titel bereits den ihm vom Autor beigemessenen Anspruch erhebt: Der *„Prospect geometrique“* hatte die geometrischen Landschaftsverhältnisse vom Standort des Betrachters aus in zentralperspektivischer Projektion korrekt wiederzugeben. Das heute auch im Französischen veraltete Wort *„Prospect“* geht auf den lateinischen Begriff *„prospectus“* für Aussicht zurück und bezeichnet den Anblick einer fern gelegenen Landschaft. Der Standort des Betrachters war in unserem Falle ein sehr spezieller: MICHELI DU CREST war nämlich in der rund drei Kilometer südlich von Olten gelegenen Festung Aarburg inhaftiert, als er seinen *„Prospect Geometrique“* erstellte.

2. Jacques-Barthélemy Micheli du Crest – der am längsten inhaftierte politische Gefangene der Schweiz

JACQUES-BARTHÉLEMY MICHELI DU CREST (1690-1766) war eine außerordentliche Persönlichkeit mit tragischem Schicksal, das schon vielfach beschrieben und vor wenigen Jahren vom Schriftsteller PIRMIN MEIER in einem historiographischen Roman in seinen verschiedensten Facetten umfassend dargelegt worden ist *[Meier, 1999]*. Daher sei das bemerkenswerte Leben MICHELIs hier nur in groben Zügen geschildert. In Genf in eine adlige, ursprünglich aus Lucca in der Toskana stammenden Familie geboren, stand der junge MICHELI anfänglich in hoher Gunst und war hoch angesehen, bis er sich im

Gefolge seiner Kritik an den Genfer Festungswerken immer stärker mit den Behörden seiner Vaterstadt anlegte und in der Folge im Abwesenheitsverfahren gar zum Tode verurteilt wurde. Dessen Vollstreckung, die *in effigie* – also symbolisch an einem Bildnis – ausgeführt wurde, entzog er sich durch Flucht nach Frankreich, wo er sich im Umfeld namhafter Wissenschaftler bewegte und durch persönliche Kontakte mit ihnen über die neuesten Entwicklungen in Sachen Physik (Thermo- und Barometrie), Astronomie, Geodäsie und Kartographie im Bilde war.

Gepackt von Heimweh, kehrte MICHELI DU CREST wieder in die Nähe seiner heimatlichen Gefilde zurück, wenn auch nicht gleich nach Genf, wo es für ihn sehr gefährlich hätte werden können. 1746 wurde er auf Betreiben Genfs, Zürichs und Berns in Neuenburg verhaftet und ein erstes Mal auf die Festung Aarburg verbracht. Nach einigen Monaten unter Hausarrest in Bern wurde er im Gefolge der Henzi-Verschwörung 1749 schließlich zu lebenslanger Haft in der Festung Aarburg verurteilt. Dort verfasste er am 26. Juni 1754 ein mehrseitiges Konzept für eine Landesvermessung, das ein zweiteiliges Vorgehen in Form einer Landesvermessung (Basismessungen, Triangulationsnetze, topographische Kartenwerke in kleineren Maßstäben) und einer Detailvermessung mit großmaßstäblichen Plänen vorsah *[Graf, 1890, S. 97-101]*. Die heutige Vermessungsorganisation der Schweiz mit der Landesvermessung *(Bundesamt für Landestopografie swisstopo)* einerseits und der Amtlichen Vermessung (Verbundaufgabe der Kantone mit den Privatbüros, unter Oberaufsicht des Bundes) ist darin bereits zu erkennen *[Rickenbacher, 2011, S. 72-75]*. Angesichts der parallel dazu verlaufenden Entwicklung in Frankreich, die zu einer geometrisch hochwertigen Landesvermessung in Form der *Carte de France 1:86.400* führte, war MICHELIs Vorschlag sehr zeitgemäß.

Doch MICHELIs Konzept wurde von den Behörden nicht beachtet und schubladisiert. In der aus 13 Kantonen bestehenden Alten Eidgenossenschaft mit ihren dezentralen und komplizierten Strukturen war an eine Landesvermessung nicht zu denken. Doch der Staatsgefangene ließ sich dadurch nicht entmutigen und realisierte vom Herbst 1754 bis ins Frühjahr 1755, was ihm in seiner ortsgebundenen Situation überhaupt möglich war: die zentralperspektivische Vermessung seines Gesichtsfeldes, gleichsam die Projektion eines Ausschnittes der ihn umgebenden Landschaft auf ein handliches Stück Papier, in einem wohl definierten Koordinatensystem mit Azimuten und Höhenmessungen zur Bestimmung der Höhe von 40 Alpengipfeln über Meer, die das Gesichtsfeld in der Ferne begrenzten. Der *„Prospect Geometrique“* entstand. Dies ist die im folgenden verwendete Kurzform für das Werk, dessen vollständiger Titel in heute unüblicher Länge *„Prospect Geometrique des Montagnes neigées, dittes Gletscher, telles qu'on les découvre en tems favorable, depuis le Chateau d'Arbourg, dans les territoires des Grisons, du Canton d'Ury, et de l'Oberland du Canton Berne“ (Geometrische Ansicht der Schneeberge, Gletscher genannt, wie man sie bei günstigem Wetter vom Schloss Aarburg in den Gebieten Graubündens, des Kantons Uri, und im Oberland des Kantons Bern entdecken kann)* lautet.

3. Landesvermessung aus dem Kerker heraus: Michelis *„Prospect Geometrique“* von 1754

Als Grundlage für seine Höhenvermessung musste der Gefangene zuerst eine exakte Landschaftszeichnung anfertigen, was ihm nicht geringe Mühe bereitete, da er damals bereits 64 Jahre alt war, über keine technischen Hilfsmittel wie Fernrohre, Theodolite etc. verfügte und zudem noch nie eine Landschaft gezeichnet hatte. Erschwerend wirkte sich auch die große Entfernung der Gipfelflur von ca. 80 bis 100 km aus, indem die Sicht oft durch Wolken oder Dunst beeinträchtigt war.

MICHELI legte einerseits in Form eines kleinen *„Avertissements“* (Hinweis) direkt auf dem *„Prospect Geometrique“* Rechenschaft über sein Vorgehen ab, andererseits ließ er zusätzlich ein vierseitiges *„Mémoire“ [Micheli du Crest, 1755]* drucken. Anhand des letzteren seien im Folgenden die Hauptzüge des Unternehmens geschildert, das im Wesentlichen aus der Messung von Azimuten und Höhen bestand.

3.1 Azimutale Verhältnisse

Nach seiner Beschreibung konstruierte MICHELI die Landschaftszeichnung mit einfachen Hilfsmitteln nach dem Prinzip des Messtisches. Auf dem Papier schlug er zunächst mit einem Zirkel einen Viertelkreis, den er „ziemlich genau“ einteilte. Er lässt aber offen, wie diese Einteilung im Detail erfolgte, und weil dieser Viertelkreis bisher nicht aufgefunden wurde, ist man auf Vermutungen angewiesen. Zunächst wird er den Viertelkreis grob orientiert und im linken Teil das Azimut 120° festgelegt haben, das außerhalb des dargestellten Gesichtsfeldes liegt. Von diesem Punkt aus dürfte er den Kreisradius vom Zentrum nach Süden abgeschlagen und somit den Meridianschnittpunkt 180° konstruiert haben. Die Azimutschnittpunkte 120° und 180° und das Kreiszentrum bilden ein gleichseitiges Dreieck, dessen Winkel je 60° betragen. Das Azimut 150° konnte nun graphisch durch Halbierung des Winkels konstruiert werden, und durch Spiegelung am Meridian ergab sich das Azimut 210°. Weil eine Dreiteilung des Winkels zum Übergang auf ganze Zehner, also beispielsweise auf 160° und 170°, allein mit Lineal und Zirkel nach den klassisch erlaubten Methoden nicht möglich war, höchstens mit der pragmatischen Lösung des ARCHIMEDES, wird MICHELI seinen Viertelkreis mit dem Zirkel konstruktiv-graphisch weiter unterteilt haben. Mit einer

nächsten Halbierung der Winkel ließen sich die Azimute 135°, 165° und 195° konstruieren, und nach einer nochmaligen Halbierung lagen Sektoren von 7,5° vor. Bei einem Kreisradius von 406 mm beträgt die entsprechende Pfeilhöhe 0,87 mm und die Sehnenlänge 53,11 mm; sie unterscheidet sich nur um 0,04 mm von der Bogenlänge von 53,15 mm, sodass MICHELI die einzelnen Azimutgrade innerhalb dieser Sektoren ohne weiteres linear interpolieren konnte.

Zur Orientierung des Viertelkreises bestimmte MICHELI die Lage der Südrichtung, des Meridians, mit Hilfe eines Senkbleis anhand des Polarsternes doppelt. Er berechnete den Zeitpunkt von dessen oberem und unterem Meridiandurchgang anhand der *„Connaissance des Tems“*, des ersten, seit 1679 erscheinenden astronomischen Jahrbuches, und kennzeichnete die gemittelte Richtung im Gelände mit dem *„Poteau du Méridien“* (Meridianpflock).

Nun konnten die Azimute der einzelnen Gipfel bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde das Zentrum des nach dem Meridian orientierten Viertelkreises mit einer festen Bleinadel als Kimme markiert. Darüber wurden nun mit Hilfe einer zweiten, beweglichen Bleinadel als Korn alle zu bestimmenden Berggipfel angezielt und deren Position markiert. Die für MICHELI auffallend unpräzise Formulierung *„un quart de cercle de 14 a 15 pouces de rayon“* lässt vermuten, dass er aus praktischen Gründen zwei konzentrische Viertelkreise mit einem Radius von 14 und 15 Zoll (379 und 406 mm) gezeichnet haben dürfte. Wenn er nämlich mit dem Auge hinter der Kimme, vielleicht sogar unter dem Niveau des Messtisches, die Korn-Nadel entlang bloß eines einzigen Kreises hätte führen müssen, wäre dieser nur sehr schlecht zu sehen gewesen. Viel einfacher war es aber, die Hand ungefähr in den Kreisringsektor zu legen, in die Knie zu gehen und dann die Kimmnadel in der Visur „blind“ ungefähr zwischen die beiden Kreise zu setzen und bei der späteren Bearbeitung die Position im Intervall genau zu bestimmen.

Auf diese Weise ermittelte MICHELI die azimutale Lage der Gipfel in einem Sektor von 44° Ost (entspricht dem Azimut 136°) und 11° West (191°), bezogen auf den Meridian von Aarburg. Das Gesichtsfeld umfasst 52,61° und passt somit bequem auf einen Viertelkreis.

Weil der *„Prospect Geometrique“* die einzelnen Azimute in gleichen Abständen wiedergibt, entspricht dies dem Abbildungsmodell einer Zylinderprojektion: Die Landschaft wird im Aufriss auf einen lotrecht stehenden Zylinder projiziert, der anschließend in die Bildebene (Abb. 1) abgewickelt wird. Um die Azimute vom Viertelkreis auf den *„Prospect Geometrique“* übertragen zu können, wird MICHELI – ausgehend vom Süd-Meridian – zuerst die untere und die obere Gradleiste festgelegt haben. Es scheint, als hätte er die Länge eines Grades von 11,5 mm so dimensioniert, dass sie einem Radius des Projektionszylinders von 24 Zoll (649,7 mm) entspricht. Diese Zahl wird später zu interpretieren sein. Anschließend konnte jeder angezielte Gipfel einzeln in

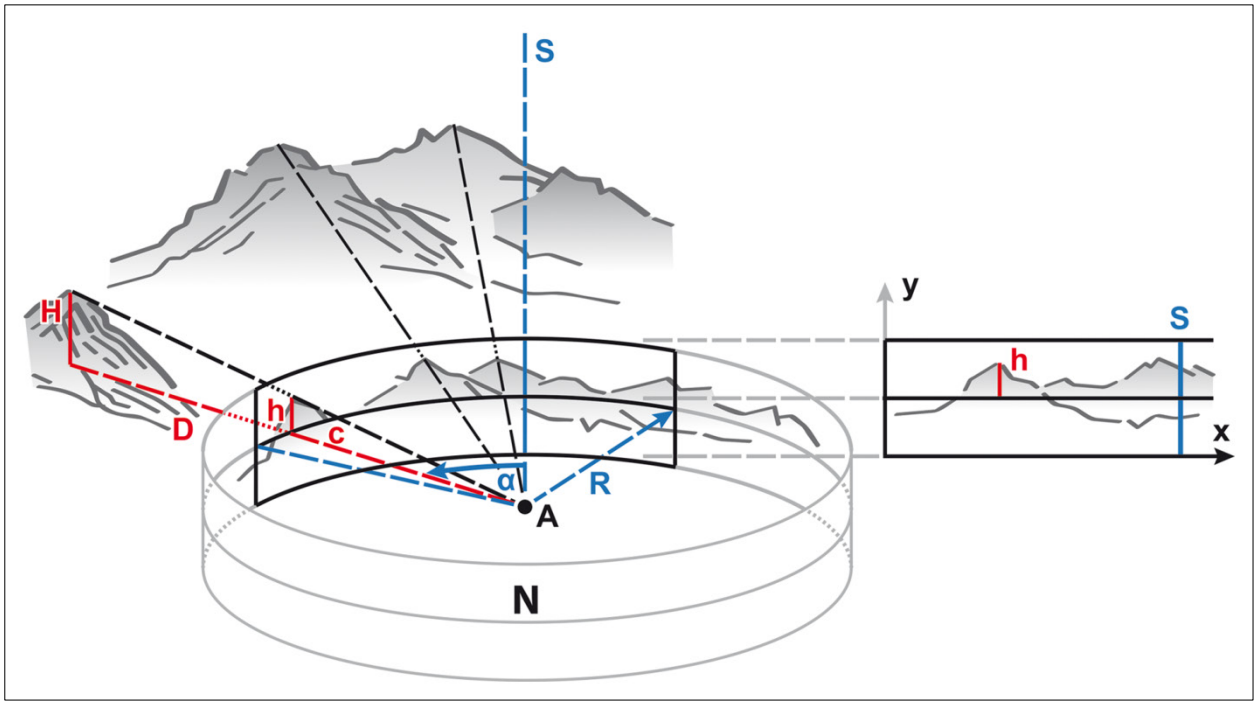


Abb. 1: *Das Abbildungsmodell des „Prospect Geometrique“: Projektion der Landschaft auf einen Zylinder mit senkrechter Achse. MICHELIs Messelemente auf die einzelnen Gipfel sind das Azimut* ***α*** *bezüglich des Süd-Meridians* ***S*** *sowie die Stabablesung* ***h*** *bezüglich des durch die Wasserwaage definierten Niveaus* ***N****.* ***H*** *folgt durch Dreisatz aus der Distanz* ***D*** *aus der Scheuchzerkarte,* ***h*** *und* ***c*** *[nach Imhof, 1963, S. 63].*

seiner azimutalen Zeichnungsposition festlegt werden, indem seine Lage im Intervall des eingeteilten Viertelkreises freiäugig oder mittels Interpolation auf die Gradleisten übertragen wurde.

3.2 Höhenverhältnisse

Die Abbildung der Höhenverhältnisse erfolgte ausgehend vom Höhenhorizont, einer horizontalen, mit *„Niveau de la Fortresse d'Arbourg"* bezeichneten Linie, zu der die beiden Gradleisten parallel sein mussten. Am linken und rechten Ende dieser Horizontlinie stehen zwei senkrechte, in zwölf gleich große Abschnitte eingeteilte „Messlatten", welche die *„Pouces du Niveau"* anzeigen, also die Stabablesung der einzelnen Berggipfel gegenüber dem Höhenhorizont.

Die Ermittlung der Höhendifferenzen zu den gesuchten Gipfeln bildete das Kernelement der ganzen Aktion. Dazu kam ein äußerst einfaches Messgerät zum Einsatz: Eine Dachrinne, 24 Fuß (ca. 7,8 m) lang, wurde beidseitig sauber verschlossen, bis zum Rand mit Wasser gefüllt und als gigantische Wasserwaage azimutal auf den zu bestimmenden Gipfel ausgerichtet. Der Beobachter positionierte sich auf der den Alpen abgewandten Seite der beidseitig tropfenden Wasserwaage, und auf der entgegengesetzten schob ein Gehilfe so lange einen etwa einen Fuß langen Stab senkrecht zur Wasseroberfläche in die Höhe, bis das Auge des Beobachters auf der Wasserspiegeloberfläche, die Spitze des Stabes und der gesuchte Berggipfel auf einer Linie lagen. MICHELI schreibt, er habe zu diesen Messungen gewöhnlich zwei bis drei mit sehr gutem Sehvermögen ausgestattete Personen mit sich genommen und die Beobachtungen mehrmals von nahe und von weitem wiederholen lassen. Er schätzte den Messfehler auf weniger als eine halbe Linie, was ungefähr einer halben Winkelminute entspricht. Die derart ermittelten *„Hauteurs sur le Niveau"* sind im *„Prospect Geometrique"* über den Gipfeln in *„Pouces"* und *„Lignes"* angegeben.

Die Höhendifferenz zum Berggipfel konnte auf einfache Weise mit einem Dreisatz aus der Höhe des Stabes über der Wasseroberfläche (die Stabablesung als Gegenkathete in einem rechtwinkligen Dreieck), der Länge der Dachrinne (Ankathete) und der Distanz zum Gipfel berechnet werden. Zu deren Identifikation versuchte er – gefangen in einer ihm bisher nicht bekannten Festung in einem fremden Sprachraum – auf dem Korrespondenzweg weitere Hinweise zu erhalten, in erster Linie vom Berner ALBRECHT VON HALLER (1708-1777), dem Verfasser des berühmten Gedichtes *„Die Alpen"* (1729) und damals führenden Schweizer Universalgelehrten von europäischem Format.

MICHELI wusste, dass die Distanzen zu den Gipfeln das Hauptproblem seines Unternehmens darstellten. Diese entnahm er der Scheuchzerkarte, der 1712 in vier Blättern veröffentlichten *„Nova Helvetiae tabula geographica"*. Deren Maßstab ermittelte er, indem er die Länge eines Breitengrades in der Karte in Beziehung zu jenem Wert setzte, den *Jean Picard* (1620-1682) 1671 in seinem Buch *„La Mesure de la Terre"* veröffentlicht hatte. Damit errechnete er die Distanz von Basel nach Genf, verglich sie mit einer neueren Karte aus der *„Connaissance des Tems"* und stellte fest, dass er künftig die Distanzen aus der Scheuchzerkarte um mehr als ein Sechstel reduzieren musste, um sie mit den neuesten Erkenntnissen kompatibel zu machen. Die derart ermittelten *„Distances sur la carte de Scheuchzer"* sind in *„Pouces"* und *„Lignes"* über den Stabablesungen unterhalb der oberen Gradleiste wiedergegeben. Mit seiner Maßstabskorrektur konnte MICHELI die großen inneren Verzerrungen der Scheuchzerkarte nicht eliminieren (Abb. 2).

Den Einfluss der Erdkrümmung entsprechend der Entfernung des Gipfels ermittelte MICHELI anhand einer Tabelle, die auf den 1671 von *Jean Picard* im Buch *„La Mesure de la Terre"* veröffentlichten Prinzipien basierte. Den Einfluss der Refraktion verwarf er, weil er nach intensivem Literaturstudium zum Schluss gekommen war, dass dessen Existenz nicht erwiesen sei und sogar jene Wissenschafter, die am stärksten dafür votierten, diese Größe nicht berücksichtigen würden.

Die Höhe des *„Niveaus"* über Meer von 237 Toisen (461,9 m) ermittelte MICHELI anhand einer mehrjährigen Beobachtungsreihe auf einem selbst konstruierten Barometer. Den Druckgradienten sowie den mittleren Referenzdruck auf Meereshöhe bestimmte er durch intensives Literaturstudium, insbesondere anhand der Messungen von BLAISE PASCAL (1623-1662) und von CÉSAR FRANÇOIS CASSINI DE THURY (1714-1784) am Puy de Dôme westlich von Clermont-Ferrand.

MICHELI addierte die Höhendifferenz bezüglich des Niveaus von Aarburg, dessen Höhe über Meer sowie den Betrag für die Erdkrümmung und bestimmte damit die Höhen der Gipfel über Meer, die im unteren Teil des *„Prospect Geometrique"* tabellarisch zusammengestellt sind.

3.3 Vervollständigung der Landschaftszeichnung

Nachdem die vorgängig nach Azimut und Stabablesung bestimmten Gipfel mit ihren Bildkoordinaten x/y als Gerippe auf dem Papierstreifen aufgetragen waren, konnte MICHELI die Landschaftszeichnung vervollständigen. In seinem *„Mémoire"* beschreibt er die Mühen wie folgt: *„Ich gestehe noch, dass ich ein großes Bedürfnis gehabt hätte, dass mir ein geübter Landschaftsmaler beigestanden wäre, denn da ich noch nie eine Landschaft gezeichnet hatte, habe ich mich sehr damit abgemüht, diesen Prospect mehr schlecht als recht zu machen, zumal ich mich hier nicht in einer guten Situation befinde."* Die letztere Bemerkung dürfte vor allem darauf abzielen, dass er ohne optische Instrumente arbeiten musste. Die Landschaftszeichnung hatte denn in erster Linie die Funktion einer Vermessungsskizze, mit

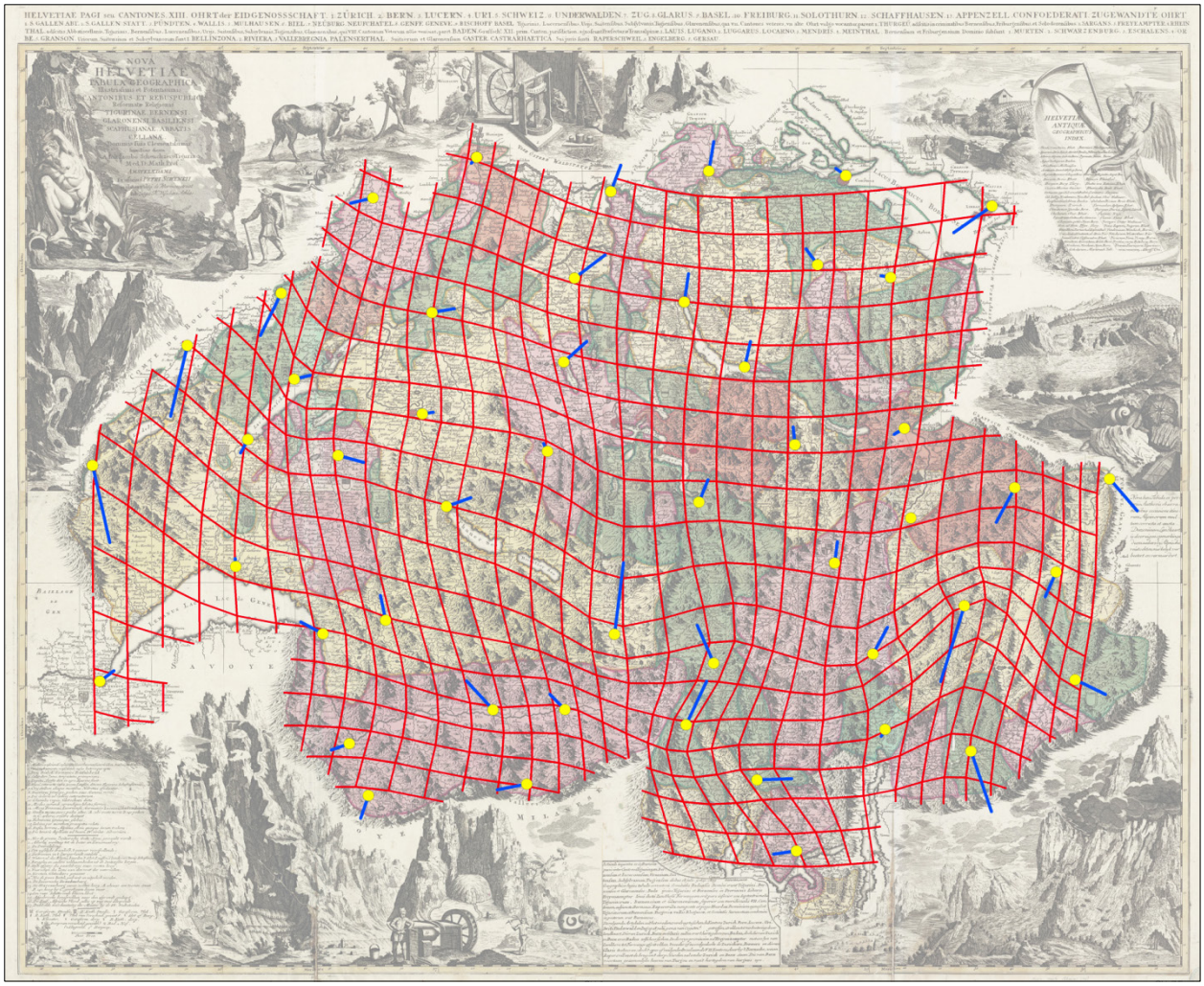


Abb. 2: *Verzerrungsgitter der „Nova Helvetiae tabula geographica“ von 1712 (Scheuchzerkarte): Weil* MICHELI *aufgrund seiner Situation als Staatsgefangener gezwungen war, die Distanzen zu den fernen Alpengipfeln anhand dieser für beinahe das ganze 18. Jahrhundert maßgeblichen Schweizerkarte zu entnehmen, ergaben deren bedeutende innere Verzerrungen trotz der Maßstabskorrektur viel zu große Distanzen und in der Folge stark überhöhte Gipfelhöhen [vgl. Rickenbacher, 2011, S. 252, Abb. 5-2].*
[Quelle Scheuchzerkarte: swisstopo, Kartensammlung: LT K CH35]

der die in der Höhe und ihrer azimutalen Lage bestimmten Gipfel eindeutig identifiziert werden konnten. Dass MICHELI keinen Anspruch auf künstlerisches Werk erhob, geht aus den obigen Zeilen und der Konzeption seiner Arbeit klar hervor.

3.4 Kupferstich

MICHELI schreibt, er habe für die Anfertigung der Landschaftszeichnung und die Höhenmessungen mehr als drei Monate verwendet, obwohl er sich auch später immer wieder mit dem *„Prospect Geometrique“* befasste. Seinem modernen Denkkonzept entsprechend wollte MICHELI dieses Werk vervielfältigen und im Briefverkehr mit bekannten Wissenschaftlern bewusst der Kritik aussetzen. Im Oktober 1754 dachte er in einem Brief an HALLER zwar noch daran, den *„Prospect“* in Paris stechen zu lassen, doch der Kupferstich erfolgte schließlich in Augsburg durch TOBIAS CONRAD LOTTER (1717-1777). Im gleichen Jahr war MICHELI nämlich über seinen Zürcher Briefpartner in Sachen Thermometer, JOHANN JAKOB OTT (1715-1769), mit dem Augsburger Instrumentenmacher GEORG FRIEDRICH BRANDER (1713-1787) in Kontakt getreten. MICHELI bat OTT, im Hinblick auf die geplante Bergzeichnung des *„Prospect Geometrique“* bei BRANDER einen Satz Zeicheninstrumente für ihn zu kaufen *[Talas, 2002, S. 188]*. BRANDER dürfte denn auch den Kontakt zu LOTTER vermittelt haben, jedenfalls erklärte er sich in seinem Brief vom 6. August 1755 an MICHELI bereit, die Kupferplatte für Korrekturen an den Graveur weiterzuleiten *[Talas, 2002, S. 199]*.

Der *„Prospect Geometrique“* umfasst von oben nach unten folgende Hauptelemente:

- Obere Gradleiste,
- Distanz zu den gesuchten Gipfeln in der Scheuch-

zerkarte (Zoll / Linien),

- Stabablesung der gesuchten Gipfel bezüglich des Niveaus von Aarburg (Messung am Stab in Zoll / Linien),
- horizontale Linie auf der Höhe von 12 Zoll als obere Begrenzung des Landschaftsbildes,
- Landschaftszeichnung mit Buchstaben, Ziffern und Symbolen zur Gipfelidentifikation,
- Horizontlinie des Niveaus als untere Begrenzung des Landschaftsbildes,
- untere Gradleiste nach gleichem Prinzip wie die obere,
- vier Textfelder mit Gipfelnamen und Höhen und einem Feld mit dem *„Avertissement“* (Kurzbeschrieb).

Somit gibt der *„Prospect Geometrique“* ein vollständiges zentralperspektivisches Zylinderkoordinatensystem wieder, das im Projektionszentrum gelagert und mit dem Meridian und dem Niveau in seinen beiden Hauptachsen festgelegt ist.

MICHELIs Maße sind im französischen System definiert, das auf der anlässlich der Gradmessung in Peru bestimmten *„toise du Pérou“* beruht *[Kretschmer et al., 1986, S. 478]*. Eine Toise (Klafter) ist 1,949 m lang und in 6 pieds (Fuß = 324,84 mm) unterteilt, dieser in 12 pouces (Zoll = 27,07 mm), und dieser in 12 lignes (Linien = 2,26 mm). Eine Toise umfasst somit 864 Linien.

4. Wozu eine neue Untersuchung?

Der *„Prospect Geometrique“* wurde in der einschlägigen Literatur des 19. und frühen 20. Jahrhunderts – in erster Linie von Berner Wissenschaftern – negativ beurteilt, ohne dass dabei die geometrischen Aspekte umfassend untersucht worden wären. Diese Lücke wurde im Rahmen des 1995 in Genf durchgeführten Kolloquiums, an dem die Persönlichkeit MICHELI DU CRESTs unter verschiedenen Aspekten gewürdigt wurde *[Roth-Lochner / Fornara, 1995]*, zu füllen versucht. Bei dieser Gelegenheit wurde das Werk durch den Verlag *Cartographica Helvetica* dem Publikum als Faksimile in Originalgröße wieder zugänglich gemacht *[Rickenbacher, 1995]*.[1]

Weshalb soll denn nun bereits nach 16 Jahren das gleiche Objekt einer weiteren Genauigkeitsuntersuchung unterzogen werden? In erster Linie soll die in der Zwischenzeit eingetretene größere Verbreitung digitaler Auswertemethoden mit den heute breiteren technischen Möglichkeiten anhand eines konkreten Beispieles demonstriert werden. Das seinerzeitige Vorgehen war nämlich im Vergleich mit heutigen Vorstellungen doch ziemlich einfach, indem ein geodätisches Ausgleichsprogramm für eine spezielle Fragestellung eingesetzt wurde. Bei der ersten Untersuchung war das Exemplar des *„Prospect Geometrique“* der *Universitätsbibliothek Bern, Kartensammlung Ryhiner [Ryh 3209:16 A]* im Juni 1994 direkt im Lesesaal in seinen seitlichen Dimensionen mit einem ca. 80 cm langen Glasmaßstab ausgemessen worden (im Folgenden als „Messung 1994“ bezeichnet). Die Höhenverhältnisse konnten nur bezüglich einer bestimmten, auf dem Plan bereits vorhandenen (und demnach dem Papierverzug und weiteren Unregelmäßigkeiten ausgelieferten) Referenzlinie gemessen werden, da weder eine Glasplatte mit eingraviertem Gitter noch ein Koordinatograph zur Verfügung standen, welche die gleichzeitige Ermittlung beider Bildkoordinaten erlaubt hätten. Diese Höhenmessungen von 1994 wurden denn auch seinerzeit gar nicht ausgewertet.

Anhand der längsten Vergleichsdistanz auf der unteren Gradleiste (Azimute 136° bis 191°) war 1994 der Radius des Projektionszylinders zu 658,59 mm errechnet und in der Folge die seitlichen Ablesungen in einen Richtungssatz umgerechnet worden. Dieser wurde mit Hilfe des für Triangulationen konzipierten Ausgleichungsprogrammes *LTOP*[2] ausgewertet und dabei die Koordinaten von MICHELIs Standort innerhalb der Festung Aarburg ermittelt. Vorgängig mussten zunächst die von MICHELI anvisierten Gipfel identifiziert werden. Anhand der Verbesserungen an den einzelnen Richtungen wurde die Lagegenauigkeit der Punkte im Kupferstich abgeschätzt. Auch die Genauigkeit der Meridianbestimmung wurde ermittelt.

Dieser behelfsmäßigen numerischen Auswertung analog ermittelter Messwerte soll mit dem hier vorgestellten Vorgehen ein rein digitaler Datenfluss gegenübergestellt werden, der auf der gleichzeitigen Ermittlung beider Bildkoordinaten anhand eines Geographischen Informationssystems (GIS) mit anschließender Auswertung mit dem photogrammetrischen Bündelblockausgleichungsprogramm *ORIENT*[3] beruht. MICHELIs Werk wird somit mit jener Software analysiert, die seinem seinerzeitigen Vorgehen heute am besten entspricht. Als wohl wichtigste Voraussetzung für dieses beabsichtigte Vorgehen musste der *„Prospect Geometrique“* zuerst in gescannter Form in guter Auflösung vorliegen, um auf dieser Grundlage anschließend die Bildkoordinaten ausgewählter Punkte für die Auswertung mit *ORIENT* bestimmen zu können.

[1] http://www.kartengeschichte.ch/ch/d-faksim.html
Stichwort: Alpen 1755
letzter Aufruf: 08.02.2012.

[2] http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/software/products/ltop.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

[3] http://www.ipf.tuwien.ac.at/products/produktinfo/orient/html_hjk/orient.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

5. Die Bilddateien und die Koordinatenmessungen

Wenn möglich sollte der neuen Untersuchung das gleiche Exemplar zu Grunde liegen wie jener von 1994. Dieses befindet sich in der Kartensammlung Ryhiner in der *Universitätsbibliothek Bern*, deren Objekte in den Jahren 1994-1997 farbig und hochauflösend mikroverfilmt worden waren. Mit dem dabei auf dem Mikrofilm als Referenz abgebildeten Maßstab von 22 cm Länge ließ sich die Originalgröße des *„Prospect Geometrique“* rekonstruieren. 2002-2007 wurden die Mikrofilme durch eine Privatfirma hochaufgelöst gescannt, und dieser Masterscan wurde freundlicherweise von der Universitätsbibliothek für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Dabei zeigte sich allerdings ein Widerspruch zwischen der aus dem abgebildeten Maßstab abgeleiteten Größe eines einzelnen Bildpixels und der im Dateikopf angegebenen Auflösung. Dieser Widerspruch ist vermutlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Scan mit voreingestellten Parametern ab Mikrofilm erfolgte und daher keine unmittelbare Richtigkeit für das Original garantieren konnte. Angesichts der für das beabsichtigte Vorhaben relativ groben Auflösung – ein Bildpixel ist 0,124 mm (≙ 205 dpi) groß – wurde die Universitätsbibliothek gebeten, einen neuen Scan mit höherer Auflösung vorzunehmen. Auch diesem Ansinnen wurde entsprochen. Angesichts des Längsformates des *„Prospect Geometrique“* von 65 cm und der in der Bibliothek verfügbaren Scanner waren im Sommer 2011 allerdings zwei Scandurchgänge nötig, welche immerhin mit großer Überlappung vorgenommen werden konnten. Die Auflösung der beiden Bilddateien beträgt 600 dpi, was eine Auswertung in einer dem Objekt angemessenen Qualität versprach. Allerdings war – da nicht speziell gewünscht – bei diesen Scans kein Maßstab mit abgebildet worden, sodass die Größe eines Bildpixels und somit die Dimensionen des Objektes nur anhand der Angaben im Dateikopf ermittelt werden konnten. Die beiden Dateien von je über 320 MB wurden am *Bundesamt für Landestopografie swisstopo* mit Hilfe des Moduls *„Automerge“* von *Adobe® Photoshop®* zu einer einzigen Datei vereinigt, auf das eigentliche Objekt zugeschnitten und bezüglich der Farbtonwerte optimiert.

Als eine erste Auswertung einen gegenüber dem 1995 publizierten Wert um 6,4% kürzeren Radius des Projektionsszylinders ergab, musste die verwendete Bilddatei näher untersucht werden, weil sich eine solche Differenz nicht mit dem Papierverzug erklären lässt und befürchtet werden musste, dass die Bilddatei einen beträchtlich zu kleinen Maßstab aufweist. Ein direkter Vergleich mit der längsten seinerzeit mit dem Glasmaßstab gemessenen Strecke zwischen den Azimutstrichen 136° und 191° bestätigte den Sachverhalt, und ein Vergleich sämtlicher Azimutstriche der unteren Gradleiste zeigte zudem beträchtliche Abweichungen, die bis zu 1,1 mm betragen und unregelmäßig verteilt sind. Es bestanden also berechtigte Zweifel an der geometrischen Qualität des verwendeten Scanners. Dass die Verzerrungen erst beim Prozess *„Automerge“* entstanden wären, konnte praktisch ausgeschlossen werden, da die beiden Teile die gleichen Verzerrungseigenschaften aufweisen.

Das Original war 1995 im Hinblick auf die Faksimilierung am *Bundesamt für Landestopografie* mit einer für große Formate eingerichteten Spezialkamera aufgenommen und die gesamte damalige Verarbeitungskette von der Aufnahme über die Filmmontage bis hin zum Druck mit großer Sachkenntnis und Sorgfalt durchgeführt worden. Deshalb wurde die Untersuchung auf einen Scan abgestützt, der etwa vier Jahre nach der Publikation von dem Faksimile mit 600 dpi Auflösung vorgenommen worden war. Hier weicht die Vergleichsstrecke zwischen den Azimutstrichen 136° und 191° bloß um 1,25 mm von den Messungen am Glasmaßstab von 1994 ab, was 0,2% entspricht und mit dem Papierverzug erklärt werden kann. Die maximale Abweichung zwischen zwei benachbarten Azimutstrichen beträgt 0,23 mm und liegt nur unwesentlich über der seinerzeitigen Ablesegenauigkeit am Glasmaßstab.

Auf dieser Grundlage wurden durch MARTIN RICKENBACHER die Bildkoordinaten folgender Punktgruppen mit *ArcMap*[4] von *Esri* gemessen:

- 1-39: Punkte, die im *„Prospect Geometrique“* bestimmt wurden (mit Buchstaben gekennzeichnet),
- 91-96: nahe am Projektionszentrum gelegene Kirchen, größtenteils Triangulationspunkte,
- 101-134: weitere identifizierbare Geländepunkte, die von MICHELI nicht direkt bestimmt wurden,
- 1136-1191: untere Azimutleiste (geographisch Nord = 0°, Altgrad),
- 2136-2191: obere Azimutleiste (dito),
- 3001-3039: Richtungen auf die Punkte 1-39 (nicht ausgewertet),
- 4000-4012: linke Höhenskala,
- 4100-4112: rechte Höhenskala.

Die Passpunktkoordinaten der ersten drei Punktgruppen wurden in der Regel anhand der Landeskarte 1:25.000 bestimmt. Die Punkte der zweiten Gruppe sind Triangulationspunkte und somit mit hoher Genauigkeit bestimmt; im Verlaufe der Bearbeitung wurden deren Bodenhöhen zusätzlich an der *swisstopo* photogrammetrisch ausgewertet. Die „.mes“-Datei mit den Bild- und die „.koo“-Datei mit den Passpunktkoordinaten bilden die Grundlage für die Berechnungen mit *ORIENT*.

[4] http://www.esri-germany.de/products/arcgis/about/arcmap.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

6. ORIENT

ORIENT ist ein universelles Programmsystem für strenge Ausgleichungen auf dem Gebiet der photogrammetrischen Punktbestimmung, wobei viele verschiedene Arten von Beobachtungen und/oder Parametern gleichzeitig verarbeitet werden können *[Kager, 1989]*:

- Beobachtungen:
  - Bildpunkte aus
    - Perspektiven (x,y)
    - Zeilenscannern (x = t,y)
  - Modellpunkte (x,y,z)
  - Polarpunkte (horizontale Richtung, Zenitdistanz, Entfernung)
  - Passpunkte (X,Y,Z)
  - fiktive Beobachtungen (Ebenen und Geraden, Oberflächen und Kurven (Polynome), Splines)
- Parameter:
  - Transformationsparameter (Kalibrierung, Orientierung)
  - Zusätzliche Parameter für
    - Bilddeformationen (Verzeichnung, Wölbung)
    - Ausformung von Objektgestalten
  - Modellierung von Scannerflugbahnen (Polynome oder Splines)

MICHELI hat für die zu bestimmenden Punkte das Azimut sowie die Stabablesung gegenüber dem Niveau gemessen und diese beiden Elemente als Bildkoordinaten in den *„Prospect Geometrique“* übertragen. Sein Vorgehen kann somit durchaus mit dem Messprinzip moderner Zeilensensoren verglichen werden, die heute typische Komponenten bewegter Aufnahmesysteme in Flugzeugen und Satelliten sind. Das entsprechende mathematische Modell ist in *ORIENT* implementiert *[Ries et al., 2002]*. Im hier vorliegenden Spezialfall einer perspektivischen Zylinderprojektion stelle man sich eine vertikale Sensorzeile vor, die um die vertikale Zylinderachse gedreht wird. Die Sensorzeile ist dabei Erzeugende und liegt in einer Mantellinie des Zylinders. Als Bezugsmantellinie wird der Süd-Meridian gewählt.

Die Bildanalyse mit *ORIENT* verfolgt zwei Ziele: Erstens gilt es, die Aufnahmegeometrie des *„Prospect Geometrique“* zu rekonstruieren, und zweitens sollen Anhaltspunkte über dessen Genauigkeit gewonnen werden. Dazu ist es nötig, die Parameter der äußeren und inneren Orientierung zu ermitteln, die im *„Prospect Geometrique“* in graphischer Form enthalten sind. Die äußere Orientierung lokalisiert das Werk in einem übergeordneten Bezugsrahmen. Die hierbei zu ermittelnden Parameter sind die Koordinaten und die Höhe des Standortes des Zeichners, die Lage der Zylinderachse im Raum und das Azimut des Südpunktes. Als Nebenergebnis fallen auch die Azimute der linken und rechten Bildbegrenzung an, und der Öffnungswinkel des Bildes ergibt sich aus der Differenz dieser beiden Werte.

Die innere Orientierung beschreibt die Lage des Projektionszentrums (Auge des Zeichners) zur Bildebene der Sensorzeile im sogenannten Bildkoordinatensystem. In unserem Falle interessiert hier nur ein Parameter, nämlich der Abstand der Bildebene vom Projektionszentrum, der im vorliegenden Falle einer Zylinderprojektion als Radius des Projektionszylinders bezeichnet wird (Abb. 1). Bei ebenen Bildern mit kleineren Öffnungswinkeln würde man von der Kammerkonstante sprechen.

7. Mathematisch-geometrisches und stochastisches Modell

Die einzelnen Elemente des *„Prospect Geometrique“* werden wie folgt in *ORIENT* umgesetzt:

7.1. Bezugsrahmen

Die Berechnungen erfolgen im Bezugsrahmen der Landesvermessung 1903 (LV03), auf dem das schweizerische Landeskartenwerk beruht. Demnach unterscheiden sich die von MICHELI bestimmten Azimute von jenen des Bezugsrahmens um die Meridiankonvergenz, die in Aarburg 0,3382° beträgt. Die Normalschnittreduktion kann trotz der Visurlängen von 100 km entfallen.

7.2 Gradleisten

Da man aus dem *„Prospect Geometrique“* nicht ersehen kann, unter welchem Höhen- bzw. Tiefenwinkel die Gradleisten angeordnet worden sind, werden deren Urpunkte 1136-1191 bzw. 2136-2196 im Raum so definiert, dass sie als Bildpunkte bis auf die Zeichengenauigkeit die Punkte der jeweiligen Gradleiste ergeben. Die Modellierung dieses Sachverhaltes erfolgt durch Polarmessungen analog einem Theodolit in zwei Horizontalebenen (entsprechend der oberen und der unteren Gradleiste) mit den vorgegebenen Azimuten, der Zenitdistanz zum Horizont und einer willkürlichen Entfernung. Die Anpassung an den unbekannten Höhen- bzw. Tiefenwinkel erfolgt durch die unbekannte, durch Ausgleichung zu bestimmende vertikale Verschiebung des jeweiligen Ursprunges der beiden Polarräume über bzw. unter dem Projektionszentrum.

Damit die Zentren dieser beiden Polarräume auf einer Vertikalen durch das Projektionszentrum liegen, wird eine sogenannte „GESTALT“ benutzt, für die eine Genauigkeit a priori von ± 1 m angenommen wird.

7.3 Seitliche Höhenskalen

Die seitlichen Höhenskalen *„Pouces de Nivellem^{t}“* werden in Analogie zu Messlatten als eine Folge kartesi-

scher 3D-Punkte als „MODEL“ modelliert, und zwar am linken, östlichen Bildrand (Punkte 4000-4012 mit x=0, y=0, z=0, 1, 2, …, 12 für den aktuellen Zollwert) als auch am rechten, westlichen Bildrand (Punkte 4100-4112). Die Vertikalität der Messlatten wird auf ±1 mgon erzwungen. Aus dem Vertikalmaßstabsfaktor der orientierten Modelle, die in eine Entfernung von 24 Einheiten (Länge der Dachrinne in Fuß) gezwungen werden, kann auf die Überhöhung geschlossen werden.

7.4 Vertikale Zylinderachse

Weil MICHELI die Stabablesungen vertikal zur Wasseroberfläche des Niveaus getätigt hat, folgt daraus, dass auch die Zylinderachse als vertikal anzunehmen ist. Dies wird als Beobachtung der Horizontierung in die Ausgleichung eingeführt, mit der Genauigkeit einer Stabablesung, die MICHELI zu einer halben Bogenminute abgeschätzt hat.

7.5 Lagerungsfälle

Weil anzunehmen war, dass die Passpunkte (PP) unterschiedliche Qualität aufweisen, wurden folgende Lagerungsfälle unterschieden:

- Lagerungsfall 1 (LF1):
  PP 1-39
  (von MICHELI vermessene Punkte mit vermuteter höherer Genauigkeit; Abb. 3),
- Lagerungsfall 2 (LF2):
  plus PP 91-96
  (nahe gelegene Kirchen und Schlösser),
- Lagerungsfall 3 (LF3):
  plus PP 101-139
  (von MICHELI vermutlich nicht vermessen, sondern bloß eingezeichnet).

Zu den Lagerungsfällen 2 und 3 muss bemerkt werden, dass sich diese Kirchen des Entfernungsbereiches 4,8 bis 10,1 km nur im Azimutbereich von 137,4° bis 152,8° befinden, womit nur 15° des gesamten Gesichtsfeldes des *„Prospect Geometrique“* von 55° mit nahen Visuren abgedeckt sind. Dies hat zur Folge, dass die große Halbachse der Fehlerellipse des Projektionszentrums in diesem schmalen, nach Südosten gerichteten Sektor liegt. Im Süd-Bereich mit Distanzen von rund 90 bis 100 km betragen die Entfernungsunterschiede nur etwa 10% (Abb. 3).

7.6 Stochastisches Modell und Qualitätskontrolle

Das stochastische Modell beschreibt die a priori Kenntnisse der Datenqualität. Bei den anhand der Landeskarte 1:25.000 bestimmten Passpunkten wurde in der Lage ein mittlerer Kartierfehler von 0,2 mm geschätzt, was ±5 m entspricht, für die Höhe kotierter Punkte ±1 m. Die Lage- und Höhengenauigkeit von Triangulationspunkten wurde mit ±0,1 m eingeführt. Für die Bildkoordinaten wurde in der Regel bei gut definierten Punkten eine Messgenauigkeit von ±0,1 mm in beiden Koordinatenachsen angenommen, bei flachen Geländekuppen quer zur Betrachtungsrichtung ±0,3 mm.

Die Varianzkomponentenanalyse setzt sie in Beziehung zu den a posteriori gewonnenen Werten.

Diese Werte erwiesen sich im Laufe der Bearbeitung als zu optimistisch. Angesichts der Qualität des Landeskartenwerkes besteht aber ein Handlungsspielraum praktisch nur bei den Bildkoordinaten, insbesondere deswegen, weil auch eine Definitionsunsicherheit hinzukommt *[Kraus, 1990]*. Nimmt man an, dass MICHELI die Azimute am Viertelkreis auf 0,2 mm genau abgelesen hat, dann entspricht dies einer mittleren Lagegenauigkeit im *„Prospect Geometrique“* von etwa 0,3 mm. Wie genau die Originalzeichnung in den Kupferstich umgesetzt wurde, lässt sich bloß abschätzen, da diesbezügliche Untersuchungen fehlen. Nimmt man dafür weitere ±0,3 mm an, beträgt die erwartete mittlere Genauigkeit etwa ±0,4 bis ±0,5 mm.

Wie stark verändert sich nun das Resultat einer Ausgleichung, wenn ein gerade nicht entdeckter Ausreißer die Lösung verfälscht? Bei dieser Aufgabe wurde dieser Effekt experimentell untersucht: Mittels „Durchschnüffelung“ der Daten *(„Data Snooping“) [Förstner, 1982]* wurde die am meisten verdächtige Beobachtung gesucht, eliminiert und die Ausgleichung ohne sie wiederholt. Durch Wiederholung dieses Prozesses entsteht eine Folge von Lösungen mit verschiedenen Augpunkten (Projektionszentren), die visualisiert werden kann (Abb. 4). Für die verschiedenen Lagerungsfälle ergeben sich unterschiedliche Pfade, die im Vergleich zu den Fehlerellipsen, welche die Punktlagegenauigkeit beschreiben, ein recht widersprüchliches Verhalten zeigen können.

Welche Lehren können daraus gezogen werden? Bei derartigen Rekonstruktionen kann es bei ungünstiger Konfiguration – zum Beispiel im Lagerungsfall 1 (LF1) ohne Nahpunkte – zu zufälligen Ergebnissen kommen, die von der mitgeschätzten Genauigkeit stark abweichen. Ein Blick auf Abb. 3 lässt die Nähe eines gefährlichen Kreises durch die ferne Gipfelflur und den potentiellen Standpunkt erahnen, was die geringere Genauigkeit von LF1 erklären mag. Künstlerische Freiheiten wie beispielsweise die vergrößerte Darstellung von markanten Gebäuden oder deren geringfügige Verschiebung zur Vermeidung von Kulisseneffekten, können so die Resultate verfälschen, wenn sie nicht einer Qualitätskontrolle unterzogen werden. Andererseits sollte Vorwissen als Resultat einer intensiven topographischen Auseinandersetzung mit dem dargestellten Landschaftsausschnitt in das *„Data Snooping“* einfließen – die Plausibilität allein auf Statistik zu begründen und die Iteration abzubrechen, sobald die Normalverteilung der verbleibenden Residuen eingetreten ist, kann ebenso zu unplausiblen Resultaten führen. Einfach deswegen, weil die Unterstellung einer Normalverteilung nicht zutreffen muss. Dafür ist das Verhalten von LF3CH in Abb. 4 ein

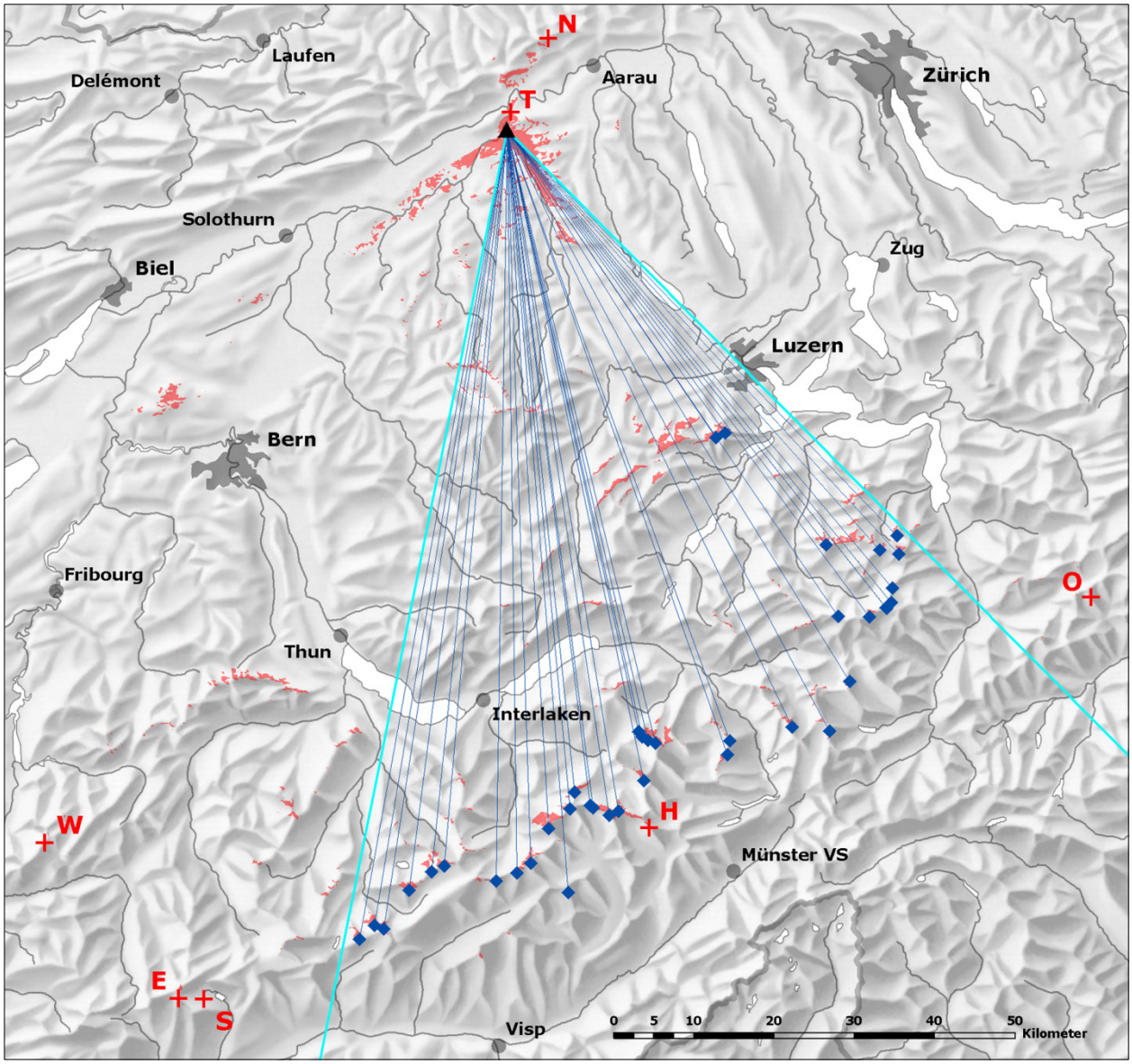


Abb. 3: *Sichtbarkeitskarte mit den im „Prospect Geometrique" bestimmten und benannten Gipfeln (Lagerungsfall 1), berechnet mit SCOP anhand des Digitalen Höhenmodells DHM25*[5] *von swisstopo. Die von Aarburg aus sichtbaren Geländeteile sind der Schattierung rötlich überlagert. Bemerkenswert ist, dass von allen topographischen Extrempunkten nur der höchste Punkt **H**, das Finsteraarhorn (4.274,4 m / 88,86 km), im Bildsektor liegt. Der entfernteste sichtbare Punkt **E**, der Mont Pucel (3.171,6 m / 115,84 km), sowie der südlichste (**S**) und östlichste (**O**) liegen außerhalb des dargestellten Bereiches, und der nördlichste (**N**) und tiefste (**T**) Punkt liegen im Rücken des Betrachters.*

Beispiel: Hier tritt nach weitgehender Elimination der Passpunkte im Vordergrund ein großer Sprung des Augpunktes auf. Damit wird der LF3 zum LF1 – bloß mit mehr Gipfeln. Der Gewichtseinheitsfehler σ_0 ist von ±0,59 mm (am Anfang) längst auf ±0,33 mm angelangt gewesen, was die Erwartungen bereits erfüllte. Beim Sprung vergrößert sich der Zylinderradius um 0,5 mm – allerdings nimmt auch seine Standardabweichung zu: von ±0,16 mm auf ±0,19 mm (also um 20%), was bedeutet, dass essentielle Information verloren gegangen ist.

8. Schlussfolgerungen

Aufgrund des beschränkten Platzes können hier die Ergebnisse nicht im Detail veröffentlicht werden. Wer die nachfolgend präsentierten Erkenntnisse im Detail nachvollziehen möchte, kann die Inputdateien mit den Bild- und den Passpunktkoordinaten, ausgewählte Berech-

[5] http::://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/height/dhm25.html
letzter Aufruf: 08.05.2012.

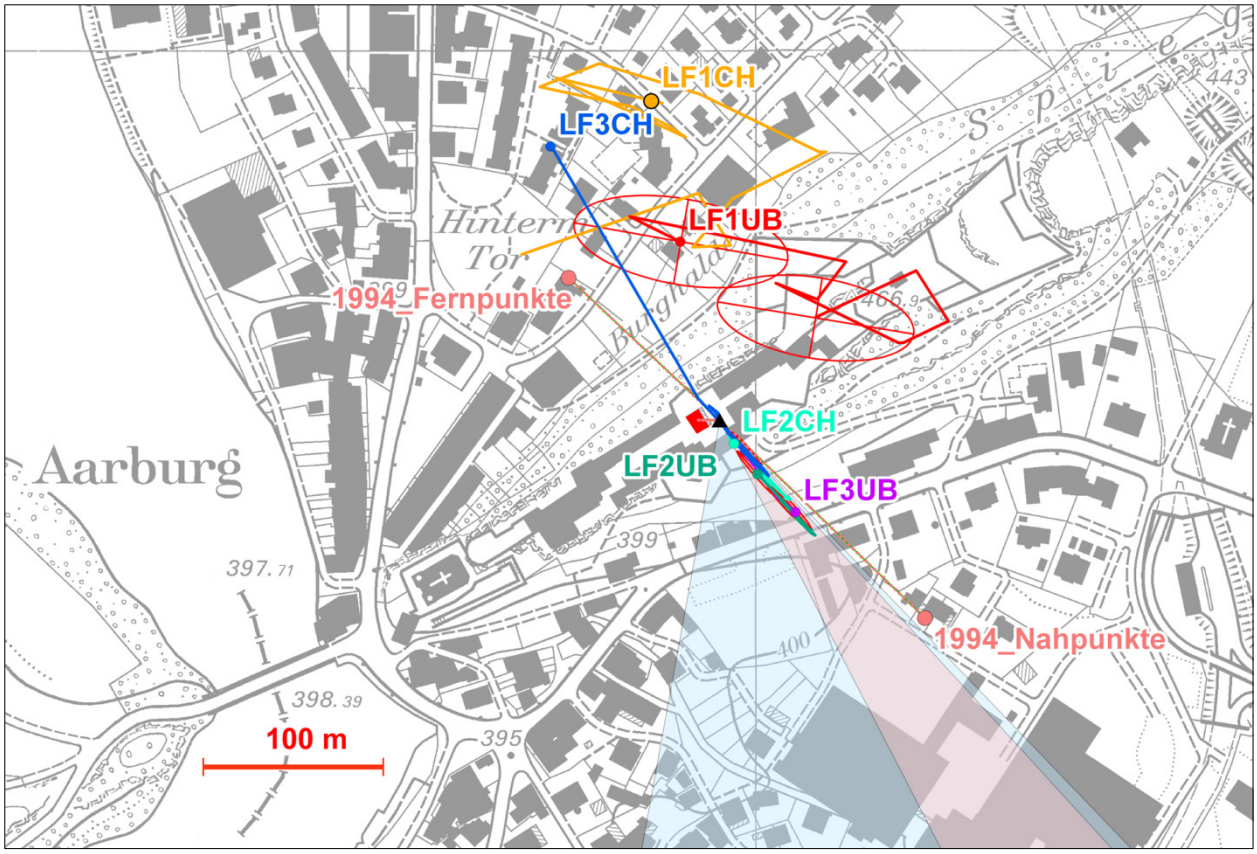


Abb. 4: *Die Lageveränderung des Projektionszentrums in je drei Lagerungsfällen (LF1, LF2, LF3) anhand des Original-Scans der Universitätsbibliothek Bern (UB) und des gescannten Faksimiles (CH) bestätigt einerseits, dass die Zeichnung in unmittelbarer Nähe des „Laboratoriums“ (rot) entstanden sein muss, wo* MICHELI *inhaftiert war. Andererseits wirkt sich die unterschiedliche Scannerqualität (Abb. 5.1) nur beim geometrisch unstabilen LF1 signifikant aus. Mit* ***1994_...*** *sind die beiden einzigen seinerzeit berechneten Lagerungsfälle bezeichnet; deren Verbindungslinie schneidet die Festung am gleichen Ort wie die aktuellen Lagerungsfälle und bestätigt damit die damaligen Erkenntnisse. Der blassblaue Sektor umfasst das gesamte Gesichtsfeld des Panoramas, im rosa Sektor befinden sich die Nahpunkte. Hintergrund: Daten der amtlichen Vermessung des Kantons Aargau (Übersichtsplan Blatt 94).*

nungsresultate aus *ORIENT* und Abbildungen besserer Auflösung von der Webseite

http://www.ipf.tuwien.ac.at/hk/micheli/

herunterladen.

Die nochmalige intensive Auseinandersetzung der Autoren mit MICHELIS Vorgehen haben die bereits 1994/95 gewonnenen Erkenntnisse in ihren Hauptzügen bestätigt: Der *„Prospect Geometrique“* ist ein typisches Werk der Aufklärung, das eine der Hauptfragen der damaligen Wissenschaft, die Bestimmung von Höhen, mit einer originellen, aber effektiven und der Situation des Autors angepassten Strategie anging und dabei eine erstaunliche Genauigkeit erreichte. Der mittlere Lagefehler eines Bildpunktes von nur ±0,3 mm beim Start der Ausreißersuche im LF1 bis ±0,2 mm nach ca. 15 Koordinateneliminationen, abgeleitet aus 39 Passpunkten, beweist, dass das Werk seinem Anspruch, „geometrique“ zu sein, gerecht wird. Bei LF2 (45 Passpunkte) fällt diese Standardabweichung von ±0,4 mm auf ±0,25 mm, bei LF3 (78 Passpunkte) von ±0,59 mm auf ±0,40 mm. In diesen Werten sind verschiedene Einflüsse (MICHELIS Messung und Zeichnung, der Kupferstich, Papierverzug zu unterschiedlichen Zeitpunkten und unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen, Digitalisierung auf verschiedenen Scannern (Abb. 5.1), Punktmessung – keiner von vernachlässigbarer Größenordnung) überlagert. Die bereits 1994 gemachte Feststellung, dass der *„Prospect Geometrique“* von wesentlich besserer Qualität ist als bisher dargestellt, hat sich somit eindeutig bestätigt (Abb. 5.2 und 5.3).

Anderseits konnten im Verlaufe der Untersuchungen gegenüber 1994/95 auch neue Erkenntnisse gewonnen werden. Dazu gehört die Einsicht, dass MICHELI mit dem *„Prospect Geometrique“* vermutlich seine Messmaschine im Maßstab von 1:12 modelliert hat. Zwar ist bei einem Panorama der Begriff „Maßstab“ in der Regel nicht angebracht, im vorliegenden Falle ausnahmsweise aber schon: Die Tatsache, dass sich aus der Ausgleichung ein Radius des Projektionszylinders von 657,4 ±0,12 mm bei LF1 (657,2 ±0,13 mm bei LF2 und 656,8 ±0,18 mm

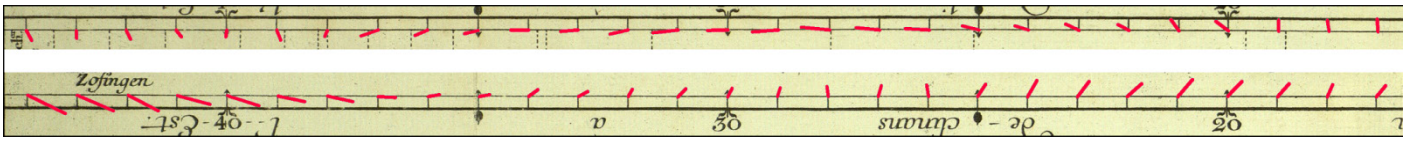


Abb. 5.1: *Mit 15:1 vergrößerte Verschiebungsvektoren der oberen und unteren Gradleiste zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Scannerqualität. Der Verlauf der Vektorspitzen deutet auf wellenförmige Verzerrungen zwischen den Digitalisierungen infolge des Scannens hin.*

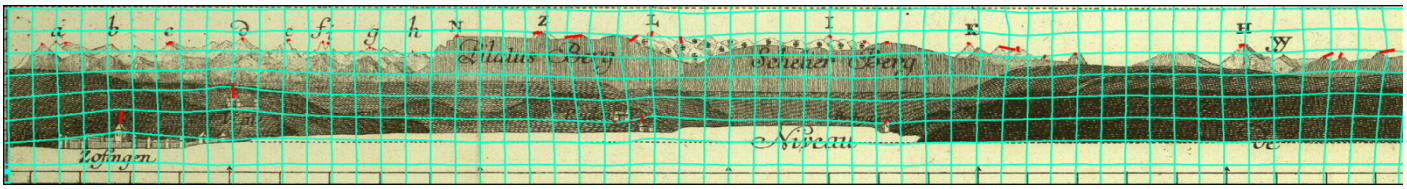


Abb. 5.2: *Graphische Resultate der Verzerrungsanalyse: Verzerrungsgitter (Abstand 30‘ für vertikale und 2 Pouces für horizontale Linien) mit Residuenvektoren 1:1. Die regelmäßige Gitterstruktur und die kleinen Vektoren zeigen, dass der „Prospect“ das Prädikat „geometrique“ nach seinerzeitigen Kriterien sehr wohl erfüllt hat. Das Urteil eines Berner Wissenschafters, Michelis Arbeit leide unzweifelhaft an bedeutender Ungenauigkeit, sowohl was die Zeichnung als auch was die Berechnung [Graf, 1892, S. 252], zutrifft, ist hingegen in Frage zu stellen.*

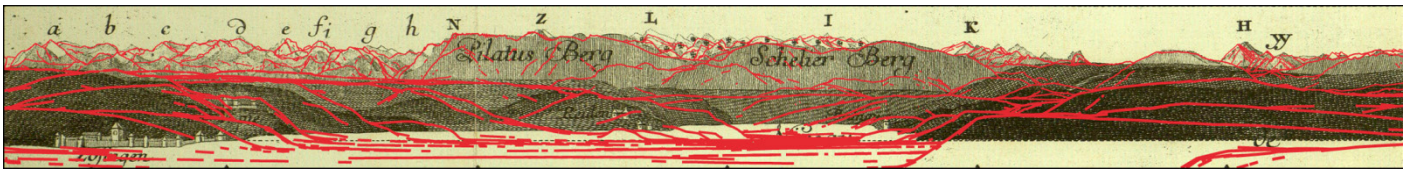


Abb. 5.3: *Direkte Beurteilungsmöglichkeit der zeichnerischen Qualität des Landschafsbildes anhand einer Überlagerung mit Silhouettenlinien, die mit SCOP anhand des Digitalen Höhenmodells DHM25 unter Berücksichtigung des Überhöhungsfaktors berechnet wurden.*

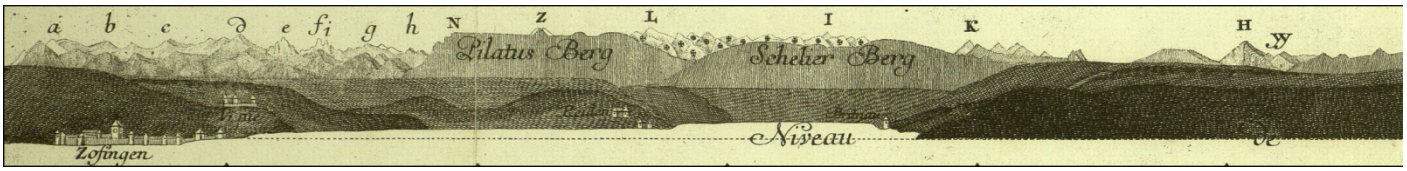


Abb. 5.4: *Landschaftsbild des „Prospect Geometrique“, Ausschnitt zwischen den seitlichen 12 „Pouces du Nivellem[t].“ und zwischen oberem Rand der unteren Gradleiste und unterer Risslinie der Azimute.*

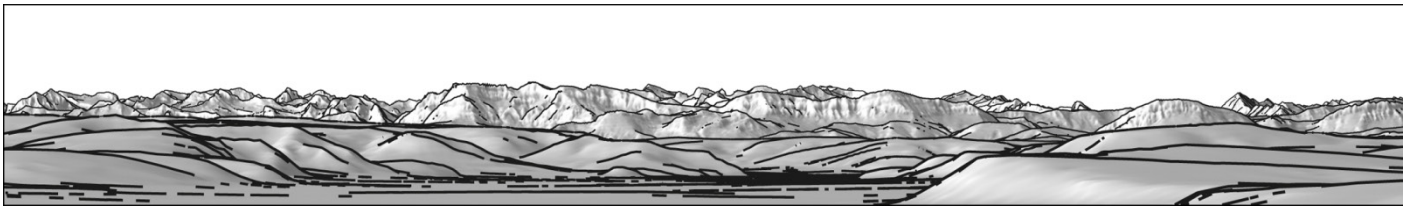
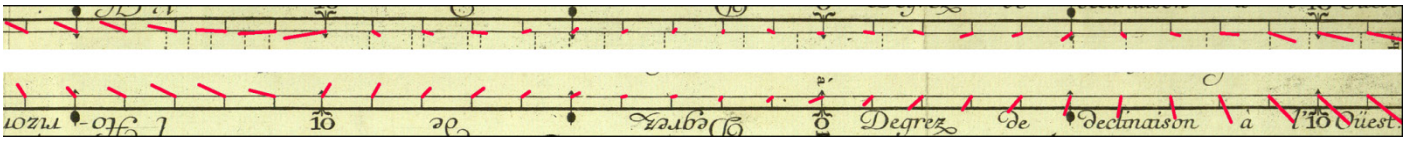
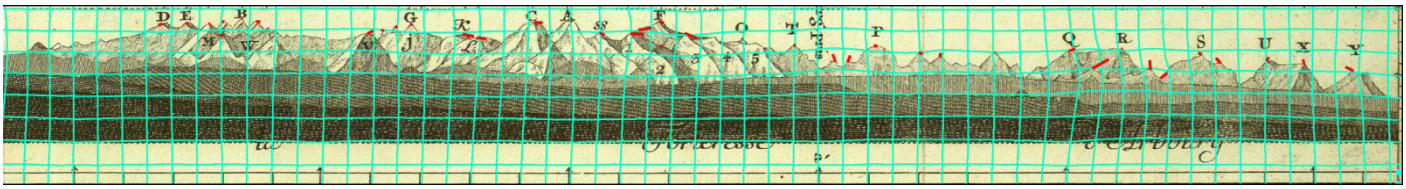
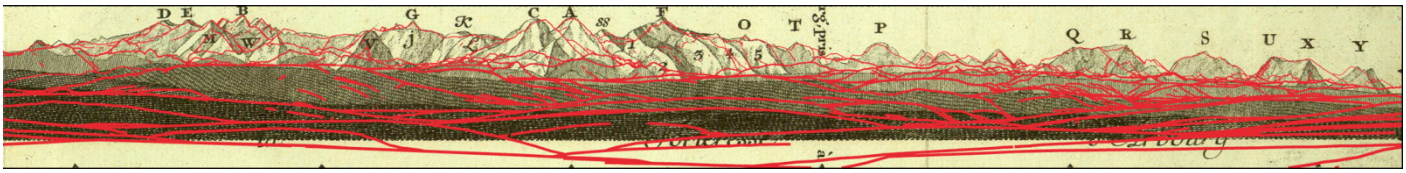
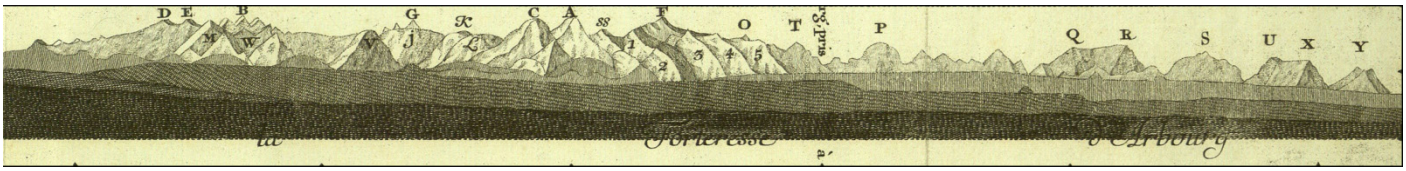


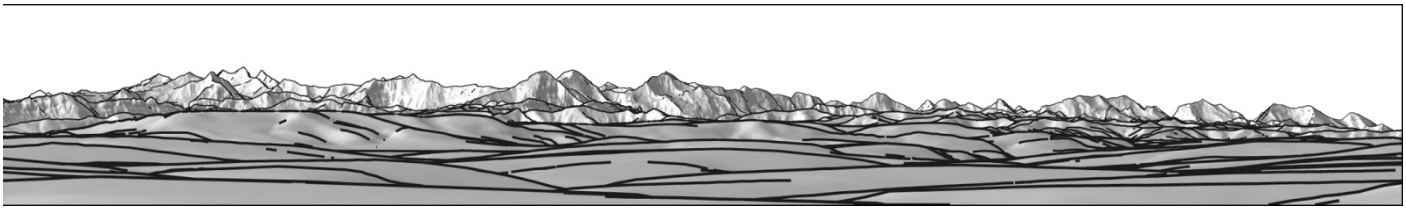
Abb. 5.5: *Analytisch anhand des DHM25 mit Silhouettenlinien und Schattierungen erstelltes Landschaftsbild als Referenz (nicht überhöht).*


Degrez de declinaison a l'Ouest


D E B M W G J K L C A ss F O T P Q R S U X Y


D E B M W G J K L C A ss F O T P Q R S U X Y


D E B M W G J K L C A ss F O T P Q R S U X Y



bei LF3) ergibt, was 24 Zoll = 649,7 mm bis auf 1,1% entspricht, deutet nämlich auf eine auffallende Parallele zur Länge der Wasserwaage von 24 Fuß hin. Weil ein Fuß 12 Zoll enthält, ergibt sich daraus obiges Maßstabsverhältnis, das mit dem Zwölfersystem (Duodezimalsystem) des damaligen französischen Maßsystems verknüpft ist. Ob auch die Höhenverhältnisse im gleichen Verhältnis verkürzt wurden, bleibt bei Redaktionsschluss noch offen. Die Auswertung der beidseitigen Höhenskalen zielte auf die Prüfung der folgend umschriebenen Hypothese: Falls MICHELI beabsichtigt haben sollte, die Ablesungen in Zoll in der gleichen Anzahl Linien wiederzugeben und somit einen Fuß auf einen Zoll abzubilden, hätte er (bei einer der Berechnungsvarianten) die linke der beiden seitlichen Skalen etwa um den Faktor 1,073 ±0,016, die rechte um 1,057 ±0,016 überhöht. Die Kamerakonstante **c** variiert ebenfalls mit den Lagerungs- und Ausreißerfällen im Bereich 660 bis 710 mm bei ±6 bis ±12 mm. Die entsprechenden Faktoren von **c** zu 24 Zoll variieren etwa von 1,109 ±0,020 bis 1,172 ±0,015 bei LF1, von 1,090 ±0,01 bis 1,017 ±0,09 bei LF2 und von 1,070 ±0,016 bis 1,084 ±0,012 bei LF3. Die Beurteilung ist diffizil, da die Genauigkeit der Kamerakonstanten **c** auf Grund des kleinen Öffnungswinkels des Sensors (kleiner als 1:24 – Teleobjektiv) und der möglicherweise in der Höhe verdrängten Nahpunkte unsicher ausfällt. Insbesondere bei LF1 ist die Korrelation mit dem Augpunkt unangenehm hoch – siehe Fehlerellipsen in Abb. 4. Außerdem wurde die Messlatteninformation (noch) nicht an die Höhenbestimmung gekoppelt, sodass die Sensorkalibrierung selbst nur über die Objekthöhen erfolgt. Diese Werte und ihre Signifikanz werden noch zu untersuchen sein. Zusammenfassend scheint eine geringe Überhöhung vorhanden zu sein.

Die Meridianabweichung stellt einen weiteren Aspekt dar. Sie ist die um die Meridiankonvergenz bereinigte Richtung zu MICHELIs Süd-Meridian. Umgerechnet auf die Zeichenfläche ergeben sich – je nach Lagerungsfall und Ausreißerstand – Werte von -0,3 bis -0,7 mm bei LF2 bzw. -0,6 bis -0,9 mm bei LF3. LF1 reagiert etwas heftiger auf Ausreißer. Das weitgehend gemeinsame Vorzeichen deutet auf eine zarte Systematik in Richtung Karten-Süd hin. Eine Richtungsabweichung von 0,03° entspricht 0,3 mm am *„Prospect“*. Desweiteren bewegen sich die Studentfaktoren im Bereich von 0,5 bis etwa 1,5 – somit kann keine signifikante Abweichung von MICHELIs Polarismessung nachgewiesen werden.

Wer mit digitalen Methoden arbeitet, muss sich vor Beginn seiner Arbeit ein Bild von der Qualität des zugrunde liegenden Digitalisats machen. Es genügt nicht, bei einem Scan mit hoher Auflösung davon auszugehen, dass damit automatisch auch die geometrische Qualität des Scanners gewährleistet würde. Dieses letzteren Beurteilungskriteriums sollten sich die Bibliotheken und Archive, welche die Originale in ihren Beständen halten und für derartige Untersuchungen in digitaler Form zugänglich machen sollten, vermehrt bewusst sein, indem sie beispielsweise ihre Scanner kalibrieren lassen oder zwei orthogonal liegende Maßstäbe sowie Farbkeile mitscannen. Diese besondere Sorgfalt bei der Digitalisierung gilt besonders für Archive, denen von den Landesvermessungsämtern Manuskriptkarten und weitere Originale zur Aufbewahrung übergeben werden. Zahlreiche Institutionen mit großen Kartensammlungen stehen vor der großen Aufgabe einer Digitalisierung. Bei Karten und kartenverwandten Darstellungen, bei denen die Geometrie ein grundlegendes Charakteristikum bildet, birgt dies eine Verpflichtung in sich, die ihnen seinerzeit vom Autor zugemessenen Eigenschaften bei diesem Prozess sicherzustellen. Eine Karte ist nicht bloß ein schönes Bild, sondern sie muss darüber hinaus als Speicher geometrischer Verhältnisse werden, auch wenn sich die meisten Nutzer vermutlich mit dem „schönen Bild“ zufrieden geben würden. Auch wenn eine Digitalisierung mit optimaler Wahrung geometrischer Aspekte einen vermutlich etwas höheren Aufwand nach sich zieht, dürfte sich dieser durch die Vermeidung aufwändiger Wiederholungen längerfristig doch auszahlen.

Die modernen Messungen und Berechnungen bestätigen also die Erkenntnisse von 1994/95. Oder andersherum gesagt: Wer bei seinen Untersuchungen nicht die letzte Raffinesse modernster Technologien anwenden kann, der kann auch mit vereinfachter Methodik zu einigermaßen stabilen Resultaten gelangen. Bemerkenswert ist allerdings, dass die beiden unterschiedlichen Scannerqualitäten (Abb. 5.1) nicht zu signifikant verschiedenen Erkenntnissen führen: MICHELI DU CREST hat seinen Standort auf der Aarburg im *„Prospect Geometrique“* so gut dokumentiert, dass er sich mit seinem Werk – unabhängig von der angewandten Analysemethode und der Qualität der Grundlage – auch nach 260 Jahren auf zeitlose Art und Weise im heutigen Raum verortet hat.

MICHELI hat sein lokales, aus Azimuten und Höhenablesungen bestehendes Koordinatensystem in zentralperspektivischer Zylinderprojektion mit einer wesentlich höheren Genauigkeit umgesetzt, als dies die Karten seiner Zeit im Grundriss zu gewährleisten vermochten. Dass dies bezeichnenderweise kurz vor dem Erscheinen des ersten Blattes der *„Carte géométrique de la France“* im Jahre 1756 geschah, mit welcher erstmals landesweit eine gute geometrische Qualität auch im Grundriss erzielt wurde, ist ein weiteres Indiz dafür, wie modern MICHELI dachte und wie aktuell die Fragen waren, die ihn beschäftigten. Mit seiner an der Scheuchzerkarte vorgenommenen Maßstabskorrektur lieferte er überdies den vermutlich frühesten Beleg für den Einfluss französischer Erkenntnisse auf ein in der Eidgenossenschaft entstandenes geodätisch-kartographisches Werk. Die Vergleichsdistanz Genf-Basel, auf der die französische Kartographie erstmals die schweizerische berührte, kann durchaus als Abstraktion der französisch-schweizerischen Grenze zwischen beiden Städten verstanden wer-

den. Der *„Prospect Geometrique“* kann somit selbst in seiner zentralperspektivischen Konzeption durchaus unter die ersten bedeutenden geodätisch-topographischen Arbeiten eingereiht werden. Er gehört zu den Initialwerken, welche ein Klima schweizerischer Präzision in diesem Bereich begünstigten und die Entwicklung des Weltrufes der schweizerischen Kartographie bereits in ihren ersten Anfängen mitprägten.

9. Dank

Der Dank der Verfasser für die graphische Gestaltung der Abbildungen und für die Bildüberlagerungen geht an die Kollegen von *swisstopo* MICHAEL PFANNER (Abb. 1), NICOLAI LANZ (Abb. 3) und ADRIAN BÖHLEN (Abb. 5).

10. Literatur und Quellen

Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) [2012a]: DHM25. Online-Publikation.
http::://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/height/dhm25.html
letzter Aufruf: 08.05.2012.

Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) [2012b]: LTOP / LTOPWIN. Online-Publikation.
http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/software/products/ltop.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

Dürst, Arthur [1999]: Johann Jakob Scheuchzer: Vorlage (Handzeichnung) ca. 1712 zur Nova Helvetiae tabula geographica von 1712/1713, linear auf 80% der Originalgrösse reduziert. Begleittext zur Reproduktion. Matthieu, Zürich, 20 S.

Esri Deutschland GmbH (Hrsg.) [o.J.]: ArcMap. Online-Publikation.
http://www.esri-germany.de/products/arcgis/about/arcmap.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

Förstner, Wolfgang [1982]: The reliability of block triangulation. In: Vorträge der 38. Photogrammetrischen Woche an der Universität Stuttgart vom 4.-10. Oktober 1981. – Proceedings of the 38th Photogrammetric Week at Stuttgart University October 4th-10th, 1981. Schriftenreihe des Instituts für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, Heft 8. Stuttgart, S. 225-242.

Graf, Johann Heinrich [1890]: Das Leben und Wirken des Physikers und Geodäten Jaques Barthélemy Micheli du Crest aus Genf, Staatsgefangener des alten Bern von 1746 bis 1766. Wyss, Bern, 210 S.

Graf, Johann Heinrich [1892]: Das Originalpanorama eines Theils der Unterwaldner und Berner Alpen. Von Aarburg aus aufgenommen von J. B. Micheli du Crest. In: Jahrbuch des Schweizer Alpenclub, Band 27, Bern, S. 245-252.

Imhof, Eduard [1946]: Ein grosser Alpen-Topograph und ein vergessenes Gotthard-Relief. In: Die Alpen. Monatsschrift des Schweizer Alpenclub. 22. Jhrg., Heft 3, Bern, S. 52-59, und Heft 4, S. 81-85.
ISSN 0002-6336

Imhof, Eduard [1963]: Kartenverwandte Darstellungen der Erdoberfläche. Eine systematische Übersicht. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie, Band 3, Ulm, S. 54-95.
ISSN 0074-9842

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität Wien (Hrsg.) [o.J.]: ORIENT. Ein universelles photogrammetrisches Ausgleichungssystem. Online-Publikation.
http://www.ipf.tuwien.ac.at/products/produktinfo/orient/html_hjk/orient.html
letzter Aufruf: 04.04.2012.

Kager, Helmut [1989]: Orient: A Universal Photogrammetric Adjustment System. In: *Grün, Armin (Hrsg.):* Optical 3-D Measurement Techniques. Applications in inspection, quality control and robotics. Papers presented to the conference organized at Vienna/ Austria, September 18-20, 1989. Wichmann, Karlsruhe, S. 447-455.
ISBN 3-87907-200-0

Kraus, Karl [1990]: Photogrammetrie, Band 1: Grundlagen und Standardverfahren. Mit Beiträgen von Peter Waldhäusl. 3. Auflage, Dümmler, Bonn, 334 S.
ISBN 3-427-78643-9

Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz [1986]: Lexikon zur Geschichte der Kartographie. Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. 2 Bände. Die Kartographie und ihre Randgebiete, Band C/1 und C/2. Deuticke, Wien, zus. 988 S.
ISBN 3-7005-4562-2

Meier, Pirmin [1999]: Die Einsamkeit des Staatsgefangenen Micheli du Crest. Eine Geschichte von Freiheit, Physik und Demokratie. Pendo, Zürich / München, 498 S.
ISBN 3-85842-357-2

Micheli du Crest, Jacques-Barthélemy [1754]: Prospect Geometrique des Montagnes neigées, dittes Gletscher, telles qu'on les découvre en tems favorable, depuis le Chateau d'Arbourg, dans les territoires des Grisons, du Canton d'Ury, et de l'Oberland du Canton Berne. Lotter, Augsburg.
[Universitätsbibliothek Bern, Kartensammlung Ryhiner: Rhy 3209:16 A]
Faksimile der Ausgabe 1755 und Rekonstruktion 1995 durch *„Cartographica Helvetica“*, vgl.:
http://www.kartengeschichte.ch/ch/d-faksim.html
Stichwort: Alpen 1755
letzter Aufruf: 08.02.2012.

Micheli du Crest, Jacques-Barthélemy [1755]: Mémoire pour l'explication du Prospect des Montagnes neigées que l'on voit du château d'Aarbourg. 4 S.
[Universitätsbibliothek Bern, Kartensammlung Ryhiner: Rhy 3209:16 B]

Picard, Jean [1671]: La Mesure de la terre. L'imprimerie royale, Paris, 20 S.

Rickenbacher, Martin [1995]: Das Alpenpanorama von Micheli du Crest – Frucht eines Versuches zur Vermessung der Schweiz im Jahre 1754. Cartographica Helvetica, Sonderheft Nr. 8, Murten, 24 S., mit Faksimile des *Prospect Geometrique* und Rekonstruktion des Panoramas anhand des DHM25.
ISSN 1422-3392

Rickenbacher, Martin [2004]: Topographische Untersuchungen zu den „Basler" Panoramen des jungen Samuel BIRMANN (1793-1847). In: *Kainz, Wolfgang / Kriz, Karel / Riedl, Andreas (Hrsg.):* Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 16. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, Kartographie und Geoinformation, Wien, S. 110-119.
ISBN 3-900830-54-1
https://dav0.bgdi.admin.ch/swisstopo/about/publi/pdf/WSzGuK16_110-119_lr.pdf
letzter Aufruf: 05.04.2012.

Rickenbacher, Martin [2009]: Geschichte verorten. Zum Einsatz Geographischer Informationssysteme (GIS) in der historischen Forschung anhand von Beispielen aus dem Ersten Koalitionskrieg 1792-1797. In: *Koller, Christophe / Jucker-Kupper, Patrick (Hrsg.):* Karten, Kartographie und Geschichte. Von der Visualisierung der Macht zur Macht der Visualisierung. – Cartes, cartographie et histoire. De la visualisation du pouvoir au pouvoir de la visualisation. Geschichte und Informatik – Histoire et informatique, Band 16. Chronos, Zürich. S. 53-90.
ISBN 978-3-03-400984-3
https://dav0.bgdi.admin.ch/swisstopo/about/publi/pdf/Geschichte_verorten.pdf
letzter Aufruf: 05.04.2012.

Rickenbacher, Martin [2011]: Napoleons Karten der Schweiz. Landesvermessung als Machtfaktor 1798-1815. hier + jetzt, Baden, 352 S.
ISBN 3-03-919196-9
ISBN 978-3-03-919196-3

Ries, Christine / Kager, Helmut / Stadler, Philipp. [2002]: GPS/IMU-unterstützte Georeferenzierung der Daten flugzeuggetragener multispektraler Scanner. In: *Seyfert, Eckhardt (Hrsg.):* Zu neuen Märkten auf neuen Wegen mit neuer Technik. Vorträge, 22. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 24.-26. September 2002 in Neubrandenburg. Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Band 11. Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Berlin, S. 59-66.
ISSN 0942-2870
http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/DGPF2002_Ries-Kager-Stadler.pdf
letzter Aufruf: 04.04.2012.

Roth-Lochner, Barbara / Fornara, Livio (Hrsg.) [1995]: Jacques-Barthélemy Micheli du Crest 1690-1766. Homme des Lumières. Maison Tavel, Genève, 196 S.
ISBN 2-8306-0127-0

Scheuchzer, Johann Jakob [1712]: Nova Helvetiae tabula geographica. Schenk, Amsterdam.
[swisstopo, Kartensammlung: LT K CH35]

Talas, Sofia [2002]: Jacques Barthélemy Micheli du Crests Thermometer und seine Beziehungen zu Georg Friedrich Brander in Augsburg. In: Zeitschrift des Historischen Vereins für Schwaben, 94. Band (2001), Augsburg, S. 177-221 (Übersetzung aus dem Englischen von Inge Keil).
ISSN 0342-3131

Anschriften der Verfasser:

Dr. phil., Dipl.-Ing. ETH Martin Rickenbacher
Ländteweg 1, CH-3005 Bern
Email: martin.rickenbacher@bluewin.ch
c/o Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Seftigenstr. 264, CH-3084 Wabern
E-Mail: martin.rickenbacher@swisstopo.ch

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Kager
Technische Universität Wien, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Gusshausstr. 27-29, A-1040 Wien
E-Mail: hk@ipf.tuwien.ac.at

Siegmund Schulz

Van der Grintens Erdabbildungen in Weltatlanten

Zusammenfassung

Für die Abbildung der Erde in zusammenhängender Form wurden früher in Weltatlanten überwiegend Planigloben verwendet; heute sind es überwiegend Planisphären. Zahlreiche Netzentwürfe – es mögen weit mehr als 100 sein – liegen vor, die zumeist nach ihren Entwicklern benannt wurden. Der deutsch-amerikanische Kartograph ALPHONS J. VAN DER GRINTEN (1852-1921) hat vier Kartennetzentwürfe geschaffen. Drei Entwürfe stellen die Erde in einem Kreis dar (I bis III); einer wird als „apfelförmig" bezeichnet (IV). Bekannt geworden ist die Van der Grinten-I-Projektion durch Weltkarten, die u. a. in Veröffentlichungen der National Geographic Society in den Jahren 1922 bis 1988 publiziert wurden. In aktuellen Weltatlanten ist die originäre Van der Grinten-Abbildung nur selten anzutreffen. Seit 2002 verwendet der zur Bertelsmann-Gruppe gehörende Wissen Media Verlag[1], Gütersloh / München, eine modifizierte Version des Van der Grinten-I-Netzes. Aus dem punktförmigen Nord- und Südpol des Originals werden durch eine sog. Reduktion der geographischen Breiten nunmehr gekrümmte Pollinien; je stärker der Faktor (< 1) von 1 abweicht, desto größer wird der Radius der Pollinien, die jedoch im Normalfall in der Praxis bei einer Weltkarte „abgeschnitten" werden. Im Gegensatz zum Original kommt die modifizierte Van der Grinten-Projektion in zahlreichen Weltatlanten des Wissen Media Verlages zum Einsatz.

Summary

For presentation the earth in a coherent form in world atlases formely were used globular projections; today these are predominently planispheres. Numerous map projections are given – it may be far more than 100 – which are named mostly after the developer. The German / American cartographer ALPHONS J. VAN DER GRINTEN (1852-1921) has created four map projections. Three projections show the earth in a circle (from I to III); one projection is called apple-shaped (IV). The Van der Grinten I projection has been well-known by maps of the world which were published in publications of the National Geographic Society in the years from 1922 to 1988. In topical world atlases the original Van der Grinten projection is to be found rarely. Since 2002 the Wissen Media Verlag[1] which is owned by the Bertelsmann Group, uses a modified version of the Van der Grinten I projection. The points of the poles of the original change to curved lines as a result of so-called reduction of the parallels; the stronger the factor (< 1) differ from 1, the greater becomes the radius of the pole lines. The greatly enlarged polar areas are omitted when this projection is used. In contrast to the original the modified Van der Grinten projection is used in numerous world atlases of the Wissen Media Verlag.

1. Einleitung

Die Darstellung der gesamten Erdoberfläche auf einem ebenen Blatt Papier führt zu einer Erdkarte, die umgangssprachlich als Weltkarte bezeichnet wird. Dabei können grundsätzlich zwei verschiedene Methoden Anwendung finden. Zum einen die früher stark verbreitete Darstellung der Erde in Form von zwei Kreisflächen für die westliche und die östliche Hemisphäre; hierbei handelt es sich um sogenannte Planigloben, die auf einer meist flächentreuen Azimutalabbildung basieren und bei denen die Berührungspunkte auf dem Äquator liegen. Heutzutage sind fast ausschließlich sogenannte Planisphären anzutreffen; hierbei wird die Erde in einer geschlossenen Fläche dargestellt, die eine mehr oder weniger geometrisch definierte Begrenzungslinie (z. B. Ellipse, Rechteck u. a. m.) besitzt, aber auch Netzentwürfe mit unregelmäßigen Begrenzungslinien (z. B. die Homolosine-Projektion von JOHN PAUL GOODE (1862-1932) oder die „gürtelförmige" Armadillo-Projektion von ERWIN RAISZ (1893-1968)) gehören zu dieser Gruppe. Der Begriff Weltkarte – gemeint ist damit eine Karte der Erde – wird auch dann verwendet, wenn die Oberfläche unseres Planeten in einer Abbildung nicht komplett dargestellt wird bzw. werden kann. Die bekannteste Darstellung dieser Art ist die von GERHARD MERCATOR (1512-1594); bei der Mercator-Projektion können die Pole gar nicht dargestellt werden, da sie im Unendlichen liegen. Eine Mercator-Abbildung wird üblicherweise etwa bei den 80°- bis 84°-Breitenkreisen „abgeschnitten".

Das Auftreten von Weltkarten ist vielfältig (vereinzelt auf Briefmarken, in der Werbung, als Hintergrundbild von Nachrichtensendungen im Fernsehen u. a.), aber der Schwerpunkt liegt hauptsächlich in Weltatlanten sowie bei großformatigen Einzelkarten in gerollter Form, die dann als physische oder politische Karte an der Wand fixiert werden und als Posterkarten bezeichnet werden. Nicht zuletzt sind sie als klassische Wand-

[1] Seit 2011 *wissenmedia in der InmediaONE] GmbH*. Kartographie: *Wissen Media MapWorks*, Stuttgart.

karten im Schulunterricht anzutreffen, die heute teilweise durch digitale Wandkarten (Projektionskarten) abgelöst werden. Eine oder mehrere Weltkarten (physisch, politisch oder andere Thematik) sind fester Bestandteil von Weltatlanten; bei den Universalatlanten sind sie zumeist am Anfang des Kartenteils anzutreffen, bei den Schulatlanten hingegen werden sie überwiegend am Ende des Kartenteils platziert.

Wie viele Kartennetzentwürfe, die die Erde komplett abbilden, gibt es? Welcher Netzentwurf ist der beste? Diese Fragen sind nicht einfach und nicht immer präzise zu beantworten. *Snyder / Voxland [1989]* stellen rund 100 verschiedene Weltkartennetzentwürfe vor; die meisten davon werden mit dem Namen des Entwicklers benannt. Zahlreiche Entwickler von Weltkartennetzen haben mehrere Versionen vorgestellt; diese werden – wie in solchen Fällen üblich – mit römischen Ziffern bezeichnet. In der Fachliteratur taucht in diesem Zusammenhang stets der Name ALPHONS J. VAN DER GRINTEN auf. Von den vier von ihm entwickelten Kartennetzen wurde insbesondere die Van der Grinten-I-Projektion bekannt; sie wurde von 1922 bis 1988 für die Abbildung von Weltkarten in Veröffentlichungen der *National Geographic Society* verwendet. In *„Justus Perthes Schulkatalog 1936“* beschreibt *Hermann Haack [1936]* u. a. Schulwandkarten im Maßstab 1 : 20 Mio., bei denen die Weltkarten *„in van der Grintens Projektion“* dargestellt werden. Er sieht die Vorteile darin, dass *„die Flächenvergrößerung im Vergleich zur Mercatorkarte wesentlich herabgemindert und die Ähnlichkeit der Erdteilbilder mit der Wirklichkeit soweit gewahrt wird, daß dem Beschauer die Verzerrung gegenüber den Einzelkarten der Erdteile kaum zum Bewußtsein kommt.“ Fiala [1957]* behandelt in seinem Lehrbuch den Entwurf eingehender, *„da er in der Sowjetunion häufiger angewendet wurde, so z. B. für eine Klimakarte, in Schulatlanten, Lehrbüchern der Geographie u. a.“*. Darüber hinaus ist das Netz bis heute in einigen Weltatlanten anzutreffen, so in *„Libers Världs Atlas“*, Stockholm *[Lönnö et al., 2009]*, sowie in zahlreichen Ausgaben des *Wissen Media Verlages* (z. B. *„Bertelsmann – Der große Weltatlas“ [Bertelsmann Lexikon Institut, 2005]* und *„Bertelsmann Universalatlas“ [Bertelsmann Lexikon Institut, 2007]*) und seinen in Lizenz erschienenen Produkten (z. B. *„Der kompakte ADAC Weltatlas“ [Schmidhuber / Steuer, 2005]*). Hervorzuheben ist, dass in den *Bertelsmann* Atlanten die Van der Grinten-Projektion in einer modifizierten Form auftritt.

2. Biographisches

Über ALPHONS J. VAN DER GRINTEN und sein Wirken als deutsch-amerikanischer Kartograph ist nur wenig bekannt. Er wurde am 18. April 1852 in Kranenburg (Niederrhein) geboren und starb am 29. Juni 1921 in Chicago. Im Oktober 1899 meldete er beim US-Patentamt ein Verfahren zur Konstruktion einer Erdkarte an; das Patent wurde am 2. Februar 1904 erteilt. Im selben Jahr veröffentlichte er den Kartennetzentwurf in *Petermanns Geographische Mitteilungen* unter dem Titel *„Darstellung der ganzen Erdoberfläche auf einer kreisförmigen Projektionsebene“ [Van der Grinten, 1904a; 1904b; 1905a; 1905b]*. Ein Jahr später erfolgte eine Publikation in einer amerikanischen Fachzeitschrift *[Van der Grinten, 1905c]*.

3. Van der Grintens Netzentwürfe

Aus der Fachliteratur sind insgesamt vier Van der Grinten-Abbildungen bekannt. Alle vier Netzentwürfe (Abb. 1) weisen vermittelnde Eigenschaften auf, d. h., sie sind weder flächen- noch winkeltreu. Die Netzentwürfe I bis III bilden die Erde jeweils in einer Kreisfläche ab; die Abbildung Van der Grinten-IV besteht aus zwei verschmelzenden Kreisen, sie wird als „apfelförmig“ bezeichnet. Das Netz Van der Grinten-II ähnelt stark dem Entwurf I – der wesentliche Unterschied besteht in der stärkeren Krümmung der Parallelkreise; daraus resultiert bei II die Rechtwinkligkeit an allen Schnittpunkten zwischen den Meridianen und den Breitenkreisen. Die Van der Grinten-III-Abbildung weist geradlinige Breitenkreise auf. Die Entwürfe II bis IV haben in der Praxis so gut wie keine Anwendung gefunden. Im Folgenden soll seine bekannteste Abbildung, die sog. Van der Grinten-I-Projektion, die in der kartographischen Praxis bis heute verwendet wird, näher betrachtet werden.

3.1 Die Van der Grinten-Projektion (Van der Grinten-I)

In den ursprünglichen Veröffentlichungen und auch in der US-Patentschrift stellt VAN DER GRINTEN das Prinzip der graphischen Konstruktion in den Vordergrund; er gibt keine Abbildungsformeln an. Nach *Canters / Decleir [1989]* haben erst wesentlich später *O'Keefe / Greenberg [1977]* sowie *Snyder [1979; 1982, S. 211-218; 1987, S. 239-242]* eine analytische Lösung zur Berechnung von x- und y-Koordinaten vorgestellt. Nach *Van der Grinten [1904a]* soll *„das Netz in geschlossener Form ausschließlich durch gerade Linien und Kreisbogen gebildet werden, weil letztere nur eine einfache geometrische Konstruktion erheischen und außerdem die Berücksichtigung der Abplattung der Erde wegen des meist begrenzten Maßstabs einer Weltkarte außer acht gelassen werden kann.“* In dem von einer Kreisfläche begrenzten Netzentwurf werden der Mittelmeridian und der Äquator als zwei aufeinander senkrechte Geraden dargestellt. Die Parallelkreise sind kreisförmig; ihre Mittelpunkte liegen auf dem Mittelmeridian. Der Äquator wird von den Meridianen gleichabständig geschnitten; er wird längentreu abgebildet.

Die Abbildungsformeln (Tab. 1) wurden in Anlehnung an *Canters / Decleir [1989]* und *Wolfram Research*

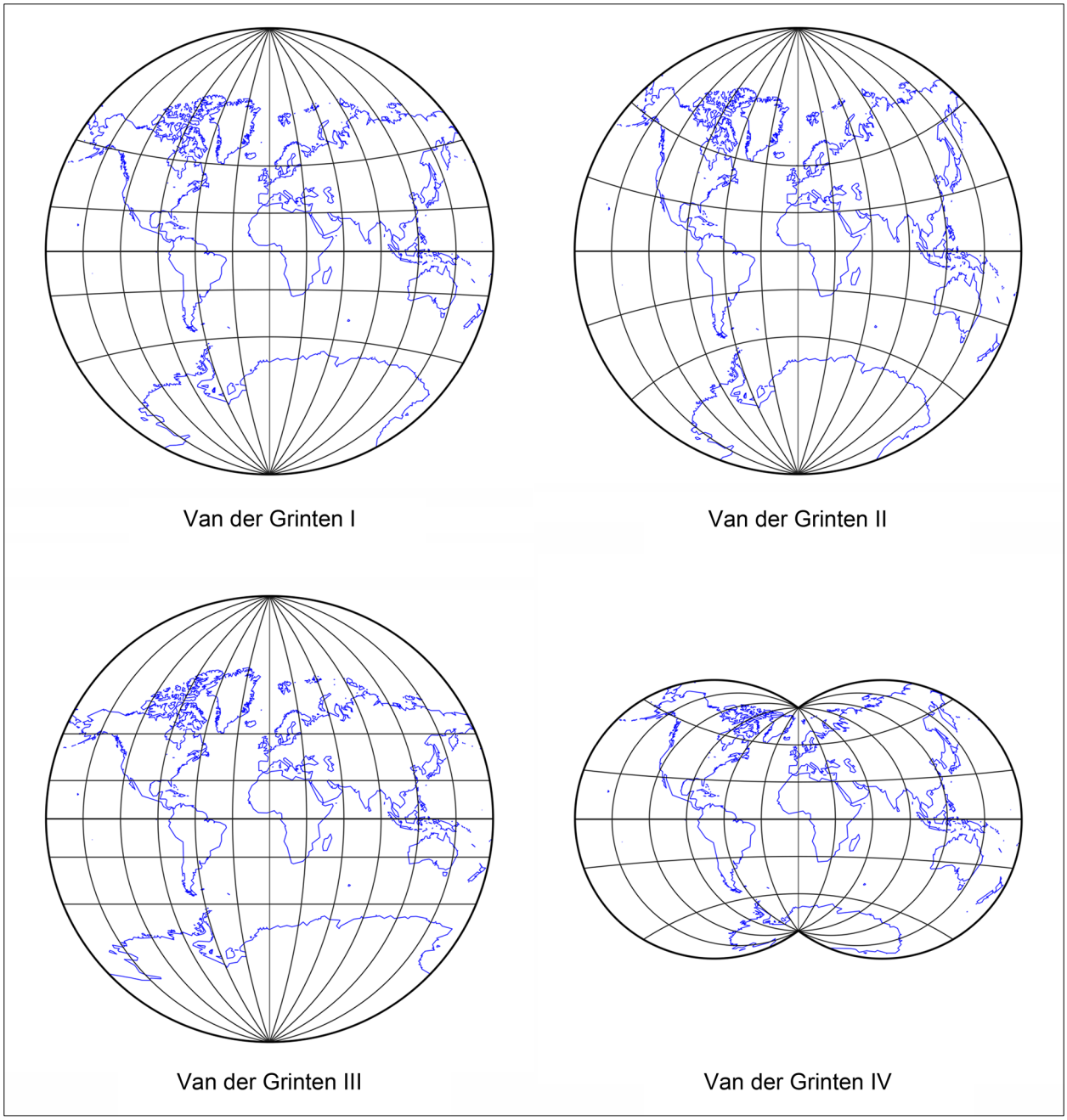


Abb. 1: *VAN DER GRINTENS Netzentwürfe im Vergleich – Alle Netze im selben Maßstab; konstruiert mit dem Programm GEOCART® 3 von MAPTHEMATICS*[2].

Europe [2012] zusammengestellt. Aufgrund ihrer komplexen Zusammensetzung ist eine Berechnung eigentlich nur auf rechnergestütztem Wege sinnvoll. Zunächst wurden die x-/y-Koordinaten mit dem Programm *Microsoft Excel* ermittelt. Die berechneten x-/y-Werte für den Maßstab 1 : 90 Mio. stimmen mit den ausgemessenen Netzschnittpunkten der Van der Grinten-Projektion im *„Libers Världs Atlas" [Lönnö et al., 2009, S. 6-7]* sehr gut überein. Für die Kartierung der Netzschnittpunkte kann anschließend u. a. das Programm *GeoGebra*[3] verwendet werden, das auch die Konstruktion der kreisförmigen Netzlinien ermöglicht.

Hinsichtlich der Verzerrungen ist allgemein festzustellen, dass sie vom Äquator in Richtung der Pole allmählich zunehmen. Demzufolge werden die Kontinente – mit Ausnahme an den Polregionen – recht gut wiedergegeben. In Abbildung 2 werden die Verzerrungsverhältnisse durch die Tissotschen Indikatrizen visualisiert;

[2] http://www.mapthematics.com/Products.php
letzter Aufruf: 05.04.2012.

[3] http://www.geogebra.org/cms/
letzter Aufruf: 05.04.2012.

Tabelle 1: *Formeln zur Berechnung der Van der Grinten-I-Abbildung sowie die berechneten x-/y-Koordinaten (30°-Netz mit dem Mittelmeridian $\lambda_0 = 0°$) im Maßstab 1:90 Mio.*

$$x = \pm \frac{\pi \cdot \left[A \cdot (G - P^2) + \sqrt{A^2 \cdot (G - P^2)^2 - (P^2 + A^2) \cdot (G^2 - P^2)}\right]}{P^2 + A^2} \cdot \frac{R}{M}$$

$$y = \pm \frac{\pi \cdot \left[P \cdot Q - A \cdot \sqrt{(A^2 + 1) \cdot (P^2 + A^2) - Q^2}\right]}{P^2 + A^2} \cdot \frac{R}{M}$$

wenn $\varphi = 0°$:

$$x = (\lambda - \lambda_0) \cdot \frac{R}{M} \qquad y = 0$$

wenn $\lambda = \lambda_0$ oder $\varphi = \pm 90°$:

$$y = \pm\, \pi \cdot \tan\frac{\theta}{2} \cdot \frac{R}{M} \qquad x = 0$$

wobei gilt: $\theta = \arcsin\left|\frac{2 \cdot \varphi}{\pi}\right|$ $\quad A = \frac{1}{2} \cdot \left|\frac{\pi}{\lambda - \lambda_0} - \frac{\lambda - \lambda_0}{\pi}\right|$ $\quad G = \frac{\cos\theta}{\sin\theta + \cos\theta - 1}$

$P = G \cdot \left(\frac{2}{\sin\theta} - 1\right)$ $\quad Q = A^2 + G$

R = Kugelradius (6.371.000.000 mm)
M = Maßstabszahl

Alle Winkel sind im Bogenmaß einzusetzen.

$\lambda \rightarrow$	0°		30°		60°		90°		120°		150°		180°	
$\varphi \downarrow$	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
0°	0,0	0,0	37,1	0,0	74,1	0,0	111,2	0,0	148,3	0,0	185,3	0,0	222,4	0,0
30°	0,0	38,2	36,0	38,3	72,1	38,8	108,3	39,7	144,8	40,9	181,3	42,5	217,9	44,5
60°	0,0	84,9	31,7	85,6	63,6	87,8	95,8	91,3	128,1	96,4	160,5	103,1	192,6	111,2
90°	0,0	222,4	0,0	222,4	0,0	222,4	0,0	222,4	0,0	222,4	0,0	222,4	0,0	222,4

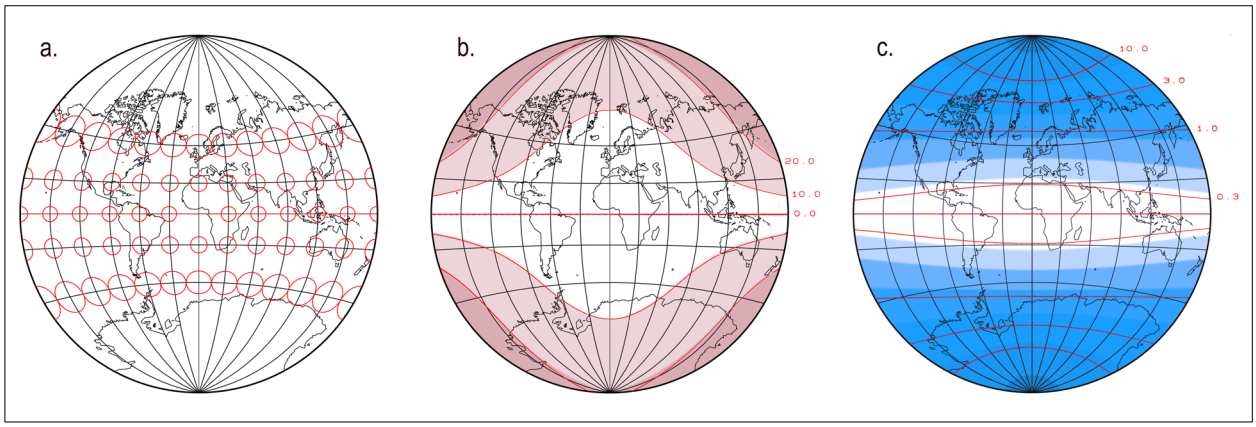


Abb. 2: *Die Verzerrungen bei der Van der Grinten-I-Projektion werden verdeutlicht durch*
a.) die Tissotschen Indikatrizen,
b.) Linien gleicher Winkelverzerrung und
c.) Linien gleicher Flächenverzerrung.
(Konstruiert mit dem Programm GEOCART® 3; die Linien bei b.) und c.) wurden Canters / Decleir [1989] entnommen)

ebenso der Verlauf der Zunahme von Winkel- und Flächenverzerrungen. In der kartographischen Praxis werden bei den meisten Van der Grinten-Weltkarten die nördlichsten Küstenbereiche von Grönland und Kanada nicht abgebildet; bei der Antarktis hingegen kommen nur die nördlichen Küstenausläufer zur Darstellung (s. Abb. 3). Als Beleg dienen Weltkarten im *„Atlante Internazionale del Touring Club Italiano“ [Touring Club Italiano, 1968]*, in den Marco-Polo-Weltatlanten *[Mairs Geographischer Verlag, 1994; 1996; 1997; 1998]*, sowie im Schulatlas des schwedischen Verlages *Liber AB*, Stockholm *[Lönnö et al., 2009]*.

3.2 Modifizierte Van der Grinten-I-Projektion

Die seit ca. 2002 in *Bertelsmann* Weltatlanten („neue“ *Bertelsmann*-Kartographie im *Wissen Media Verlag*) anzutreffenden Weltkarten sind teilweise explizit mit dem

Abb. 3: *In Weltatlanten werden die Polbereiche bei der Van der Grinten-I-Abbildung üblicherweise „abgeschnitten“ (Konstruiert mit dem Programm GEOCART® 3).*

Schriftzusatz *„Van der Grinten-Projektion“* versehen *[siehe Bertelsmann, 2005]*, jedoch wird bei genauerer Betrachtung deutlich, dass es sich hierbei nicht um die zuvor beschriebene originäre Van der Grinten-Abbildung handelt. Dies wird auch durch eine *Excel*-Berechnung bestätigt, wenn man die Maßstabszahl entsprechend anpasst und die resultierenden x- und y-Wertepaare mit denen im Kartenbild vergleicht. Sie weichen zum Teil stark voneinander ab. Auch visuell wird dieses „Phänomen“ wahrgenommen, weniger an den abweichenden Krümmungsradien der Breitenkreise, sondern insbesondere beim Vergleich der Umrissformen von Grönland wird der Unterschied deutlich.

Einer Mitteilung des *Wissen Media Verlages* zufolge wurden die geographischen Breiten auf einen Wert < 100% reduziert; dies hat zur Folge, dass sich die Netzschnittpunkte aller Parallelkreise in Richtung Äquator „bewegen“ und dass aus den Polpunkten der Van der Grinten-I-Abbildung nunmehr gekrümmte Pollinien entstehen. Dieses transformierte Netz – in der Fachliteratur bislang nicht beschrieben – wird in der Praxis ebenfalls an den Polbereichen abgeschnitten. Im Unterschied zur Originalabbildung von Van der Grinten-I werden bei der modifizierten Version aber auch Bereiche nördlich des 80°-Breitenkreises dargestellt, d. h., die Nordküsten Grönlands und Kanadas (Königin-Elisabeth-Inseln, die seit 1999 zum Territorium Nunavut gehören) werden kartographisch wiedergegeben. Allerdings kommt es vereinzelt auch zu recht „kuriosen“ Darstellungen, so z. B. wenn die gekrümmte Nordpol-Linie abgebildet wird, an der die Meridiane enden, und die Fläche „nördlich“ der Pollinie und dem Kartenrahmen dem Nordpolarmeer „zugeschlagen“ wird (siehe Abb. 4)!

Die modifizierte Version einer Van der Grinten-I-Abbildung kann einerseits mit Hilfe eines GIS erstellt werden; dieses Verfahren hat den Vorteil, dass gleichzeitig mit dem Gradnetz auch die Konturen der Kontinente und andere Kartenelemente (z. B. Staatsgrenzen) automatisch an das modifizierte Netz angepasst abgebildet werden können. Anderseits kann die Koordinatentransformation auch auf rechentechnischem Wege vorgenommen werden; die berechneten x-/y-Wertepaare werden anschließend mit einem geeigneten Programm (hier: *GeoGebra 4*) kartiert. Aus Abbildung 5 wird deutlich, dass

1. der Äquator stets die gleiche Länge aufweist,

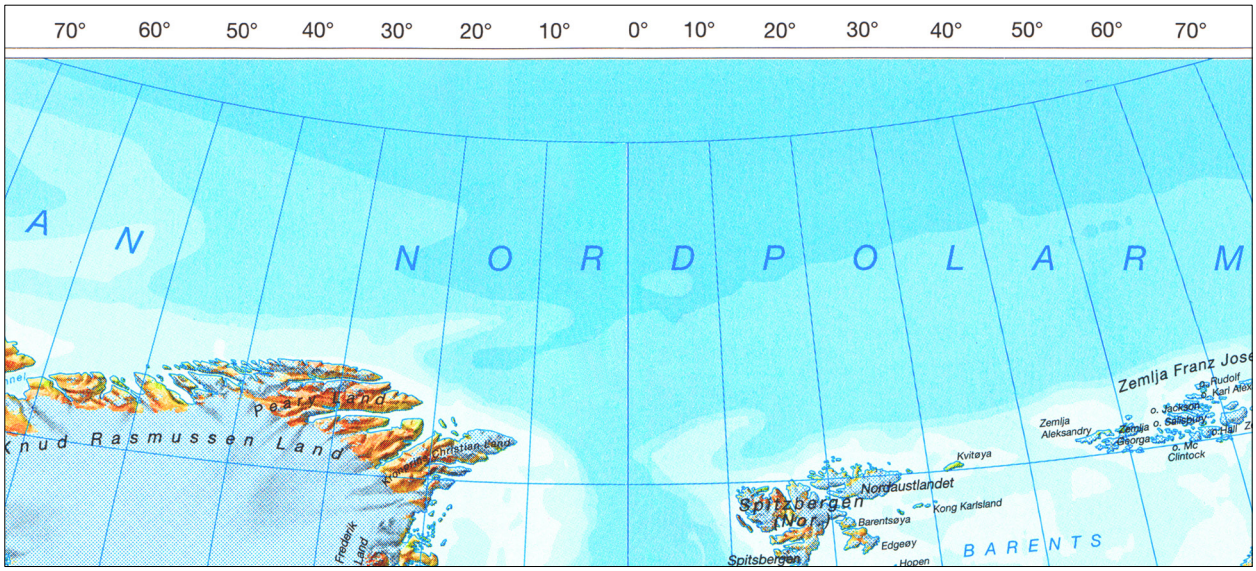


Abb. 4: *Im „Bertelsmann Universalatlas“ [Bertelsmann Lexikon Institut, 2007] wird die Fläche zwischen der Nordpollinie und dem Kartenrand dem Nordpolarmeer zugewiesen.*

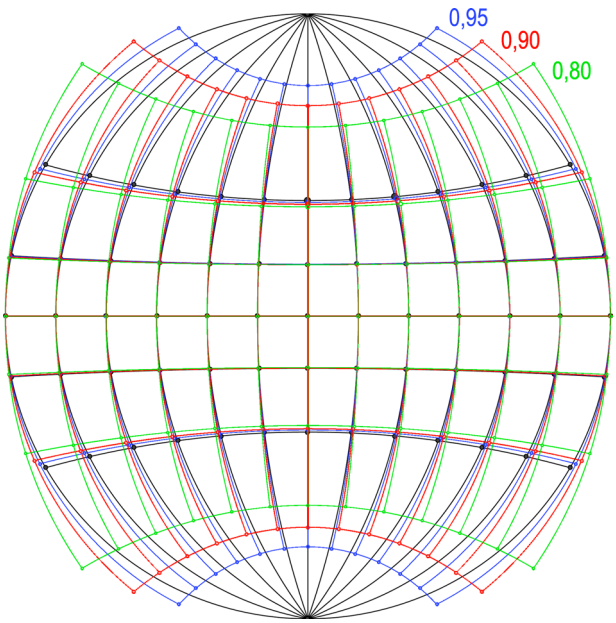


Abb. 5: *Modifizierte Van der Grinten-Projektion; die Parallelkreise wurden mit den Faktoren 0,95, 0,90 und 0,80 „reduziert" (Abbildungsmaßstab 1:500 Mio.).*

2. erst etwa ab den 60°-Breitenkreisen signifikante Abweichungen auftreten und
3. mit kleiner werdendem Faktor die Pollinien einen größeren Kreisradius ergeben.

Die Berechnung erfolgte auch hier mit dem Programm *Microsoft Excel*, wobei nunmehr jeweils ein Reduktionsfaktor für die geographischen Breiten φ berücksichtigt wurde. Dieser Faktor kommt nicht nur bei der Berechnung der „Hauptformel" für die y-Werte zum Einsatz, sondern er muss auch bei der ersten „Zwischenformel" für die Multiplikation des Wertes φ angewandt werden. Tabelle 2 zeigt die entsprechenden Rechenformeln sowie die Ergebnisse der rechtwinkligen Koordinaten für ein 30°-Netz der modifizierten Van der Grinten-I-Abbildung im Vergleichsmaßstab 1 : 100 Mio. mit den Reduktionsfaktoren 0,95, 0,90 und 0,80.

4. Fazit

VAN DER GRINTENS Original-Netzentwurf ist in aktuellen Weltatlanten, d. h. Atlanten, die im Zeitraum der letzten zehn Jahre erschienen sind, selten anzutreffen. Einzig der *„Världs Atlas" [Lönnö et al., 2009]* konnte ausfindig gemacht werden. Zuvor war diese Netzabbildung in Deutschland in den Marco-Polo-Atlastiteln von 1994 bis 1998 zu finden, die bei *Mairs Geographischer Verlag [1994; 1996; 1997; 1998]*, Ostfildern, in Kooperation mit *Liber Kantor AB*, Stockholm, erschienen sind. Noch weiter zurück liegt die Ausgabe des *„Atlante Internazionale del Touring Club Italiano" [Touring Club Italiano, 1968]*, in der die Erde ebenfalls in diesem Netz darstellt wird. Wie eingangs bereits erwähnt, war die „Blütezeit" des Van der Grinten-Netzes in den Jahren von 1922 bis 1988, das durch Publikationen der *National Geographic Society* eine weite Verbreitung fand.

Seit etwa zehn Jahren ist in Weltatlanten der „neuen" *Bertelsmann* Kartographie (die „alte" *Bertelsmann* Kartographie wurde mit den Marken *Falk* und *RV* 1998 von *Mairs Geographischer Verlag* übernommen) eine modifizierte Van der Grinten-Abbildung anzutreffen. Die Veränderung des Kartennetzes wird durch eine sogenannte Reduktion der geographischen Breiten erreicht; das Netz ist nicht mehr kreisförmig. Das Charakteristikum sind nunmehr gebogene Pollinien, die aber im Normalfall in der Praxis nicht dargestellt werden (so wie beim Van der Grinten-Original werden auch hier die Polbereiche „abgeschnitten"). Dieses Netz, teilweise mit der irreführenden Bezeichnung *„Van der Grinten-Projektion"* versehen, ist seit 2002 fester Bestandteil in Weltatlanten des *Wissen Media Verlages*, Gütersloh / München. Es vermittelt ein etwas anderes „Weltbild" und es hat gewissermaßen ein Alleinstellungsmerkmal bei der Abbildung von Weltkarten. Dadurch, dass es in zahlreichen Atlasprodukten anzutreffen ist, kommt dem Netz eine besondere Bedeutung zu.

Die modifizierte Van der Grinten-Abbildung wurde in folgenden Atlaswerken (© *Wissen Media Verlag GmbH*) identifiziert:

- *„Der große wissen.de Weltatlas" [wissen.de, 2002],*
- *„wissen.de Pocket Weltatlas. Die Welt in Karten, Flaggen und Länder von A-Z" [wissen.de, 2003],*
- *„Der neue große Bertelsmann Weltatlas mit illustriertem Länderlexikon" [RM Buch- und Medien-Vertrieb, 2003],*
- *„Neuer großer Atlas der Welt mit illustriertem Länderlexikon in Farbe" [CartoTravel Verlag, 2004],*
- *„Der neue große Atlas der Welt" [Bellavista, 2004],*
- *„Der kompakte ADAC-Weltatlas" [Schmidhuber / Steuer, 2005],*
- *„Bertelsmann Universalatlas mit Länderlexikon" [Bertelsmann Lexikon Verlag, 2005],*
- *„Atlantica – Der neue große Satelliten-Weltatlas" [Bertelsmann Lexikon Institut, 2006],*
- *„Bertelsmann Universalatlas" [Bertelsmann Lexikon Institut, 2007],*
- *„Der n-tv Atlas. Die Welt hinter den Nachrichten, mit exklusiven Kommentaren der ntv-Korrespondenten zu jedem Kontinent" [Bertelsmann Lexikon Institut, 2008].*

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es beim Van der Grinten-Netz – unabhängig, ob im Origi-

Tabelle 2: *Formeln zur Berechnung einer mit Reduktionsfaktoren der geographischen Breite modifizierten Van der Grinten-Projektion sowie die Ergebnisse der x-/y-Koordinaten (30°-Netz mit dem Mittelmeridian $\lambda_0 = 0°$) im Maßstab 1:100 Mio.*

$$x = \pm\frac{\pi \cdot \left[A \cdot (G - P^2) + \sqrt{A^2 \cdot (G - P^2)^2 - (P^2 + A^2) \cdot (G^2 - P^2)}\right]}{P^2 + A^2} \cdot \frac{R}{M}$$

$$y = \pm\frac{\pi \cdot \left[P \cdot Q - A \cdot \sqrt{(A^2 + 1) \cdot (P^2 + A^2) - Q^2}\right]}{P^2 + A^2} \cdot \frac{R}{M} \cdot \frac{1}{\varphi_{\text{red}}}$$

wenn $\varphi = 0°$:

$$x = (\lambda - \lambda_0) \cdot \frac{R}{M} \qquad y = 0$$

wenn $\lambda = \lambda_0$:

$$y = \pm\frac{\pi}{\varphi_{\text{red}}} \cdot \tan\frac{\theta}{2} \cdot \frac{R}{M} \qquad x = 0$$

wobei gilt: $\theta = \arcsin\left|\frac{2 \cdot \varphi \cdot \varphi_{\text{red}}}{\pi}\right|$ $\quad A = \frac{1}{2} \cdot \left|\frac{\pi}{\lambda - \lambda_0} - \frac{\lambda - \lambda_0}{\pi}\right|$

$$G = \frac{\cos\theta}{\sin\theta + \cos\theta - 1} \qquad P = G \cdot \left(\frac{2}{\sin\theta} - 1\right) \qquad Q = A^2 + G$$

R = Kugelradius (6.371.000.000 mm) $\quad M$ = Maßstabszahl $\quad \varphi_{\text{red}}$ = Reduktionsfaktor der geographischen Breite (< 1)

Alle Winkel sind im Bogenmaß einzusetzen.

φ_{red} = 0,95

$\lambda \rightarrow$	0°		30°		60°		90°		120°		150°		180°	
$\varphi \downarrow$	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
0°	0,0	0,0	33,4	0,0	66,7	0,0	100,1	0,0	133,4	0,0	166,8	0,0	200,2	0,0
30°	0,0	34,2	32,5	34,4	65,1	34,8	97,8	35,6	130,6	36,6	163,6	38,0	196,6	39,6
60°	0,0	75,2	29,1	75,8	58,5	77,6	88,0	80,7	117,8	85,0	147,7	90,7	177,4	97,6
90°	0,0	152,5	15,8	153,6	31,5	157,0	46,7	162,6	61,0	170,3	73,9	179,8	85,2	190,6

φ_{red} = 0,9

$\lambda \rightarrow$	0°		30°		60°		90°		120°		150°		180°	
$\varphi \downarrow$	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
0°	0,0	0,0	33,4	0,0	66,7	0,0	100,1	0,0	133,4	0,0	166,8	0,0	200,2	0,0
30°	0,0	34,1	32,6	34,3	65,3	34,7	98,0	35,4	130,9	36,4	163,9	37,7	197,0	39,2
60°	0,0	74,1	29,7	74,7	59,6	76,4	89,7	79,3	120,0	83,4	150,5	88,7	180,8	95,3
90°	0,0	139,4	20,2	140,6	40,4	144,2	60,4	150,2	79,8	158,7	98,1	169,4	115,1	182,0

φ_{red} = 0,8

$\lambda \rightarrow$	0°		30°		60°		90°		120°		150°		180°	
$\varphi \downarrow$	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
0°	0,0	0,0	33,4	0,0	66,7	0,0	100,1	0,0	133,4	0,0	166,8	0,0	200,2	0,0
30°	0,0	34,0	32,8	34,1	65,6	34,5	98,5	35,1	131,5	36,0	164,6	37,1	197,8	38,5
60°	0,0	72,3	30,6	72,8	61,4	74,3	92,4	76,9	123,7	80,5	155,0	85,2	186,4	91,0
90°	0,0	125,1	25,0	126,2	50,2	129,6	75,4	135,4	100,5	143,5	125,2	154,0	149,2	166,8

nal oder in modifizierter Form mit unterschiedlichen Reduktionsfaktoren verwendet – nördlich und südlich der 60°-Parallelkreise zu deutlichen Veränderungen des Kartennetzes und damit der Formen der Kontinentumrisse kommt. Dies wird besonders deutlich – und es ist auch für den Laien erkennbar – an den Formveränderungen bei der Fläche von Grönland. Am Beispiel von Grönland kann die Problematik der Weltkarten-Netzentwürfe insgesamt festgemacht werden. Obwohl die Fläche von Grönland nur etwa ein Sechstel der Fläche von Südamerika einnimmt, erscheinen beide Flächen in zahlreichen Weltkarten, insbesondere bei denen, die eine

vermittelnde Netzeigenschaft haben (somit weder flächen- noch winkeltreu sind), nahezu gleich groß. Dieses Problem vermag weder VAN DER GRINTENS Original noch die in zahlreichen Weltatlanten der *Bertelsmann-Gruppe* anzutreffende Modifikation zu lösen.

Abschließend soll aber doch noch eine „Lösung" des beschriebenen Problems präsentiert werden. Die *Deutsche Post* brachte am 05. April 2001 eine Sondermarke anlässlich der Neugründung des Goethe-Instituts vor 50 Jahren heraus. Auf dieser Briefmarke wurde eine Erdkarte in Form einer Mercator-Projektion abgebildet, jedoch ohne Grönland, ohne Island, ohne Inseln nördlich des russischen Festlandes (Neusibirische Inseln, Sewernaja Semlja) und ohne Neuseeland (Abb. 6a und 6b)! Trotz dieser überzeugenden künstlerischen Leistung wird es weiterhin Aufgabe der Kartographie bleiben, vollständige und ihrem Zweck entsprechende Darstellungen der gesamten Erdoberfläche zu präsentieren – eine davon ist die modifizierte Van der Grinten-Projektion.

Abb. 6a: *Sonderbriefmarke der Deutschen Post vom 05. April 2001 zum 50. Jahrestag der Neugründung des Goethe-Instituts mit Darstellung der Erdumrisse in Mercator-Abbildung (1,65-fach vergrößert).*

Abb. 6b: *„Fälschung" der Sonderbriefmarke der Deutschen Post vom 05. April 2001 zum 50. Jahrestag der Neugründung des Goethe-Instituts mit Ergänzung der fehlenden Flächen von Grönland, Island, Neuseeland u. a. (1,65-fach vergrößert).*

5. Literatur und Quellen

American Cartographic Association, Committee on Map Projections (Hrsg.) [1986]: Which Map Is Best? Projections for World Maps. American Congress on Surveying and Mapping, Falls Church, 14 S.
ISBN 0-9613459-1-8

Bellavista (Hrsg.) [2004]: Der neue große Atlas der Welt. Genehmigte Sonderausgabe. Bellavista (Karl Müller Verlag), Köln, 305 S.
ISBN 3-89893-993-6

Bertelsmann Lexikon Institut (Hrsg.) [2005]: Bertelsmann – Der große Weltatlas. Wissen Media Verlag, Gütersloh / München, 424 S.
ISBN 3-577-07222-9

Bertelsmann Lexikon Institut (Hrsg.) [2007]: Bertelsmann Universalatlas. 2., aktualisierte Neuauflage. Wissen Media Verlag, Gütersloh / München, 352 S.
ISBN 3-577-07252-0
ISBN 978-3-577-07252-6

Bertelsmann Lexikon Institut (Hrsg.) [2008]: Der n-tv Atlas. Die Welt hinter den Nachrichten, mit exklusiven Kommentaren der ntv-Korrespondenten zu jedem Kontinent. Wissen Media Verlag, Gütersloh / München, 400 S.
ISBN 3-577-07253-9
ISBN 978-3-577-07253-3

Bertelsmann Lexikon Verlag (Hrsg.) [2005]: Bertelsmann Universalatlas mit Länderlexikon. Bertelsmann Lexikon Verlag, Gütersloh, 360 S.
ISBN 3-577-07217-2

Bertelsmann Lexikon Verlag (Hrsg.) [2006]: Atlantica – Der neue große Satelliten-Weltatlas. Wissen Media Verlag, Gütersloh / München, 547 S.
ISBN 978-3-577-07223-6

Canters, Frank / Decleir, Hugo [1989]: The World in Perspective. A Directory of World Map Projections. John Wiley & Sons, Chichester, 181 S.
ISBN 0-471-92147-5

CartoTravel-Verlag (Hrsg.) [2004]: Neuer großer Atlas der Welt mit illustriertem Länderlexikon in Farbe. Genehmigte Sonderausgabe. CartoTravel-Verlag, Bad Soden, 360 S.

Fiala, František [1957]: Mathematische Kartographie. VEB Verlag Technik, Berlin, 316 S.

GeoGebra Institutes (Hrsg.) [2011]: GeoGebra. Online-Publikation.
http://www.geogebra.org/cms/
Letzter Aufruf: 05.04.2012.

Haack, Hermann (Bearb.) [1936]: Justus Perthes Schulkatalog 1936. Wandkarten, Atlanten, Bücher, Zeitschriften für den geographischen Unterricht für Lehrer und Lernende. Perthes, Gotha, 293 S.

Lönnö, Jessica / Jernselius, Gunilla / Mårtensson, Solveig (Hrsg.) [2009]: Libers Världs Atlas. 9. Auflage. Liber, Stockholm, 319 S.
ISBN 978-91-47-80858-8

Mairs Geographischer Verlag (Hrsg.) [1994]: Der große Marco-Polo-Weltatlas. Mairs Geographischer Verlag, Ostfildern, 304 S.
ISBN 3-89525-024-4

Mairs Geographischer Verlag (Hrsg.) [1996]: Der große Marco-Polo-Weltatlas. Mairs Geographischer Verlag, Ostfildern, 304 S.
ISBN 3-89525-024-4

Mairs Geographischer Verlag (Hrsg.) [1997]: Marco-Polo-Weltatlas. Mairs Geographischer Verlag, Ostfildern, 192 S.
ISBN 3-89525-585-8

Mairs Geographischer Verlag (Hrsg.) [1998]: Marco-Polo-Weltatlas. Mairs Geographischer Verlag, Ostfildern, 192 S.
ISBN 3-89525-585-8

Mapthematics LLC (Hrsg.) [2011]: Geocart 3 at a glance. Online-Publikation.
http://www.mapthematics.com/Products.php
Letzter Aufruf: 05.04.2012.

O'Keefe, John A. / Greenberg, Allen [1977]: A Note on the van der Grinten Projection of the Whole Earth Onto a Circular Disk. In: The American Cartographer, Vol. 4, Nr. 2, Washington, S. 127-132.
ISSN 0094-1689

RM Buch- und Medien-Vertrieb (Hrsg.) [2003]: Der neue große Bertelsmann Weltatlas mit illustriertem Länderlexikon. Lizenz des Wissen Media Verlages, Gütersloh / München. RM Buch- und Medien-Vertrieb, Rheda-Wiedenbrück / Gütersloh, 360 S.

Schmidhuber, Peter / Steuer, Michael (Red.) [2005]: Der kompakte ADAC-Weltatlas. ADAC-Verlag, München, 255 S.
ISBN 3-89905-195-5

Snyder, John P. [1979]: Calculating Map Projections for the Ellipsoid. In: The American Cartographer, Vol. 6, Nr. 1, Washington, S. 67-76.
ISSN 0094-1689

Snyder, John P. [1982]: Map Projections Used by the U. S. Geological Survey. Geological Survey Bulletin 1532. 2. Auflage. United States Government Print Office, Washington, 313 S.
ISBN 0-607-65196-2
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/MapProjectionsUsedByUSGS.pdf
Letzter Aufruf: 01.03.2012.

Snyder, John P. [1987]: Map Projections – A Working Manual. U. S. Geological Survey Professional Paper 1395. United States Government Print Office, Washington, 383 S.
ISBN 0-318-23562-5
http://www.scribd.com/doc/36982366/Map-Projections-A-Working-Manual-Snyder
Letzter Aufruf: 01.03.2012.

Snyder, John P. [1993/97]: Flattening the Earth. Two Thousand Years of Map Projections. The University of Chicago Press, Chicago / London, 365 S.
ISBN 0-226-76746-9

Snyder, John P. / Voxland, Philip M. [1989]: An Album of Map Projections. U. S. Geological Survey Professional Paper 1453. United States Government Print Office, Washington, 249 S.

Touring Club Italiano (T.C.I.) (Hrsg.) [1968]: Atlante Internazionale del Touring Club Italiano. 8. Auflage. Touring Club Italiano, Mailand, 173 S.

Van der Grinten, Alphons J. [1904 a]: Darstellung der ganzen Erdoberfläche auf einer kreisförmigen Projektionsebene. In: Dr. A. Petermann's Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt, Band 50, Heft 7, Gotha, S. 155-159, mit Karte auf Tafel 10.

Van der Grinten, Alphons J. [1904 b]: Darstellung der ganzen Erdoberfläche auf einer kreisförmigen Projektionsebene – Berichtigungen. In: Dr. A. Petermann's Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt, Band 50, Heft 10, Gotha, S. 250.

Van der Grinten, Alphons J. [1905 a]: Darstellung der ganzen Erdoberfläche auf einer kreisförmigen Projektionsebene – Berichtigungen. In: Dr. A. Petermann's Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt, Band 51, Heft 2, Gotha, S. 48.

Van der Grinten, Alphons J. [1905 b]: Zur Verebnung der ganzen Erdoberfläche. Nachtrag zu der Darstellung in Pet. Mitt. 1904, Heft VII. In: Dr. A. Petermann's Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt, Band 51, Heft 10, Gotha, S. 237-239, mit Karte auf Tafel 18.

Van der Grinten, Alphons J. [1905 c]: New circular projection for the whole Earth's surface. In: American Journal of Science, Series 4, Vol. 19, New Haven, S. 357-366.

Wagner, Karlheinz [1962]: Kartographische Netzentwürfe. 2. Auflage. Bibliographisches Institut, Mannheim, 303 S.

wissen.de (Hrsg.) [2002]: Der große wissen.de Weltatlas. wissen.de Verlag im Wissen Media Verlag, Gütersloh / München, 488 S.
ISBN 3-577-13506-9

wissen.de (Hrsg.) [2003]: wissen.de Pocket Weltatlas. Die Welt in Karten, Flaggen und Länder von A-Z. wissen.de Verlag im Wissen Media Verlag, Güters-

loh / München, 351 S.
ISBN 3-577-13509-3

Wolfram Research Europe Ltd. (Hrsg.) [2012]: van der Grinten Projection. Online-Publikation.
http://mathworld.wolfram.com/vanderGrintenProjection.html
Letzter Aufruf: 28.02.2012.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Siegmund Schulz

ehemals Hochschullehrer an der Beuth Hochschule für Technik Berlin, Fachbereich III: Bauingenieur- und Geoinformationswesen, Studiengang Kartographie und Geomedien, Koloniestr. 23, D-12209 Berlin

E-Mail: schulz@beuth-hochschule.de

Ulrich Strasser

AMUNDSEN – ein physikalisch basiertes Simulationsmodell für hydroklimatologische Prozesse in Hochgebirgs-Einzugsgebieten

Zusammenfassung

Die ausgeprägte Heterogenität der alpinen Schneedecke in Raum und Zeit ist in einer Reihe von für das Hochgebirge spezifischen hydroklimatologischen Prozessen begründet. Die meteorologischen Bedingungen, die die Akkumulation, Umverteilung und Ablation von Schnee im Steilgelände steuern, sind in vieler Hinsicht komplexer als diejenigen im Flachland. Dazu kommen spezielle, durch die besondere Topographie des Hochgebirges bedingte Effekte. Um all diese Prozesse quantifizierbar zu machen, verwendet man numerische Simulationsmodelle, welche physikalisch begründete, algorithmische Formulierungen der Schneedeckenprozesse darstellen. Eine wichtige Anwendung dieser Modelle sind Szenariensimulationen für zukünftige Klimaverhältnisse zur Abschätzung der in der Schneedecke gebundenen Wasserressourcen und ihrer räumlich-zeitlichen Dynamik. Eine solche Szenarienmodellierung wird in diesem Artikel vorgestellt.

Summary

The distinct heterogeneity of the alpine snow cover in space and time is caused by a series of hydroclimatological processes which are typical for high mountain areas. The meteorological conditions which control accumulation, redistribution and ablation of snow in areas with steep topography are in many ways much more complex than those in flat areas. In addition, special effects are due to the specific topography in high mountain areas. To forecast all these processes numerical simulation models are applied which represent physically-based, algorithmic formulations of the snow cover processes. An important application of such models are scenario simulations for future climate conditions to estimate the water resources in the snowcover as well as their spatio-temporal dynamics. Such a scenario application is presented in this article.

1. Einführung

In alpinen Schneedecken gebundene Wasserressourcen sind von großer Bedeutung für die Bevölkerung vieler Gebirge und deren Vorländer: mehr als ein Sechstel der Erdbevölkerung, und davon der überwiegende Anteil in Gebirgsregionen, sind vom Abfluss von Gletschern oder von saisonalen Schneedecken zur Versorgung mit Wasser abhängig *[Barnett et al., 2005]*. Eine Gebirgsschneedecke stellt dabei einen temporären Speicher der winterlichen Niederschläge dar, welche dadurch erst zur Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr in den Vorfluter gelangen. Zu den Vorteilen solcher nivaler Abflussregimes gehört die Tatsache, dass nicht nur durch den topographischen Effekt der Gebirge auf die Atmosphäre die Niederschläge höher sind als im Flachland, sondern auch dass das Schmelzwasser genau dann dorthin gelangt, wenn der Bedarf am größten ist. Auf diese Art fungiert eine alpine Schneedecke als ideales Puffersystem für die Verfügbarkeit und zeitliche Verteilung der Wasserressourcen für die Gebirgsvorländer. Es sollte in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass in jüngster Zeit mehrere Untersuchungen gezeigt haben, dass der Effekt schwindender Gletscher auf das Abflussregime der alpinen Flüsse weit weniger dramatisch sein wird als lange erwartet *[Weber et al., 2009; Strasser et al., 2008 a]*.

Die Abschätzung der in einer alpinen Schneedecke gebundenen Wasservorräte, und noch vielmehr die Prognose deren Schmelze, ist prinzipiell ein schwieriges Unterfangen. Die Schneedecke im Gebirge ist außerordentlich heterogen in Raum und Zeit, und die zu dieser Heterogenität führenden Prozesse der Akkumulation, Umverteilung und Ablation von Schnee sind enorm komplex *[Marsh, 1999; Pomeroy et. al., 1998]*. Eine angemessene Umsetzung der Prozesse in Modellalgorithmen ist immer noch eine der großen Herausforderungen für die Gebirgshydrologie. Die Genauigkeit der Prognosemodelle hängt letztlich davon ab, mit welcher Vollständigkeit und Genauigkeit die Prozesse im Modell repräsentiert sind *[Klemeš, 1990]*. Insbesondere für Simulationsläufe möglicher zukünftiger Entwicklungen bekommt diese Tatsache entscheidende Bedeutung, da Modellergebnisse für die Zukunft nicht mit Messungen verglichen (= validiert) werden können. Letzteres geschieht durch Modellierung mit historischen Eingabedaten. Ist die Validierung für den anvisierten Zweck erfolgreich, geht man davon aus, dass auch die Modellrechnungen für Zukunfts-Szenarien verlässlich sind. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die ansonsten oft vorteilhafte Kombination von flächenhaften Prognose-Model-

len mit Fernerkundungsdaten in Szenarienläufen naturgemäß nicht möglich ist.

2. Prozesse der Schneedeckenentwicklung in Gebirgsregionen

Markante Unterschiede im Wasseräquivalent einer alpinen Schneedecke entstehen zunächst dadurch, dass die Niederschläge (meist) mit der Höhe zunehmen. Nach wie vor gilt es als schwierig, dieses Phänomen bei der Verteilung von gemessenen Punktniederschlägen auf die Fläche eines hinsichtlich seiner Topographie komplexen Gebietes zu berücksichtigen *[Lang, 1985]*. Auch der Phasenübergang von Regen zu Schnee spielt hier eine wichtige Rolle. Dieser hängt nicht nur von der Temperatur der unteren Luftschichten, sondern auch von deren Feuchte und damit verbundenem Energietransfer an der Oberfläche der Schneekristalle ab. Selbst die Menge der während eines Ereignisses fallenden Niederschläge spielt für die Niederschlagsphase eine Rolle *[Wakonigg, 2009]*: auch ohne Vorhandensein einer bodennahen Kaltluftschicht kann lokal durch vermehrten Entzug von Schmelzwärme durch höhere Niederschläge die Schneefallgrenze sichtbar absinken.

Neben dem Niederschlag ist die Strahlung – für die Ablationsprozesse – eine entscheidende Größe für die Heterogenität der alpinen Schneedecke. Gerade in komplexer Topographie können Effekte der Beschattung sowie Reflexionen von gegenüberliegenden (vor allem Süd-)Hängen maßgebliche Faktoren für den Zeitpunkt des Ausaperns sein. Für realistische Modellsimulationen in Hochgebirgsregionen müssen diese Effekte berücksichtigt werden.

Temperatur, Feuchte und Windgeschwindigkeit sind die den turbulenten Wärmeaustausch steuernden Größen. Sie können für einzelne Ereignisse beträchtliche Effekte hervorrufen (z. B. effiziente Schmelze während Phasen hoher Lufttemperatur und gleichzeitig hoher Windgeschwindigkeiten, wie das bei Föhn mancherorts der Fall sein kann). Insgesamt haben sie jedoch einen geringeren Einfluss auf die Ablationsprozesse als die Strahlung. Nachdem die Temperatur verhältnismäßig einfach zu messen und auch auf die Fläche zu interpolieren ist (und in entlegenen Gebieten oft die einzige gemessene Größe darstellt), wird sie häufig als proxy für die Energiebilanz herangezogen. Da die bodennahe Temperatur über einer Schneedecke das Resultat der Energieumsätze an deren Oberfläche darstellt, ist dies auch gerechtfertigt *[Ohmura, 2001]*. Für Szenariensimulationen sind Modelle, die auf dem Gradtagfaktor beruhen, wegen der notwendigen, an Ort und Zeit gebundenen Kalibration dagegen nicht geeignet *[Klemeš, 1990]*.

Der alpine Bergwald stellt einen temporären Interzeptionsspeicher für denjenigen Anteil des als Schnee fallenden Niederschlages dar, der an den Nadeln und Ästen der Bäume abgelagert wird. Von dort kann er zwar durch Schmelz- und Abrutschprozesse den Boden erreichen, ein bedeutender Anteil sublimiert (verdunstet) jedoch und wird so in die Grenzschicht der Atmosphäre zurückgegeben. Messungen des über eine Wintersaison sublimierten Schnees aus dem Interzeptionsspeicher eines subalpinen Bergwaldes an einem kontinentalen Standort in Colorado/USA haben Größenordnungen von 30% der fallenden Schneeniederschläge ergeben *[Pomeroy/Gray, 1995]*. Wenn genügend (vor allem Strahlungs-)Energie zur Verfügung steht, sorgen die große Oberfläche und Rauigkeit sowie die effiziente Durchlüftung der Baumspitzen für Sublimationsverluste dieser Größenordnung. Trotzdem ist nicht eindeutig zu sagen, dass die Bodenschneedecke im Bergwald immer geringmächtiger ist als diejenige im Freiland oder früher ausapert: reduziertem Niederschlagsdargebot und der zusätzlichen Wärmeabgabe der Bäume steht ihr Beschattungseffekt und gegenüber dem Freiland verringerte Windgeschwindigkeiten gegenüber. Diese sich überlagernden Prozesse lassen sich modellieren und der resultierende Effekt somit für spezifische Bestände prognostizieren *[Strasser et al., 2011 a]*.

In hochalpinen Regionen mit entsprechendem Relief sind schließlich auch noch Prozesse der lateralen Umverlagerung von Schnee wichtig: An exponierten Graten und Kämmen werden beträchtliche Mengen Schnee – ab Windgeschwindigkeiten von ca. 4 m/s – aufgewirbelt, transportiert und bei abnehmender Windgeschwindigkeit wieder abgelagert. Letzteres geschieht häufig im Lee von Hindernissen bzw. in Gebieten mit konkaven Oberflächeneigenschaften wie Rinnen und Mulden, so dass dort mit beträchtlichen Triebschneeansammlungen gerechnet werden muss. Während des wind-induzierten Transportes von Schnee kann es zu beträchtlichen Sublimationsverlusten aus Bereichen turbulenter Suspension der Schneepartikel in die unmittelbar darüber befindliche, trockene Grenzschicht kommen. Bei wolkenfreiem Himmel kann dieser Effekt mit bloßem Auge beobachtet werden. Ganz ohne Wind können beträchtliche Schneemassen auch lediglich durch ihr Gewicht als Schneerutsche oder Lawinen verlagert werden. Die genannten Triebschneeablagerungen sind häufig anfällige Abrissbereiche für gefährliche Schneebretter. Gewaltige Nassschneelawinen können im Frühjahr vorkommen, wenn die Schneedecke bis zum Untergrund durchschmilzt und auf diesem abrutscht.

Die numerische Modellierung von Lawinen für Risikofragestellungen ist noch im Anfangsstadium und derzeit nur auf relativ kleiner räumlicher Skala und für Einzelereignisse möglich; viele der überaus komplexen Prozesse sind hier noch nicht verstanden. Für hydrologische Zwecke bedient man sich daher einfacherer, empirischer Modelle, die den Schnee entlang definierter Fließwege und ohne Ereignisbezug verlagern. Wenn sich damit auch keine Risikofragestellugen untersuchen

lassen, wird damit doch den Anforderungen von längerfristigen Simulationsrechnungen zur Abschätzung des räumlichen Musters der Schneedecke Genüge getan.

3. Ein physikalisch basiertes Schneedecken-Modell

Aus der kleinräumigen Variabilität und der hohen zeitlichen Dynamik der dargelegten Prozesse ergibt sich, dass für Modellrechnungen in Hochgebirgsregionen eine entsprechend hohe, d. h. den Prozessen angepasste räumliche und zeitliche Auflösung gewählt werden muss. Zwar lassen sich auch zu grobe Modelle derart anpassen oder kalibrieren, dass sie für bestimmte Anwendungsfälle das richtige Ergebnis erzielen (manchmal sogar mit einer Vielzahl verschiedener Parameterkombinationen: das Phänomen der „equifinality", z. B. *Beven / Freer, 2001*); aber dies geschieht dann oft aus einem anderen als dem richtigen Grund. Wie schon gesagt: Für Szenario-Anwendungen versagen solche Modelle. Abb. 1 veranschaulicht, was ein Kalibrationsvorgang bei zu grober Wahl der Modellauflösung verursachen kann: Fall a) stellt eine aus vier gedachten Kompartimenten räumlich gleichmäßig zusammengesetzte Schneedecke in einer bestimmten Grundfläche dar, die bei Schmelze den rechts dargestellten Abflussimpuls verursacht. In Fall b) ist ein Teil dieser Fläche bereits schneefrei, ein anderer mit einer besonders mächtigen Schneeschicht bedeckt. Hier ist der Abflussimpuls aus der Grundfläche gedämpft und verzögert. Noch deutlicher wird dieser Effekt in Fall c), wo sich ein Großteil des vorhandenen Schnees auf einem kleinen Anteil der Grundfläche konzentriert – was im Gebirge häufig vorkommt: um einen derart verzögerten Abflussimpuls durch Modellierung mit einer der Grundfläche entsprechenden Auflösung abzubilden, müssen die zu kalibrierenden Parameter für die Schmelzmodellierung stark verändert werden. Das Ergebnis kann für das gewählte Ereignis durchaus zufriedenstellend sein. Im Fall eines frühsommerlichen Neuschnee-Ereignisses, welches eine geschlossene Nass-Schneedecke hinterlässt, wird das anschließende Schmelzhochwasser in der Prognose jedoch massiv unterschätzt.

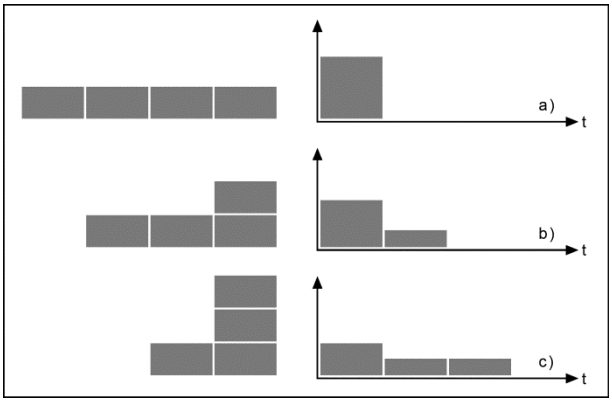


Abb. 1: *Effekt räumlicher Heterogenität einer schmelzenden Schneedecke auf den Abflussimpuls.*

Für die hier vorgestellten Modellrechnungen mit dem physikalisch basierten Schneedeckenmodell *AMUNDSEN (= **A**lpine **MU**ltiscale **N**umerical **D**istributed **S**imulation **EN**gine) [Strasser, 2008; Strasser et al., 2008 b; Strasser et al., 2011 a]* wurde aus den genannten Gründen eine räumliche Auflösung von 50 m gewählt (d. h. jede Rasterzelle hat eine Dimension von 50 x 50 m). Die zeitliche Auflösung beträgt eine Stunde, um dem Tagesgang der kurzwelligen Strahlungsbilanz Rechnung tragen zu können. *AMUNDSEN* verwendet als Eingabedaten ein digitales Geländemodell mit abgeleiteten Größen wie Neigung, Exposition und sky view factor (= Anteil der sichtbaren Himmels-Hemisphäre), stündliche meteorologische Stationsmessungen (Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit), Karten der Muster von LAI (= leaf area index) und der Wuchshöhe des vorhandenen Waldbestandes sowie eine Gebietsmaske, in diesem Fall für den Nationalpark Berchtesgaden. Abb. 2 zeigt das digitale Geländemodell für die Berchtesgadener Alpen mit den Massiven Untersberg, Lattengebirge, Reiter Alm, Hochkalter, Watzmann, Steinernes Meer, Hagengebirge und Hoher Göll (von oben im Uhrzeigersinn). Die Dreiecke stellen die Standorte der verwendeten automatischen Wetterstationen dar.

Aus den stündlichen meteorologischen Messungen an den automatischen Wetterstationen im Nationalparkgebiet (siehe Tabelle 1) werden nun wie folgt zu jedem Zeitschritt flächenverteilte Felder erzeugt: Zunächst wird zwischen den gemessenen meteorologischen Variablen eines Zeitschrittes und den Höhen der Stationen eine Regressionsbeziehung aufgestellt. Mit dieser Regressionsbeziehung wird dann für jede Modellzelle ein Wert berechnet; dieser Schritt liefert die Höhenvarianz der Variable (bei ungünstiger Verteilung der meteorologischen Stationen im Gebiet können auch fixe lapse rates aus der Literatur verwendet werden). Im nächsten Schritt werden die Residuen, also die Abweichungen der an den Stationen gemessenen Werte von der Regressionsgeraden, mit inverser kubischer Wichtung des Stationsabstandes räumlich interpoliert; dieser Schritt liefert die räumliche Varianz der Variable. Das interpolierte Feld der Residuen wird nun zum Feld der Regressionswerte der Variablen hinzuaddiert. Mit der relativen Luftfeuchte muss gesondert verfahren werden. Diese weist eine nichtlineare Abhängigkeit von der Temperatur und damit von der Höhe auf und kann daher nicht ohne weiteres mit dem vorgestellten Verfahren räumlich interpoliert werden. Deswegen wird sie zunächst unter Verwendung der Temperatur in die absolute Luftfeuchte umgerechnet, räumlich interpoliert und anschließend wieder in die relative Luftfeuchte zurückgerechnet.

Das beschriebene Verfahren leistet vor allem, dass eine Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit der me-

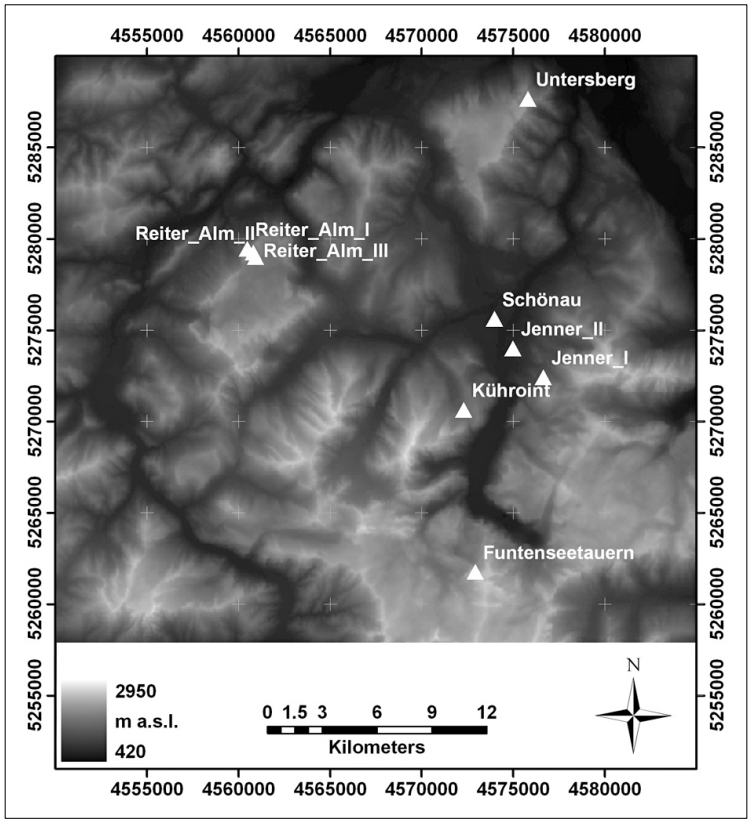


Abb. 2: *Digitales Geländemodell für die Berchtesgadener Alpen mit den verwendeten automatischen Wetterstationen.*

Tabelle 1: *Meteorologische Stationen im Nationalparkgebiet und deren Messwerte.*

Station	Höhe [ü. NN]	E [m]	N [m]	Messwerte	Auflösung
Reiter Alm I	1755 m	4560494	5279436	W, W_{max}, WD	10 min
Reiter Alm II	1670 m	4560835	5279235	T_a, T_s, T_{s20}, T_{s40}, T_{s60}, T_s, RH, H_s	10 min
Reiter Alm III	1615 m	4560950	5278982	T_a, RH, G, G_{ref}, P, H_s	10 min
Kühroint	1407 m	4572314	5270625	T_a, RH, G, G_{ref}, W, WD, P, H_s	10 min
Funtenseetauern	2445 m	4572939	5261755	T_a, RH, W, WD	10 min
Jenner I	1200 m	4576659	5272417	T_a, T_{s0}, T_{s20}, T_{s40}, T_s, RH, H_s	10 min
Jenner II	660 m	4575000	5273988	T_a, RH, P	15 min
Schönau	617 m	4573987	5275597	T_a, T_{a05}, RH, G, G_{dir}, SS, W, WD, P, p	10 min
Untersberg	1776 m	4575822	5287649	T_a, RH, W, W_{max}, WD, P	30 min

W =	Windgeschwindigkeit	T_s =	Schneetemperatur an der Oberfläche
W_{max} =	maximale Windgeschwindigkeit	RH =	relative Feuchte
WD =	Windrichtung	H_s =	Schneehöhe
T_a =	Lufttemperatur (2 m)	SS =	Sonnenscheindauer
T_{a05} =	Lufttemperatur (0,05 m)	G =	Globalstrahlung
T_{s0} =	Schneetemperatur (0,0 m)	G_{dir} =	direkte Strahlung
T_{s20} =	Schneetemperatur (0,2 m)	G_{ref} =	reflektierte Strahlung
T_{s40} =	Schneetemperatur (0,4 m)	P =	Niederschlag
T_{s60} =	Schneetemperatur (0,6 m)	p =	Luftdruck

teorologischen Variablen stattfindet, sofern sie vorhanden ist; ist eine solche nicht vorhanden, werden die Ergebnisse dadurch nicht beeinträchtigt. Außerdem werden für diejenigen Modellzellen, in denen eine Station gelegen ist, die von diesen Stationen registrierten Messwerte reproduziert. Datenlücken einer oder auch mehrerer Stationen werden durch die räumliche Interpolation ergänzt. Das Interpolationsverfahren liefert also für das gesamte Gebiet des Nationalparks flächendeckend stündliche meteorologische Felder mit 50 m räumlicher Auflösung für die Größen Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit.

Während eines Modell-Laufes berechnet *AMUNDSEN* aus den Eingabedaten und den wie beschrieben bereitgestellten meteorologischen Feldern zu jedem Zeitschritt:

- Felder der kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse unter Berücksichtigung von Schatten und Bewölkung,
- Felder der meteorologischen Variablen für Waldstandorte, abgeleitet aus der Freiland-Meteorologie sowie den Bestandseigenschaften,
- Felder von Interzeption, Schmelze/Herabfallen sowie Sublimation von Schnee aus Waldbeständen,
- Felder der Albedo der Schneeoberfläche am Boden,
- Felder lateral (gravitativ) verlagerten Schnees (mit variabler zeitlicher Auflösung),
- Felder der Energie- und Massenbilanz (insbesondere Schmelze) der Schneedecke.

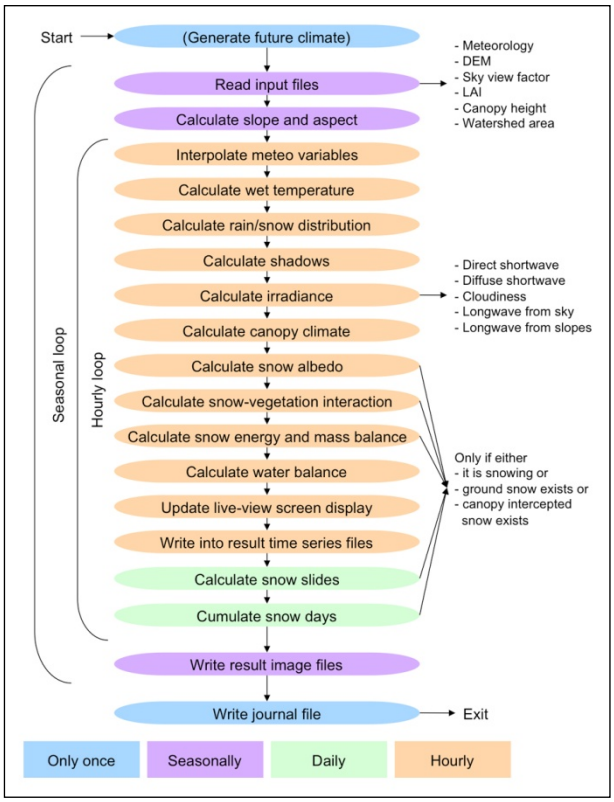


Abb. 3: *Flussdiagramm eines AMUNDSEN-Modell-Laufes.*

Details der verwendeten Algorithmen und umfangreiche Quellenangaben zu den zugrundeliegenden Modellvorstellungen sind in *Strasser [2008]* ausführlich beschrieben. An einem einfachen Verfahren, wind-induzierten Schneetransport zu berücksichtigen, wird derzeit gearbeitet: hierzu werden unter Verwendung des gerichteten sky view factors Bereiche von Erosion und Deposition bestimmt, in welchen fallender Schneeniederschlag masseerhaltend in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit umverlagert wird.

Der prinzipielle Ablauf einer Simulation ist in Abb. 3 dargestellt. Die Modellausgaben umfassen Felder aller berechneten Zustandsgrößen mit variabler zeitlicher Auflösung, insbesondere aggregierte Jahressummen z. B. von Schnee- oder Regenniederschlag, Schneeschmelze oder von Sublimationsverlusten aus den verschiedenen Quellen. Daneben werden für eine Reihe von spezifischen Orten stündliche Zeitreihen aller Parameter ausgegeben. Auf einem schnellen PC dauert eine Jahressimulation für eine Fläche von 900 x 900 Modellzellen ca. 12 Stunden.

4. Ergebnisse der Modellrechnungen

Es werden nun an Beispielen saisonal aggregierte Ergebnisse für historische Modellrechnungen vorgestellt, d. h. solche, die unter Verwendung der gemessenen und wie beschrieben interpolierten meteorologischen Messungen berechnet wurden. Eine unmittelbar die in der Schneedecke gebundenen Wasserressourcen darstellende Größe ist die saisonale Gesamt-Schneeschmelze eines Winters. Diese ist an einem Ort definiert als Summe des atmosphärischen Schneefalles, der den Boden erreicht, der Bilanz aus Sublimation und Resublimation (Reifbildung), welche mit dem latenten Energiefluss einhergeht, Regen auf Schnee, vom Bestand herunterfallender bzw. -tropfender Schnee, sowie Schnee, der aus umliegenden Hängen hinzugerutscht ist. Das resultierende Muster der Schneeschmelze, hier für den Winter 2003/2004, repräsentiert also die effektive Wirkung all der Prozesse der Akkumulation, Umverteilung und Ablation, welche die Heterogenität der alpinen Schneedecke steuern (Abb. 4): in den Talregionen beträgt die Gesamtschmelze etwa 300 mm. Weit geringere Werte von nur etwa 100 mm treten in den steileren Hängen auf, von wo gefallener Schnee häufig wegrutscht und somit weiter unten zur Schmelze kommt. Dies ist deutlich sichtbar an den steilen Flanken der Gebirgsmassive Reiter Alm, Lattengebirge, Untersberg und den Gipfelgraten von Hochkalter und Watzmann.

Prinzipiell nimmt die aggregierte Schneeschmelze mit den zunehmenden Schneeniederschlägen mit der

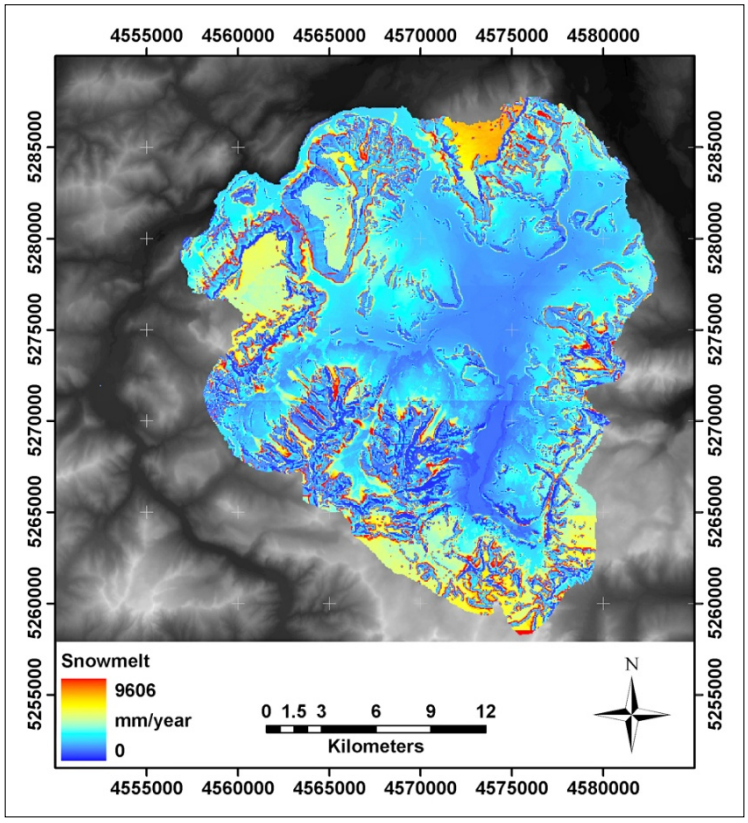


Abb. 4: *Muster der aggregierten saisonalen Schneeschmelze für den Nationalpark Berchtesgaden, Winter 2003/2004.*

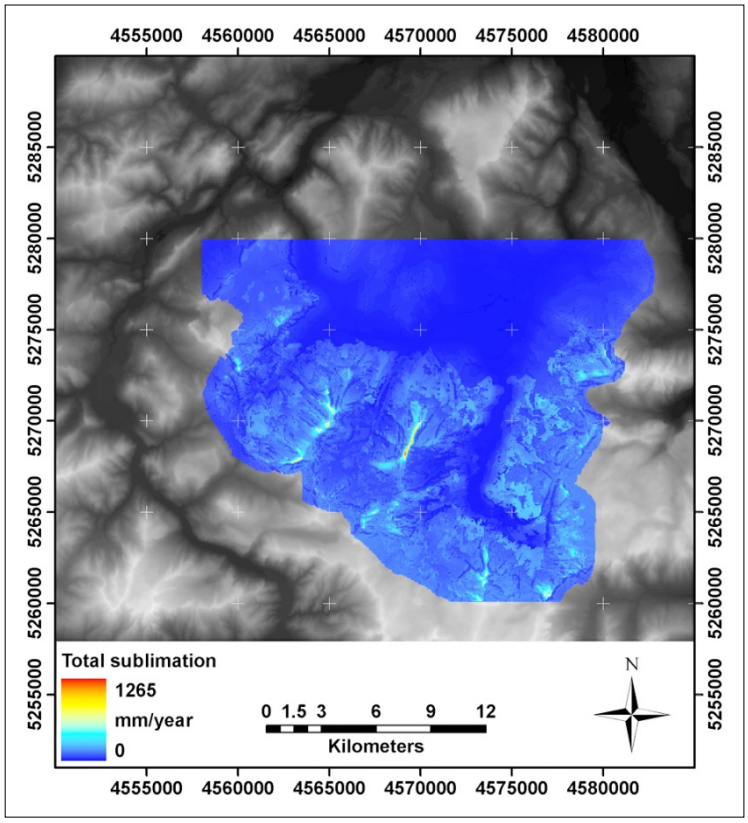


Abb. 5: *Muster der modellierten Gesamt-Schneesublimation für die Wintersaison 2003/2004.*

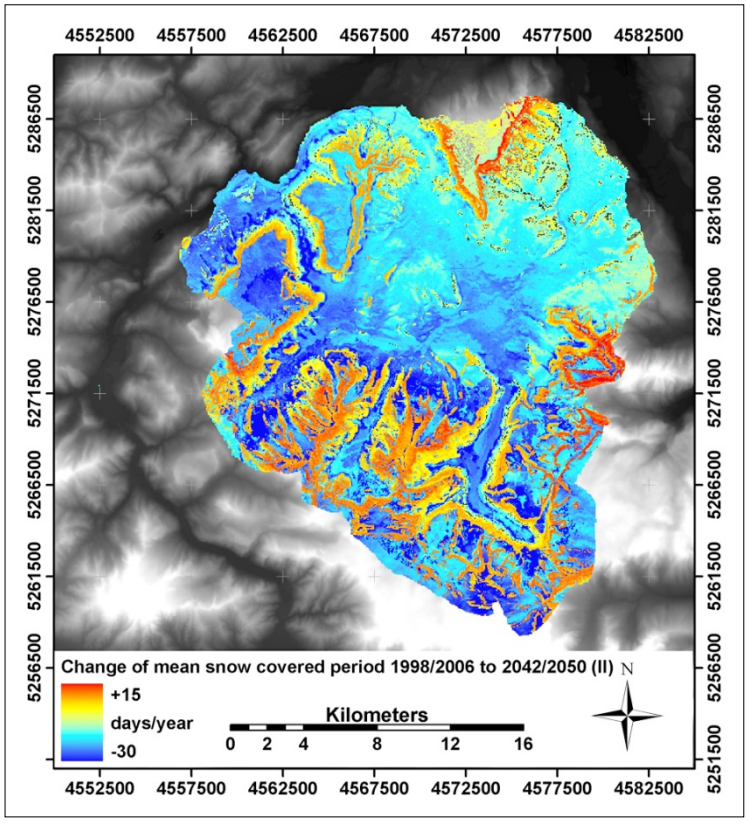


Abb. 6: *Muster der mittleren jährlichen Differenz der Schneebedeckungsdauer zwischen der Szenarioperiode 2042-2050 und der Referenzperiode 1998-2006.*

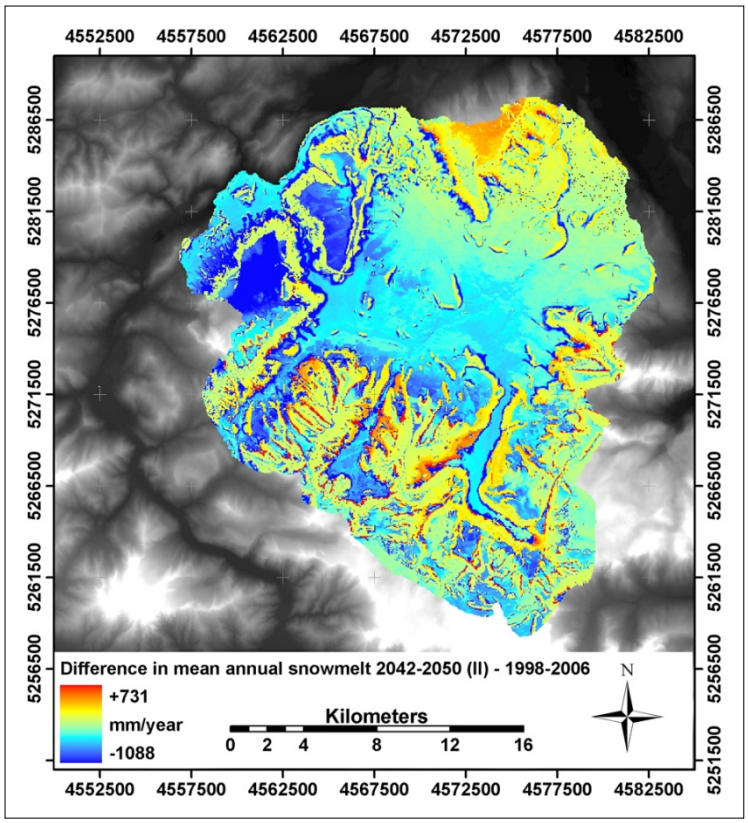


Abb. 7: *Muster der mittleren jährlichen Differenz der aggregierten Schneeschmelze zwischen der Szenarioperiode 2042-2050 und der Referenzperiode 1998-2006.*

Höhe zu. Auf den Karstplateaus von Reiter Alm, Steinernem Meer und Untersberg beträgt die jährliche Schneeschmelze 1.000-1.600 mm, je nach Höhe und Exposition. Der Gürtel des Bergwaldes ist als Zone relativ geringerer Schmelze aus der (Boden-)Schneedecke zu erkennen, der Unterschied zum Freiland beträgt hier etwa 100 mm. Dieser Betrag ist der verringerten Akkumulation unter den Bäumen zuzuschreiben. Markante Maxima der jährlichen Schneeschmelze finden sich schließlich in den Auslaufzonen der Lawinengassen, wo sich die Schneemassen von zahlreichen Ereignissen akkumulieren und (im Modell wie auch in der Natur) bis ins späte Frühjahr halten können. An diesen Stellen werden im Frühjahr enorme Mengen Schmelzwasser freigesetzt. Mancherorts überdauern die Lawinenreste den Sommer, dann bilden sich perennierende Schneefelder wie z. B. die Eiskapelle am Fuß der Watzmann-Ostwand, die wie das Blaueis und der Watzmanngletscher als lokale Maxima in Abb. 4 deutlich hervortreten.

Als zweites Beispiel für ein mit historischen Daten modelliertes Element der Wasserbilanz wird nun das Muster der Sublimation (Verdunstung von Schnee in die angrenzenden Atmosphärenschicht) diskutiert (Abb. 5): dieser Verlust setzt sich zusammen aus der Schneeverdunstung vom Boden, aus dem Bestand und aus der turbulenten Suspensionsschicht wind-transportierten Schnees. Boden- und Bestandssublimation erreichen für den Winter 2003/2004 eine ähnliche Größenordung von etwa 100 mm.

Noch effizienter ist der Sublimationsprozess während der Triebschnee-Ereignisse: wenn auch lokal stark begrenzt, kann hier der saisonale Rücktransport von zuvor gefallenem Schneeniederschlag in die Atmosphäre bis über 1.000 mm betragen, d. h. ein Großteil des in diesem Winter gefallenen Schnees. Solche Zonen sind z. B. die Gipfelgrate von Hochkalter und Watzmann, von denen man ja weiß, dass sie im Winter abgeblasen sind und damit fast schneefrei bleiben *[Strasser et al., 2008b]*. Der weggeblasene Schneeanteil, der nicht sublimiert, bleibt auf der Lee- (Ost-) Seite auf Bändern und Vorsprüngen bis weit in das Frühjahr liegen.

Diese modellierten Ergebnisse wurden mit Hilfe von Zeitreihen von Stationsmessungen für einzelne Punkte und durch Vergleich mit aus Satellitendaten abgeleiteten Schneebedeckungen für den jeweiligen Aufnahmezeitpunkt flächig validiert *[Strasser, 2008]*. Da damit die Validität des Modells für den beabsichtigten Zweck gezeigt ist, kann das Modell für Simulationen möglicher zukünftiger Entwicklungen, den Szenarien, eingesetzt werden. Generell gilt: da wir annehmen, dass die Physik der Prozesse auch in der Zukunft keine andere sein wird, sind physikalisch basierte Modelle dazu prinzipiell geeignet.

Zur Bereitstellung der meteorologischen Eingabedaten für die hier vorgestellte Szenario-Rechnung kommt ein stochastischer Wettergenerator zum Einsatz, der gegenüber downgescalten Ergebnissen von Klimamodellen den entscheidenden Vorteil hat, dass er physikalisch konsistente Datensätze mit derselben räumlichen und zeitlichen Auflösung wie gemessene meteorologische Variablen erzeugt *[Mauser et al., 2007]*. Der Wettergenerator zerlegt zunächst die vorhandenen Messreihen aller Stationen (in unserem Fall Stundenwerte der meteorologischen Variablen für 1998-2006) in Wochenblöcke. Das zukünftige Klima wird nun erstellt, indem die vorhandenen Wochenblöcke derart aneinandergereiht werden, dass sich, unter Berücksichtigung einer natürlichen Variabilität, vorzugebende Trends der Temperatur und der Niederschläge in der neuen Zeitreihe wiederspiegeln. Auf diese Art und Weise können aus vorhandenen Beobachtungs-Datensätzen leicht (mit wenigen Minuten Rechenaufwand) z. B. 100 Jahre zukünftige Klimadaten für ein durch einen bestimmten Trend von Temperatur und Niederschlag definiertes Szenario erstellt werden.

Als Referenzperiode für den Vergleich mit dem Szenario dient in der folgenden Analyse der Zeitraum, für den gemessene Daten vorliegen, also 1998-2006. Der entsprechende Vergleichszeitraum für den Szenario-Lauf ist eine Periode gleicher Dauer, hier der Zeitraum 2042-2050.

Das hier vorgestellte Beispielszenario ist an das A1B-Szenario [1] des IPCC [2] angelehnt *[Solomon et al., 2007]*: im Resultat für die Winterzeiträume (November-April) der Szenario-Periode ergibt sich demnach eine mittlere Temperaturzunahme gegenüber 1998-2006 von + 0,8°C und eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter um 71,6 mm, aber nur geringe Änderungen von relativer Feuchte, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit (Tabelle 2 bzw. 3).

Da für das Untersuchungsgebiet angenommen werden kann, dass die winterliche Schneedecke in jedem Sommer gänzlich abtaut, kann auf einen transienten Modell-Lauf verzichtet werden: Es genügt also, nur die Zeitscheiben der Referenz- sowie der Szenarioperiode zu rechnen, was beträchtliche Rechenzeit einspart (aber z. B. für eine Betrachtung der zukünftigen Gletscherentwicklung nicht in Frage käme; eine solche steht hier aber nicht zur Diskussion). Für die mittlere jährliche Dauer der Schneebedeckung (= Zahl der Tage, an denen Schnee liegt) ist das Ergebnis in Abb. 6 dargestellt.

In den Flachgebieten, gleich ob die Talböden oder die Karstplateaus von Untersberg, Lattengebirge, Reiter Alm oder Steinernem Meer, nimmt die Schneedeckendauer um einige Tage, maximal um etwa einen Monat, ab. Besonders ausgeprägt ist die Abnahme der Schneedeckendauer in den Waldbeständen, die sich gürtelför-

[1] Bei diesem Szenario wird eine Zunahme der globalen Mitteltemperatur um 2,8°C bei einer Bandbreite der Modellergebnisse von 1,7-4,4°C prognostiziert.

[2] IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change.

Tabelle 2: *Mittlere meteorologische Bedingungen für die Referenzperiode (1998-2006)*

Meteorologische Variable	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel
Temperatur [K]	278,5	272,7	284,3
Niederschlag [mm]	2037,0	980,4	1056,6
relative Feuchte [%]	77,3	76,1	78,5
Globalstrahlung $[W \cdot m^2]$	138,0	93,8	182,2
Windgeschwindigkeit $[m \cdot s^{-2}]$	2,6	2,7	2,4

Tabelle 3: *Mittlere meteorologische Bedingungen für die Szenarioperiode (2042-2050)*

Meteorologische Variable	Jahresmittel	Wintermittel	Sommermittel
Temperatur [K]	279,5	273,5	285,5
Niederschlag [mm]	1859,0	1052,0	804,4
relative Feuchte [%]	76,4	77,3	75,6
Globalstrahlung $[W \cdot m^2]$	144,4	94,1	195,8
Windgeschwindigkeit $[m \cdot s^{-2}]$	2,6	2,9	2,4

mig um die Bergstöcke legen. Beides entspricht durchaus unserer Erwartung der Auswirkungen eines wärmeren Klimas. Prinzipiell bedingt aber eine Temperaturerhöhung im Winter hinsichtlich der Schneedecke einen Kompensationseffekt, nämlich in Form zunehmender Niederschläge, da die wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann. Ob diese vermehrten Niederschläge zur Bodenschneedecke beitragen, hängt neben ihrer Phase und damit der Temperatur bzw. Höhenlage auch davon ab, ob ein auftretender Regen im Winter bzw. Frühjahr auf eine bereits vorhandene Schneedecke fällt, oder nicht. Selbst geringe Neuschneefälle haben einen entscheidenenden Effekt: sie erhöhen schlagartig die Albedo der Schneeoberfläche und schützen sie so vor weiterem Abschmelzen. Neben den veränderten Klimaelementen in der Zukunft fällt also auch dem Witterungscharakter eine wichtige Rolle für solche Fragestellungen zu.

In den Flachgebieten, gleich ob die Talböden oder die Karstplateaus von Untersberg, Lattengebirge, Reiter Alm oder Steinernem Meer, nimmt die Schneedeckendauer um einige Tage, maximal um etwa einen Monat, ab. Besonders ausgeprägt ist die Abnahme der Schneedeckendauer in den Waldbeständen, die sich gürtelförmig um die Bergstöcke legen. Beides entspricht durchaus unserer Erwartung der Auswirkungen eines wärmeren Klimas. Prinzipiell bedingt aber eine Temperaturerhöhung im Winter hinsichtlich der Schneedecke einen Kompensationseffekt, nämlich in Form zunehmender Niederschläge, da die wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann. Ob diese vermehrten Niederschläge zur Bodenschneedecke beitragen, hängt neben ihrer Phase und damit der Temperatur bzw. Höhenlage auch davon ab, ob ein auftretender Regen im Winter bzw. Frühjahr auf eine bereits vorhandene Schneedecke fällt, oder nicht. Selbst geringe Neuschneefälle haben einen entscheidenenden Effekt: sie erhöhen schlagartig die Albedo der Schneeoberfläche und schützen sie so vor weiterem Abschmelzen. Neben den veränderten Klimaelementen in der Zukunft fällt also auch dem Witterungscharakter eine wichtige Rolle für solche Fragestellungen zu.

Eine Zunahme der Schneedeckendauer zeigen die Modellergebnisse in den höheren Regionen der Gebirgsmassive, genau in den Bereichen, aus denen Schneerutsche den gefallenen Schnee-Niederschlag aufnehmen und in die flacheren Talböden und Talmulden verlagern. Dieser Effekt ist auf die Zunahme der Häufigkeit winterlicher Niederschläge zurückzuführen, d. h. es gibt entsprechend eine höhere Zahl von Tagen, an denen selbst nach lateraler Umverteilung ein Teil des Neuschnees an Ort und Stelle verbleibt (der Anteil ist im Modell einstellbar) und damit die entsprechende Modellzelle am Ende eines Tages als „schneebedeckt“ klassifiziert wird. In den Auslaufzonen der Rutschungen ist die Dauer der Schneebedeckung stark reduziert; hier wird der Effekt der zunehmenden Winterniederschläge durch die Tallage dieser Bereiche am effizientesten durch die zunehmenden Temperaturen kompensiert. Auch spielen dort wohl auch der höhere Strahlungsgenuss sowie die geringere relative Feuchte während der Sommer der Szenarioperiode eine gewisse Rolle.

Was das Muster der aggregierten Schneeschmelze der Szenarioperiode im Vergleich zur Referenzperiode betrifft (Abb. 7), kann Folgendes dazu gesagt werden: prinzipiell ist die Schmelze im Szenario in den Tallagen und auf den niedriger gelegenen Plateaus geringer. Diese Abnahme ist vor allem dort beträchtlich, wo sich Waldbestände befinden. Auch bei der Schmelze reagiert also der Bereich des Bergwaldes, wie bei der Schneedeckendauer, besonders empfindlich auf ein wärmeres

Klima mit vermehrtem Winterniederschlag. Die höheren Plateaubereiche sowie die steilen Berghänge mit ausgeprägter lateraler Transportdynamik weisen vergleichsweise nur geringe Änderungen gegenüber der Schmelze in der Referenzperiode auf. Deutliche Zunahmen sieht man hingegen in den Auslaufzonen der Rutschungen, wo sich die zusätzlich fallenden Niederschläge – vor allem als Schnee in den höheren Regionen, wo die Rutschungen herkommen – besonders stark akkumulieren: auch wenn sich die Dauer des Vorhandenseins von Schnee in diesen Ablagerungszonen der Lawinen aufgrund der Temperaturzunahme verringert (siehe oben); das im Szenario anfallende Schmelzwasser ist deutlich mehr als in der Referenzperiode.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Resultat zweier entgegenwirkender Prozesse, steigender Temperaturen und vermehrter Niederschläge, und damit ohne Einsatz eines Modells nur schwer abzuschätzen, vor allem in ihrer räumlichen Ausprägung. Für eine genauere Betrachtung der zeitlichen Dynamik der Schmelzabflüsse wäre das Schneedeckenmodell mit einem Abflussmodell zu koppeln, welches die Bestimmung des Durchflusses für bestimmte Fließgewässerabschnitte ermöglicht. Im Rahmen einer Dissertation wird derzeit so ein Modul – bestehend aus einer Kaskade von Linearspeichern – entwickelt. Um die Wasserbilanz zu schließen, muss darüberhinaus die Evapotranspiration der Vegetation mitgerechnet werden. Hierzu wurde in *AMUNDSEN* jüngst der *FAO reference crop evapotranspiration* - Ansatz implementiert *[Allen et. al., 1998]*. Dieser wird derzeit mit Messungen validiert und wird in der nächsten Version von *AMUNDSEN* bereits integriert sein *[Marke, 2011]*. Und schließlich wird auch noch an einem Gletschermodell gearbeitet, so dass zukünftig auch transiente Modell-Läufe für vergletscherte Hochgebirgs-Einzugsgebiete möglich werden. Das Gletschermodell soll prinzipiell sowohl den derzeit praktisch überall beobachteten Rückgang, aber auch Vorstöße von Gletschern beschreiben können. Für alle Module gilt als Vorgabe die Szenarien-Fähigkeit, d. h.

(a) auch bei längeren Läufen mit konstantem Klima-Input entwickelt sich kein Trend oder Bias einer Variablen (das Modell „driftet“ nicht), und

(b) die gemessene Vergangenheit wird auch in längeren Validierungsläufen hinreichend korrekt reproduziert.

5. Ausblick

Ein Modell ist nie „fertig“. Mit jeder Anwendung ergeben sich auch neue Fragestellungen und neue Verbesserungsmöglichkeiten. So wird es auch mit dem hier vorgestellten alpinen Schneedeckenmodell in all seinen Teilbereichen sein. *AMUNDSEN* wird in einer Reihe von derzeit laufenden Forschungsprojekten für die genannten Herausforderungen weiterentwickelt: Im Projekt *„MUSICALS“ (**MU**ltiscale **S**now and **IC**emelt Discharge Simulation into **AL**pine Reservoir**S**)* des *Climate Change Adaptation Technologies Centres alpS* in Innsbruck wird das bereits erwähnte Linearspeichermodell entwickelt *[Seiser et al., 2011]*, und für die Region der Ötztaler Alpen (Tirol, Österreich) angewendet [3]. Im Projekt *„CC-Snow“* [4] werden mit Partnern aus der Klimaforschung sowie den sozio-ökonomischen Wissenschaften die Effekte des Klimawandels auf den Skitourismus in Tirol und in der Steiermark (Österreich) untersucht *[Strasser et al., 2011 b]*. Dazu wird im Modell auch die Kunstschneeproduktion unter veränderten klimatischen Bedingungen simuliert. In *„WaterNPB“* [5] werden in Kooperation mit dem *Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)* des *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)* in Garmisch-Partenkirchen [6] und der *Nationalparkverwaltung Berchtesgaden* die Dynamik der Schneedecke sowie das Karstwassersystem modelliert, und auch Klimawandel-Szenarien gerechnet *[Kraller et al., 2010]*. Die Reaktion der Sonnblick-Gletscher in den Hohen Tauern (Österreich) und entsprechende Effekte auf das Abflussgeschehen werden im Projekt *„u(glacier)“* der *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik* in Wien modelliert. Im Forschungs-Einzugsgebiet Johnsbachtal (Ennstaler Alpen, Österreich) wird *AMUNDSEN* weiter an gebirgsspezifische Prozesse angepasst und mit Messungen des Gerinneabflusses validiert; hier werden kontinuierlich neue Klimastationen auch in den Hochregionen installiert, um die benötigten Eingabedaten in hoher räumlicher und zeitlicher Dichte zur Verfügung stellen zu können *[Strasser, 2012]*. Schließlich wird das Modell im Projekt *„Glacier MEMO“* [7] auch in arktischen Regionen angewendet (Freya-Gletscher, NO-Grönland), und hier werden ganz neuartige Erfahrungen in Bezug auf die Prozesse der Akkumulation und Ablation gewonnen *[Marke et al., 2011]*.

Mit der derzeit verfügbaren Rechenleistung und der gewaltigen Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung wird es bald möglich sein, physikalisch basierte Schneedeckensimulationen für Hochgebirgsregionen wie die hier vorgestellte auszudehnen und auf die regionale Skala ganzer Gebirgszüge zu übertragen. Dadurch wird eine verlässlichere Vorhersage der Verteilung, Verfügbarkeit und Abgabe zukünftiger Wasserressourcen in Gebirgseinzugsgebieten zu erzielen sein.

[3] http://www.alp-s.at/cms/de/klimawandelanpassung/projekte-hydro/h03-musicals-a/ letzter Aufruf: 10.04.2012.

[4] http://www.cc-snow.at – letzter Aufruf: 10.04.2012.

[5] WaterNPB = Water National Park Berchtesgaden, http://www.nationalpark-berchtesgaden.bayern.de/projekte/klimawandel/hydrologie/index.htm letzter Aufruf: 10.04.2012.

[6] http://imk-ifu.fzk.de/index.php – letzter Aufruf: 10.04.2012.

[7] Glacier MEMO = Glacier Mass and Energy Balance Modelling.

6. Danksagung

Besonderer Dank gilt MARKUS WEBER von der *Kommission für Erdmessung und Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, München, und GLEN E. LISTON vom *Cooperated Institute for Research in the Atmosphere (CIRA)*, Fort Collins, USA, für ihre zahllosen Beiträge zur Entwicklung von *AMUNDSEN*, HELMUT FRANZ und MICHAEL VOGEL von der *Nationalparkverwaltung Berchtesgaden* für ihre langjährige Unterstützung der Arbeiten und die Bereitstellung von Daten, THOMAS MARKE und FLORIAN HANZER von der *Universität Graz* für ihre unterstützende Koordination und Entwicklungsarbeit, MICHAEL WARSCHER vom *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, Garmisch-Partenkirchen, WOLFGANG SCHÖNER, BERNHARD HYNEK und MARC OLEFS von der *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)*, Wien, sowie BERND SEISER von *alpS*, Innsbruck, für die derzeitigen Arbeiten in den laufenden Projekten.

7. Literatur und Quellen

Allen, Richard G. / Pereira, Luis S. / Raes, Dirk / Smith, Martin [1998]: Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom, 299 S.
ISBN 92-5-104219-5
http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Barnett, Tim B. / Adam, Jennifer C. / Lettenmaier, Dennis P. [2005]: Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. In: Nature, international weekly journal of science, Band 438, Heft 17, London, S. 303-309.
ISSN 0028-0836 (print)
ISSN 1476-4687 (online)
http://www.nature.com/nature/journal/v438/n7066/pdf/nature04141.pdf
letzter Aufruf: 12.04.2012.

Beven, Keith J. / Freer, Jim [2001]: Equifinality, data assimilation, and uncertainty estimation in mechanistic modelling of complex environmental systems. In: Journal of Hydrology, Band 249, Heft 1, Amsterdam, S. 11-29.
ISSN 0022-1694
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169401004218
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Klemeš, Vit [1990]: The modelling of mountain hydrology: the ultimate challenge. In: *Molnár, Ludovit (Hrsg.) [1990]:* Hydrology of Mountainous Areas. Proceedings of the international workshop held at Štrbské Pleso, Vysoké Tatry, Czechoslovakia, 7-10 June 1988. IAHS Publication No. 190. International Association of Hydrological Sciences, IAHS-Press, Wallingford, S. 29-43.
ISBN 0-947571-42-6
http://iahs.info/redbooks/a190/iahs_190_0029.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Kraller, Gabriele / Warscher, Michael / Strasser, Ulrich / Kunstmann, Harald / Franz, Helmut. [2010]: Quantification of Snowmelt Contribution to Groundwater Recharge and Water Balance in Berchtesgaden National Park. Vortrag, 1st Meeting Coordinated Research Project, International Atomic Energy Agency (IAEA), Wien, 30. August 2010.

Lang, Herbert [1985]: Höhenabhängigkeit der Niederschläge. In: *Sevruk, Boris (Red.):* Der Niederschlag in der Schweiz. Bericht der Arbeitsgruppe „Niederschlag" der Hydrologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG). Beiträge zur Geologie der Schweiz: Hydrologie, Bd. 31. Herausgegeben von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und der Hydrologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Kümmerly+Frey, Bern, S. 149-158.
ISSN 0378-0945

Marke, Thomas [2011]: Persönliche Mitteilung.

Marke, Thomas / Weyss, Gernot / Hynek, Bernhard, Strasser, Ulrich / Schöner, Wolfgang [2011]: The 2010 summer expedition to Freya glacier (Clavering Island, NE-Greenland). In: Abstracts of the 8th European Geosciences Union General Assembly 2011, Vienna, Austria, 03-08 April 2011. Geophysical Research Abstracts, Band 13, Katlenburg-Lindau, EGU2011-2896-1.
ISSN 1029-7006
http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2011/EGU2011-2896-1.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Marsh, Philip [1999]: Snowcover formation and melt: recent advances and future prospects. In: Hydrological Processes, Band 13, Heft 14, Chichester / New York, S. 2117-2134.
ISSN 0885-6087 (print)
ISSN 1099-1085 (online)
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291099-1085%28199910%2913:14/15%3C2117::AID-HYP869%3E3.0.CO;2-9/pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Mauser, Wolfram / Prasch, Monika / Strasser, Ulrich [2007]: Physically based Modelling of Climate Change Impact on Snow Cover Dynamics in Alpine Regions using a Stochastic Weather Generator. In: *Oxley, Les / Kulasiri, Don (Hrsg.):* MODSIM 07, International Congress on Modelling and Simulation, Proceedings. Modelling and Simulation Society of

Australia and New Zealand, Christchurch, S. 2138-2145.
ISBN 978-0-9758400-4-7
http://www.mssanz.org.au/MODSIM07/papers/39_s55/Phisycallybased_s55_Mauser_.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Ohmura, Atsumu [2001]: Physical Basis for the Temperature-Based Melt-Index Method. In: Journal of Applied Meteorology, Band 40, Heft 4, Lancaster, S. 753-761.
ISSN 0021-8952 (print)
ISSN 1520-0450 (online)
http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%282001%29040%3C0753%3APBFTTB%3E2.0.CO%3B2
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Pomeroy, John W. / Gray, Donald M. [1995]: Snowcover Accumulation, Relocation, and Management. NHRI Science Report No. 7. Environment Canada, National Hydrology Research Institute, Saskatoon, 144 S.
ISBN 0-660-15816-7

Pomeroy, John W. / Gray, Donald M. / Shook, Kevin R. / Toth, Brenda / Essery, Richard L. H. / Pietroniero, Alain / Hedstrom, Newell [1998]: An evaluation of snow accumulation and ablation for land surface modelling. In: Hydrological Processes, Band 12, Heft 15, Chichester / New York, S. 2339-2367.
ISSN 0885-6087 (print)
ISSN 1099-1085 (online)
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291099-1085%28199812%2912:15%3C2339::AID-HYP800%3E3.0.CO;2-L/pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Seiser, Bernd / Helfricht, Kay / Strasser, Ulrich / Kuhn, Michael / Sailer, Rudolf / Stötter, Johann / Veuillet, Evelyne / Schönlaub., Helmut [2011]: Multiscale Snow/Icemelt Discharge Simulation into Alpine Reservoirs – the alpS MUSICALS project. Downscaling strategy and first results. In: *Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.):* 15th Alpine Glaciology Meeting 2011, 24/25 February 2011. Book of Abstracts. München, S. 25.
http://www.lrz.de/~a2901ad/webserver/webdata/agm2011/abstracts/001070111.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Solomon, Susan / Qin, Dahe / Manning, Martin / Chen, Zhenlin / Marquis, Melinda / Averyt, Kristen B. / Tignor, Melinda M. B. / Miller, Henry LeRoy Jr. (Hrsg.) [2007]: Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 996 S.
ISBN 978-0-521-70596-7
ISBN 978-0-521-88009-1
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Strasser, Ulrich [2008]: Die Modellierung der Gebirgsschneedecke im Nationalpark Berchtesgaden. Modelling of the mountain snow cover in the Berchtesgaden National Park. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsbericht 55. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Berchtesgaden, 8 S.
ISBN 978-3-922325-62-8
http://www.nationalpark-berchtesgaden.de/publikationen/forschungsberichte/doc/fb55iz.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Strasser, Ulrich [2012]: „Integrative Kooperationsplattform Johnsbachtal" – ein langfristig angelegtes Projekt zur Mensch-Umwelt-Forschung in einer komplexen Hochgebirgsregion. In: Quellen (Quellwochen 2007-2010). Schriften des Nationalparks Gesäuse, Band 7. Weng im Gesäuse (in Druck).

Strasser, Ulrich / Weber, Monika / Prasch, Markus [2008 a]: How important is glacier melt in the water balance? In: Abstracts of the 12th Alpine Glaciological Meeting (AGM), 6 and 7 March 2008, Chamonix.

Strasser, Ulrich / Bernhardt, Matthias / Weber, Monika / Liston, Glen E. / Mauser, Wolfram [2008 b]: Is snow sublimation important in the alpine water balance? In: The Cryosphere, an interactive open access journal of the European Geosciences Union, Band 2, Göttingen, S. 53-66.
ISSN 1994-0416
http://www.the-cryosphere.net/2/53/2008/tc-2-53-2008.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Strasser, Ulrich / Warscher, Michael / Liston, Glen E. [2011 a]: Modelling Snow-Canopy Processes on an Idealized Mountain. In: Journal of Hydrometeorology, Band 12, Heft 4, Boston, S. 663-677.
ISSN 1525-755X

Strasser, Ulrich / Gobiet, Andreas / Stötter, Johann / Kleindienst, Hannes / Zimmermann, Friedrich / Steininger, Karl / Prettenthaler, Franz [2011 b]: CC-Snow – an interdisciplinary project to investigate climate change effects on future snow conditions and winter tourism in Tyrol and Styria (Austria). In: Abstracts of the 8th European Geosciences Union General Assembly 2011, Vienna, Austria, 03-08 April 2011. Geophysical Research Abstracts, Band 13, Katlenburg-Lindau, EGU2011-2959-3.
ISSN 1029-7006
http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2011/EGU2011-2959-3.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Strasser, Ulrich / Hanzer, Florian / Marke, Thomas / Warscher, Michael / Hynek, Bernhard / Olefs, Marc / Schöner, Wolfgang [2011 c]: The physically-based

Alpine snowcover model AMUNDSEN: current developments and projects. In: *Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) [2011]:* 15th Alpine Glaciology Meeting 2011, 24/25 February 2011. Book of Abstracts. München, S. 23.

http://www.lrz.de/~a2901ad/webserver/webdata/agm2011/abstracts/005180111.pdf

letzter Aufruf: 16.11.2011.

Wakonigg, Herwig [2009]: Persönliche Mitteilung.

Weber, Markus / Braun, Ludwig / Mauser, Wolfram / Prasch, Monika [2009]: Die Bedeutung der Gletscherschmelze für den Abfluss der Donau gegenwärtig und in der Zukunft. The relevance of glacier melt for the upper Danube River discharge today and in the future. In: Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 86, Wien, S. 1-29.

ISSN 0567-1434

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Ulrich Strasser

Karl-Franzens-Universität Graz, Fakultät für Umwelt-, Regional- und Bildungswissenschaften, Institut für Geographie und Raumforschung,
Heinrichstr. 36, A-8010 Graz

E-Mail: ulrich.strasser@uni-graz.at

Petra Svatek

„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“

Eine Geschichtskarte des Wolfgang Lazius aus dem Jahre 1557

Zusammenfassung

WOLFGANG LAZIUS war einer der bedeutendsten Wiener Gelehrten und Kartographen des 16. Jahrhunderts. Dieser Artikel befasst sich mit seinem Leben und mit seiner Karte „Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“ (Basel, 1557), welche den westlichen Teil Ungarns wiedergibt. Diese Karte produzierte LAZIUS im Kontext der Auseinandersetzungen zwischen den Habsburgern und den Osmanen. Sie stellt den erfolgreichen Feldzug der Habsburger des Jahres 1556 dar und zeigt uns die Routen der Armeen, die Lager und das Schlachtfeld. Nach unserem heutigen Forschungsstand integrierte LAZIUS die Schlacht wirklichkeitsgetreu.

Summary

WOLFGANG LAZIUS was one of the most important Viennese scholars and cartographers of the 16th century. This article will focus on his life and his map „Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis description“ (Basle, 1557), which depicts the western part of Hungary. It was produced by LAZIUS in the context of the conflicts between the Habsburgs and the Ottoman Empire. The map illustrates the successful Habsburg campaign of 1556 and shows us the army's routes, the camps and the theatre of the battles. According to the current state of knowledge, LAZIUS rendered the campaign very faithfully on his map.

1. Wolfgang Lazius (1514-1565)

WOLFGANG LAZIUS zählt zu den bedeutendsten österreichischen Historikern und Kartographen des 16. Jahrhunderts. Er kam am 31. Oktober 1514 in Wien knapp nach drei Uhr morgens *[Cornarius, 1565, S. 5]* als Sohn des SIMON LAZIUS († 1532) und dessen Gattin OTTILIE zur Welt. Über das Leben seines Vaters SIMON ist nicht viel bekannt. Wahrscheinlich verbrachte er seine Kindheit in Stuttgart und besuchte eine angesehene humanistische Schule in Schlettstadt *[Horawitz, 1883, S. 89]*. Am 13. Oktober 1501 immatrikulierte er an der Universität Wien und schloss 1513 sein Studium mit dem Doktorat in Medizin ab. SIMON LAZIUS wirkte bis zu seinem Tode – er starb am 19. Oktober 1532 an der Pest *[Braun, 1971, S. 46]* – als Medizinprofessor an der Universität Wien und wurde fünfmal zum Dekan der medizinischen Fakultät bestellt. *[Kratochwill, 1965, S. 449; Vancsa, 1911, S. 5]*

Die Mutter OTTILIE stammte aus einer angesehenen Wiener Bürgerfamilie. Ihr Stiefbruder HERMES SCHALLAUCZER (1503-1561) war Bürgermeister der Stadt Wien und Stadtrichter. Der begeisterte Altertumsforscher beschäftigte sich aber auch mit dem Bau diverser Festungsanlagen und mit der Regulierung eines Donauarmes *[Czeike, 1961, S. 70f.; Czeike, 1974, S. 153-155]*. Neben WOLFGANG bekamen SIMON und OTTILIE LAZIUS noch die beiden Töchter MARGARETH und KATHARINA sowie einen weiteren Sohn namens GABRIEL *[Camesina, 1856, S. 8]*. Dieser immatrikulierte am 13. Oktober 1531 an der Wiener Universität, starb allerdings wie sein Vater 1532 an der Pest *[Gall/Szaivert, 1971, S. 49]*. Seine Schwestern lebten nach einer Eintragung im Grundbuch der Stadt Wien noch 1548 *[Camesina, 1856, S. 8]*. Die letzte derzeit bekannte Erwähnung von OTTILIE geht auf das Jahr 1571 zurück *[Horawitz, 1883, S. 89]*.

WOLFGANG LAZIUS wuchs in der Atmosphäre eines humanistisch engagierten Familien- und Freundeskreises auf. SIMON LAZIUS war Mitglied der *„Sodalitas Collimitiana“ [Grössing, 1983, S. 291]* und pflegte daher mit einigen Wiener Humanisten – so JOHANNES CUSPINIAN (1473-1529), ANDREAS STIBORIUS (1465-1515), GEORG TANNSTETTER (1482-1535) usw. – freundschaftliche Kontakte. Am 14. April 1528 begann WOLFGANG LAZIUS mit der Immatrikulation an der Artistenfakultät sein Studium an der Universität Wien, das er 1532 mit dem Magistertitel abschloss. Danach studierte er an den Universitäten Wien und Ingolstadt Medizin *[Vancsa, 1911, S. 6]*.

Nach seiner Promotion im Jahre 1538 wurde LAZIUS Arzt in Wiener Neustadt und bei der kaiserlichen Armee in Ungarn *[Kratochwill, 1965, S. 449]*. Zu dieser Zeit dürfte er auch geheiratet haben. Im *„Codex 9472“ [fol. 64]* der *Österreichischen Nationalbibliothek* befindet sich nämlich ein am 26. Juli 1541 verfasster Brief einer ANNA STRONSDORFER, worin sie ihren Ehemann bat, seine Arzttätigkeit in Ungarn aufzugeben. ANNA STRONSDORFER hatte aus einer früheren Beziehung bereits zwei Söhne *[Leirer, 1922, S. 21]*, von denen einer später den Beruf eines kaiserlichen Hofbeamten ausge-

übt hatte *[Mayr, 1894, S. 80]*. Zusammen mit LAZIUS bekam sie noch einen weiteren Sohn namens FERDINAND *[Aschbach, 1888, S. 215]*. FERDINAND dürfte allerdings wie seine Mutter ANNA nicht lange gelebt haben. Zu ihm gibt es keine weiteren Erwähnungen mehr. ANNA STRONSDORFER lebte auf jeden Fall noch 1551. In diesem Jahr erwähnte LAZIUS nämlich in einem Brief, dass sowohl er als auch ANNA krank wären. Danach gibt es auch zu ihrer Person keine Hinweise mehr. Am 4. Juni 1564 heiratete LAZIUS schließlich ELISABETH AMASSÖDER († 1594). *[Camesina, 1856, S. 14 und S. 16]*

Im Jahre 1542 wurde WOLFGANG LAZIUS zum Professor für Medizin an der Medizinischen Fakultät der Universität Wien berufen. Achtmal (1542 in beiden Semestern, 1547, 1550, 1552, 1556, 1559 und 1561) war er Dekan der medizinischen Fakultät sowie zweimal (1546 und 1560) Rektor der Wiener Universität *[Aschbach, 1888, S. 208]*. Medizinische Schriften haben sich von LAZIUS nicht erhalten. Dafür forschte er umso mehr auf den Gebieten der Geschichte, Geographie und Kartographie. Sein geschichtliches Hauptinteresse galt dabei der römischen und griechischen Antike, der Völkerwanderungszeit und der Geschichte der Habsburger. LAZIUS schrieb die erste gedruckte Geschichte der Stadt Wien (*„Vienna Austriae“*, 1546[1]) und die ersten umfangreichen Bücher über die Habsburger (z. B. *„Commentariorum in Genealogiam Austriacam“*, 1564[2]). Auch die ersten Anfänge der wissenschaftlichen Numismatik (*„Commentariorum vetustorum numismatum …“*, 1558[3]) und der Altertumsforschung (z. B. *„Commentariorum rerum Graecarum“*, 1558[4], und *„Exempla aliquot S. vetustatis Rom. in saxis …“*, 1560[5]) sind im 16. Jahrhundert von LAZIUS ausgegangen. Auf diesen Gebieten hat er ein beachtliches Lebenswerk hinterlassen, wobei das Buch über die römische Geschichte (*„Commentariorum Reipublicae Romanae“*, 1551[6]) mit 1321 Seiten seine umfangreichste Abhandlung bildet. Aufgrund dieser Leistungen ernannte ihn König FERDINAND I. (1503-1564) nicht nur zu seinem Leibarzt, sondern 1548 auch zum Geheimen Rat, Hofhistoriographen und Leiter der kaiserlichen Münzen- und Antiquitätensammlung. Eine besondere Vorliebe zeigte LAZIUS für epigraphische Denkmäler. Er sammelte im Laufe seines Lebens mehr als 20 Inschriftensteine, von denen heute nur mehr ein Stein, ein Mithrasaltar aus dem 3. nachchristlichen Jahrhundert, in der Antikensammlung des Wiener Kunsthistorischen Museums erhalten ist. *[Trenkler, 1978, S. 187 und S. 191]*

LAZIUS hatte ab den 1550er Jahren immer wieder mit gesundheitlichen Problemen zu kämpfen. Jene Autoren, die sich etwas näher mit seiner Biographie auseinandergesetzt haben, beschrieben ihn als einen Mann von schwächlicher Körperbeschaffenheit, der aufgrund dauernder Überanstrengung der physischen und geistigen Kräfte immer kränklicher wurde *[Aschbach, 1888, S. 209; Camesina, 1856, S. 16]*. LAZIUS starb schließlich am 19. Juni 1565 im 51. Lebensjahr, wahrscheinlich an den Folgen eines Schlaganfalls *[Cornarius, 1565, S. 1]*. Begraben wurde er in der Wiener Peterskirche, der er zeit seines Lebens sehr verbunden war. Dort wirkte er zu Lebzeiten als Kirchmeister und ließ die Kirche in den 1550er Jahren großteils aus eigenen Mitteln renovieren *[Archiv der Peterskirche Wien, Codices LXIII, LXIIIa und LXIIIc]*. Sein Epitaph aus dem Jahre 1586 kann man heute noch gleich nach dem Eingang auf der linken Seite unter der Orgelempore sehen.

2. Wolfgang Lazius als Kartograph

Von wem LAZIUS das Handwerk des Kartenmachens gelernt hatte, kann heute nicht mehr richtig nachvollzogen werden. Möglicherweise wurde er von PETER APIAN (1495-1552) in Ingolstadt unterrichtet oder in Wien von GEORG TANNSTETTER, den LAZIUS seit seiner Kindheit kannte. TANNSTETTER verbesserte während der frühen 1520er Jahre unter anderem die Ungarnkarte des ROSETUS LAZARUS (~1485-1542) und war wahrscheinlich auch an der Herausgabe einer Karte über Österreich beteiligt *[Graf-Stuhlhofer, 1996, S. 151 und S. 153]*.

Die ersten Karten des WOLFGANG LAZIUS stammen aus den frühen 1540er Jahren. Bis 1563 fertigte er nach unserem heutigen Wissensstand insgesamt 24 Karten und einige weitere Skizzen an, worauf Gebiete zwischen

[1] *Lazius, Wolfgang [1546]:* Vienna Austriae. Rerum Viennensium Commentarii in Quatuor Libros distincti, in quib. celeberrimae illius Austriae civitatis exordia, vetustas, nobilitas, magistratus, familiaeque, ad plenum (quod aiunt) explicantur. Oporinus, Basel, 159 S.

[2] *Lazius, Wolfgang [1564]:* Commentariorum in Genealogiam Austriacam libri duo ... . Episcopius & Oporinus, Basel, 335 S.

[3] *Lazius, Wolfgang [1558a]:* Commentariorum vetustorum numismatum maximi scilicet operis et quatuor sectionibus multarum rerum publicarum per Asiam, Aphricam et Europam antiquitatis historiam nodosque gordianis difficilores comprehendendis. Specimen exile ceu ex tecto tegula quaedam C. Iulii dictatoris, Augusti et Tyberii caesarum monetam si quae ex argento in forulis S. R. R. M. extat, explicans, tabulam videlicet sectionis tertiae partis secundae primam. Zimmermann, Wien, 30 Bl.

[4] *Lazius Wolfgang [1558b]:* Commentariorum rerum Graecarum libri II, in quibus tam Helladis quam Peloponnesi, quae in lucem antea non venerunt, explicantur. Hofhalter und Zimmermann, Wien.

[5] *Schallauczer, Hermes / Lazius, Wolfgang [1560]:* Exempla aliquot S. vetustatis Rom. in saxis quibusdam, opera nobis viri, D. Hermetis Schallauczeri, Caes. maiestatis consil. et architecturae praefecti, hic Viennae erutis, una cum interpretatione Wolfgangi Lazij med: & historici. Hofhalter, Wien, 64 S.

[6] *Lazius Wolfgang [1551]:* Commentariorum Reipublicae Romanae illius, in exteris provinciis, bello acquisitis, constitutae, libri duodecim. In quibus limitum omnium restitutiones, Praetoria, Magistratus, Munia tam militaria, quàm civilia ... traduntur. Opus certè, quod totius veteris Historiae fundamenta, nodos, admirandumq[ue] ac ingens quoddam velut alueare complectitur. Autore Wolfgango Lazio Viennen. Austriaco, Medico, & Rom. Regis Historico. Oporinus, Basel, 1321 S.

Brandenburg im Norden und Kreta im Süden bzw. dem Elsass im Westen und Siebenbürgen und der westlichen Türkei im Osten abgebildet sind. Internationale Bekanntheit erlangte er vor allem als Verfasser der *„Typi chorographici provinciarum Austriae“*, 1561[7] (erster Atlas der österreichischen Lande), und als Pionier der thematischen Kartographie. LAZIUS fertigte insgesamt acht Geschichtskarten an: drei davon (*„Chorographia Helladis“*, *„Peloponnesus Peninsula“* und *„Peloponnesus ex Pausania et Strabone descriptus“*) haben das antike Griechenland zum Thema. Zudem gab er zwei Manuskriptkarten über den 1546/47 stattgefundenen Schmalkaldischen Krieg, zwei Kupferstichkarten über Nieder- und Oberösterreich, welche eindeutig Territorien aus dem Mittelalter zeigen, und die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“*, die hier näher besprochen werden soll, heraus.[8]

Für den topographischen und thematischen Karteninhalt zog LAZIUS verschiedene Quellen heran:

- Erstens verwendete er Namensverzeichnisse wie zum Beispiel das große handschriftliche Ortsverzeichnis der österreichischen Lande aus dem frühen 16. Jahrhundert.[9]
- Zweitens stützte sich LAZIUS auch auf bereits bestehende Karten anderer Kartographen wie zum Beispiel auf Regionalkarten des JOHANNES AVENTIN (1477-1534), des AUGUSTIN HIRSCHVOGEL (1503-1553) und des MARKUS SECZNAGEL *[Bernleithner, 1972, S. X]*.
- Drittens benutzte er für seine Geschichtskarten zur griechischen Antike nachweislich die Werke der antiken Autoren STRABON, PLINIUS, PAUSANIAS usw., aus denen er viele lateinische Siedlungs-, Berg- und Gewässerbezeichnungen entnahm. Aber auch die Bücher *„In descriptionem Graeciae Sophiani praefatio“*[10] und *„Pro declaratione picturae sive descriptionis Graeciae Sophiani, libri septem“*[11] des NICOLAUS GERBELIUS (um 1480-1560) zog er als Quellen heran. Andere zeitgenössische Gewährsleute waren zum Beispiel der Mediziner JAKOB MILICHIUS (1501-1559) und der Theologe und Diplomat ANTON VERANTIUS (1504-1573) *[Meschendörfer/Mittelstrass, 1996, S. 54f.]* Sowohl in seiner *„Typi chorographici provinciarum Austriae“*, als auch in seinem Buch über das antike Griechenland hat LAZIUS auf diese Personen hingewiesen.
- Viertens führte er auf seinen vielen Reisen auch eigene Beobachtungen im Gelände durch und fertigte Skizzen an, welche ebenfalls wichtige Quellen für seine Karten darstellten.[12] So unternahm zum Beispiel drei große Bibliotheksreisen durch das Habsburgerreich. Während dieser suchte er im Auftrag von König FERDINAND I. nach wertvollen Büchern und Handschriften, um diese nach Wien zu bringen. Seine erste Reise führte ihn 1548 nach Mauerbach, Lilienfeld, Göttweig und nach St. Florian. *[Trenkler, 1978, S. 196f.]* – Ein Jahr später reiste er in die Steiermark und nach Kärnten und besuchte dabei unter anderem Neuberg, Admont, St. Lambrecht, Gurk, Ossiach, Millstatt, Arnoldstein, St. Paul im Lavanttal, Graz, Vorau, Cilli (Celje) und Pettau (Ptuj). *[Menhardt, 1936, S. 103-108; Trenkler, 1978, S. 197f.]* – Seine dritte Reise führte ihn nach Bayern, Schwaben, in den Schwarzwald, nach Aargau, Graubünden, Burgund und ins Elsass *[Trenkler, 1978, S. 201]*.

3. Die Geschichtskarte *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“*

Die Holzschnittkarte *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“* (Abb. 1-5) des WOLFGANG LAZIUS ist ungefähr 48 x 39 cm groß und wurde 1557 in Basel im Verlag des JOHANNES OPORINUS (1507-1568) inklusive eines lateinischen Kommentars veröffentlicht. OPORINUS, ursprünglich Medizinstudent, Famulus des PARACELSUS (1493-1541) und Professor für Griechisch an der Universität Basel, gründete Mitte der 1530er Jahre eine Druckerei und wurde vor allem wegen eines kontroversen Korandruckes 1542 und der Herausgabe des berühmten Buches *„De humani corporis fabrica libri septem“* (1543)[13] von ANDREAS VESALIUS (1514-1564) bekannt *[Benzing, 1982, S. 38; Steinmann, 1967, S. 21-35]*. Die Karte zeigt Westungarn und sollte vor allem den Feldzug der kaiserlichen Truppen gegen die Osmanen im Jahre 1556 illustrieren.

---

[7] *Lazius, Wolfgang [1561]:* Typi chorographici provinciarum Austriae cum explicatione earundem pro commentariis rerum Austriacarum concinnati ad heros suos Ferdinandum Imp. Rom. P. F. et Maximilianum regem. Auctore Wolfgango Lazio, Viennensi, Medico et Historico. Zimmermann, Wien.

[8] Einen Überblick über die Karten des LAZIUS findet man zum Beispiel in *Goffart [2003, S. 61-66]* und *Svatek [2008a, S. 8-31; 2008b, S. 37-42; 2010, S. 486-488]*.

[9] Bereits *Fritz Eheim [1957, S. 11-13 und S. 17]* wies darauf hin, dass der Wortschatz mancher LAZIUS-Karten mit diesem aus 52 Blättern bestehenden Namensverzeichnis übereinstimmt.

[10] *Gerbel, Nikolaus [1545]:* Nicolai Gerberij in descriptionem Graeciae Sophiani, praefatio. In qua docetur, quem fructum, quamque voluptatem allatur sit haec pictura studiosis, si diligenter eam cum Historicorum, Poetarum, Geographorumque scriptis contulerint. Eiusdem de situ, nominibus et regionibus Graeciae perbrevis in picturam Sophiani introductio ... . Oporinus, Basel, 80 S.

[11] *Gerbel, Nikolaus [1550]:* Nicolai Gerbelij Phorcensis, pro declaratione picturae sive descriptionis Graeciae Sophiani, Libri septem. Quae verò singulis libris tractentur, ... propio Elencho indicabitur. Oporinus, Basel, 297 S.

[12] Ein paar dieser Skizzen sind heute noch erhalten, wie zum Beispiel jene über das nördliche Burgenland und das nieder- und oberösterreichische Alpenvorland. Diese befinden sich heute in der *Österreichischen Nationalbibliothek, Handschriftensammlung [ÖNB Cod. 7960 und Cod. 8664]*.

[13] *Vesalius, Andreas [1543]:* Andreae Vesalii Bruxellensis, scholae medicorum Patavinae professoris, de humani corporis fabrica libri septem. Oporinus, Basel, 663 S.

Die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“* war aber nicht die erste Karte Ungarns, die LAZIUS angefertigt hatte. In der ersten Hälfte der 1550er Jahre erarbeitete er bereits die *„Regni Hungariae descriptio“*. Diese Karte besteht aus 10 Blättern und zeigt ein Gebiet zwischen dem Wiener Becken und der östlichen Steiermark im Westen bis Siebenbürgen im Osten sowie von Polen und der südlichen Ukraine im Norden bis nach Bosnien im Süden. Dem Widmungsschreiben kann entnommen werden, dass König FERDINAND I. im Jahre 1552 den Auftrag für die Kartierung an LAZIUS gab, da man für die Feldzüge gegen die Osmanen eine aktuelle Karte dieses Gebietes zur Verfügung haben wollte. *[Svatek, 2008a, S. 9 und S. 13f.]*

3.1 Politischer Kontext der *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“*

Die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“* fertigte LAZIUS im Kontext der immer wiederkehrenden Auseinandersetzungen zwischen dem Habsburgerreich und dem Osmanischen Reich. Diese begannen 1526, als Sultan SÜLEYMAN I. (1495/96-1566) das ungarische Heer in der Schlacht von Mohács besiegte und König LUDWIG II. (1506-1526) den Tod fand. Nach den Bestimmungen des Preßburger Erbvertrages von 1491 fielen Böhmen und Ungarn aufgrund der Kinderlosigkeit LUDWIGs an Österreich. FERDINAND versuchte nach seiner Krönung vergebens, die Osmanen zur Anerkennung seiner Rechte auf Ungarn zu gewinnen. SÜLEYMAN gelang es in den nächsten Jahren, weite Teile Ungarns zu erobern. 1529 kam es zum Türkenzug gegen Wien, der allerdings scheiterte. Schließlich führten die Auseinandersetzungen 1541 zu einer Aufteilung Ungarns in drei voneinander getrennte Herrschaftsbereiche. Die westlichen und nördlichen Gebiete verblieben bei den Habsburgern. Der mittlere Bereich mit Buda wurde zu einer türkischen Provinz. Das Land jenseits der Theiß ging an die bereits dort regierende Familie ZÁPOLYA, welche ein Bündnispartner der Osmanen war. Diese direkte Nachbarschaft zwischen den Habsburgern und den Osmanen führte in den Folgejahren zu vielen Grenzkonflikten, wie zum Beispiel jenem aus dem Jahre 1556, den LAZIUS in seiner Westungarnkarte verarbeitet hat. *[Fazekas, 2003, S. 121-125; Hühnel, 1995, S. 64f.; Pfaffenbichler, 2003, S. 110ff.; Theuer, 1996, S. 147, 151, 177, 207-248]*

3.2 Kartenrand

Der Kartenrand zeigt eine ornamentale Bordüre mit acht Medaillons, in denen Männerköpfe zu sehen sind. Den Beschriftungen kann man entnehmen, dass sie Herrscher der römischen Antike darstellen sollen. Mit *„C. Julia“* meinte LAZIUS wahrscheinlich CALIGULA (12-41 n. Chr.), der sich auch „Gaius Julius Caesar“ nannte. Da CALIGULA in der Gestalt verschiedener, zum Teil auch weiblicher Gottheiten auftrat, kann die weibliche Endung bei *„Julia“* von LAZIUS absichtlich vorgenommen worden sein *[Andresen et al., 1990a, Sp. 539]*.

Mit *„Imp. Otho“* meinte er wohl den römischen Kaiser OTHO (regiert 15.01.-16.04.69 n. Chr.; vgl. *Andresen et al. [1990b, Sp. 2178]*) und mit *„Nero“* (37-68 n. Chr.) jenen bekannten römischen Kaiser, unter dem die erste systematische Christenverfolgung stattfand *[Andresen et al., 1990b, Sp. 2078f.]*. Die anderen Männerköpfe stellen *„Antonninu Augu“* (ANTONINUS PIUS, römischer Kaiser in den Jahren 138-161 n. Chr.), *„Nerva“* (römischer Kaiser 96-98 n. Chr.), *„Imp. Titu“* (TITUS, römischer Kaiser 79-81 n. Chr.) und *„Galla“* (wahrscheinlich GALBA, römischer Kaiser, 68/69 n. Chr.) dar. Das achte Bild zeigt einen Osmanen ohne Namen.

Weshalb LAZIUS gerade diese Herrscher auf seiner Karte verewigt hat, kann eigentlich nicht nachvollzogen werden. Nach eingehendem Studium der Biographien konnten keine Zusammenhänge in deren Lebensläufen festgestellt werden. Wahrscheinlich wollte LAZIUS mit der Darstellung einfach nur der Antike huldigen, wie es zu seinen Lebzeiten üblich war. Auch die niederländischen Kartographen des 17. Jahrhunderts haben immer wieder römische Kaiser auf ihren Karten verewigt, wie zum Beispiel NICOLAUS VISSCHER (1618-1674), der seine Weltkarte *„Nova Totius Terrarum Orbis Geographica Ac Hydrographica Tabula“* mit künstlerisch eindrucksvollen Portraits der Herrscher CAESAR, AUGUSTUS, TIBERIUS, CALIGULA, CLAUDIUS, NERO, GALBA, OTHO, VITELIUS, VESPASIAN, TITUS und DOMITIAN verschönert hat. Ungelöst muss auch die Frage bleiben, weshalb LAZIUS neben den römischen Herrschern einen Osmanen in die Randbordüre eingezeichnet hat: denn den Osmanen wollte er sicher nicht huldigen.

3.3 Kartusche

Zwischen Székesfehérvár *(„Stuelweissenburg“)* und der Insel Csepel *(„Racznmarkh“)* platzierte LAZIUS eine Kartusche. Gekrönt wird diese von zwei Putten und dem Wappen der Familie FUGGER. LAZIUS widmete die Karte nämlich nicht dem Leiter des Feldzuges, Erzherzog FERDINAND, sondern dem Grafen ULRICH FUGGER (1526-1584) *[Wawrik, 1983, S. 46]*. Der nachfolgende Text kann sozusagen als Lobeshymne auf die Familie FUGGER angesehen werden. FERDINAND wird von LAZIUS allerdings nicht vergessen und ebenfalls mit lobenden Worten bedacht. Den Aufstieg zu einem bedeutenden Handels- und Finanzkonzern hatte die Familie FUGGER der Verbindung zu den Habsburgern zu verdanken, welche zwischen JAKOB FUGGER (1459-1525) und MAXIMILIAN I. (1459-1519) begonnen hatte. Die FUGGER waren für die Habsburger vor allem eine wichtige Geldquelle. Sie finanzierten viele Kriege und auch die Wahl von KARL V. (1500-1558) zum deutschen König (1519) mit.

Abb. 1: *Die Karte „Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“ [Oberhummer/Wieser, 1906, S. 51; Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a].*

Eine farbige Karte ist in Hühnel [1995, S. 65] abgedruckt (http://www.onb.ac.at/sammlungen/karten/kartenzimelien/10.htm).

Zudem zeigten die FUGGER aber auch an der Kartographie reges Interesse. So stellt zum Beispiel eine bei ihnen getätigte Bestellung des spanischen Kosmographen ALONSO DE SANTA CRUZ (1505-1567) von 35 Karten im Jahre 1545 eine der frühesten Belege für den Landkartenhandel dar *[Meurer, 1997, S. 31]*.

Den 1556 stattgefundenen Feldzug gegen die Türken haben die FUGGER nicht nur finanziell unterstützt, sondern sie beteiligten sich auch mit 50 selbstausgerüsteten Streitern. Der im Kartuschentext genannte ULRICH FUGGER wurde von Papst PAUL III. (1468-1549) zum Kämmerer ernannt. Er war auch ein eifriger Sammler alter Bücher und Handschriften, die er der Universität Heidelberg vermachte. In späteren Lebensjahren geriet ULRICH FUGGER allerdings in Konflikt mit seiner Familie, da er zum protestantischen Glauben konvertierte. *[Meyer, 1878, S. 182f.; Mittler, 1986, S. 368f.]*

3.4 Topographischer Karteninhalt

Der dargestellte Raum umfasst ein Gebiet zwischen den Flüssen Donau *(„Thonaw“)* im Norden und Osten, Raab *(„Rab f.“)* im Westen und Drau *(„Drag f.“)* im Süden. Die Flüsse[14] sind alle sehr schematisch eingetragen worden. Ihre Laufrichtung entspricht nicht immer der Wirklichkeit. Das Donauknie hat LAZIUS zwar in seiner Karte visualisiert, doch beginnt es erst nach Budapest *(„Buda“, „Pesth“)*. Auf seiner *„Regni Hungariae descriptio“* konnte LAZIUS das Donauknie einigermaßen richtig ab Plintenburg/Višegrad darstellen. Im südöstlichen Teil des Kartenbildes integrierte LAZIUS einen Hinweis auf die Mündung der Mur in die Drau *(„Confluentes Muerae et Draui fl.“)* und an der Grenze zur heutigen Slowakei einen Hinweis auf Bergbauaktivitäten *(„Hie sind die Bergslet da ma golt und sylber grabt“)*.

Dem Kartenbetrachter sticht neben der Donau vor allem der Plattensee/Balaton *(„Platsee“)* und der

[14] Insgesamt 16 Flussnamen sind auf der Karte verzeichnet: *„Crasso fl.“, „Drag fl.“, „Gran fl.“, „Keorys fl.“, „Marsmalte fl.“, „Muera fl.“, „Neytrach fl.“, „Pynka fl.“, „Rab fl.“, „Rinnia fl.“, „Sala fl.“, „Scharwizze fl.“, „Thonaw“, „Vuag fl.“, „Vuespryn fl.“, „Zynna fl.“.*

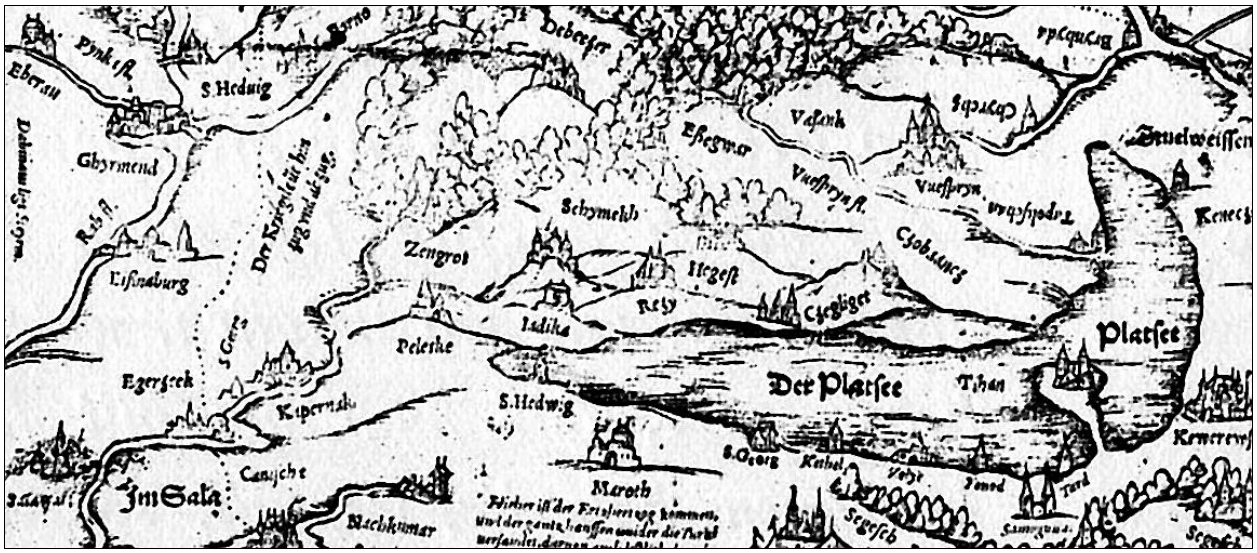


Abb. 2: *Detailansicht Balaton [Oberhummer/Wieser, 1906, S. 51; ÖAW Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a].*

Höhenzug des Schildgebirges/Vértes-Gebirges *(„Verthes", „Schildperg")*, das zum ungarischen Mittelgebirge zählt, ins Auge. Der Balaton (Abb. 2) weist aber fälschlicherweise eine Kipferlform auf. Auch die Halbinsel Tihany ist in ihrer Lage falsch abgebildet. Siedlungen sind im Aufriss eingetragen worden. Insgesamt können auf der Karte ca. 200 verschiedene Siedlungsnamen gefunden werden.

Zudem findet man im Kartenbild Hinweise auf Städte außerhalb des Kartenblattes. So kann der Kartenbetrachter im Westen nahe der Städte Rotenturm an der Raab/Sárvár *(„Scharwar")* und Kirment/Körmend *(„Ghyrmend") „Da hinauß ligt Stayn am Anger und Gyns"* und *„Dahinaus ligt Steyrm"* lesen. LAZIUS möchte damit auf Steinamanger/Szombathely, Güns/Köszeg und den südburgenländischen Ort Strem hinweisen. Mit *„Da hinauß ligt Segedeyn an der Trissa"* nördlich von Frankenstadt/Baja *(„Batha")* ist wahrscheinlich das in Südungarn an der Theiß gelegene Szegedin/Szeged gemeint. Der Hinweis *„Dahynaus ligt Erla, und ist der weg auf die Teyssa"* bezieht sich hingegen auf das an den südlichen Abhängen des Bükk-Gebirges gelegene Erlau/Eger.

Vom kartographischen Standpunkt her ist die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio"* von etwas geringerem Wert als die *„Regni Hungariae descriptio"*. Gradeinteilung und Zeichenschlüssel fehlen. Am Rande des Kartenbildes sind aber die Himmelsrichtungen durch *„Mittnacht", „Sunnenaufgang", „Mittentag"* und *„Nidgang"* verewigt worden. Die Fehler der *„Regni Hungariae descriptio"* konnte LAZIUS zudem nicht korrigieren. Da LAZIUS den Karteninhalt gegenüber der *„Regni Hungariae descriptio"* stark reduziert hat, wirkt das Kartenbild allerdings etwas übersichtlicher. In der *„Regni Hungariae descriptio"* visualisierte LAZIUS nicht nur Siedlungen, Städte, Flüsse, Seen und Berge, sondern auch bedeutende Weinanbau- und Bergbaugebiete in Form kleiner Weinstöcke bzw. eines Bergmannes mit geschwungener Picke. Bischofssitze versah LAZIUS mit Bischofsmütze und zum großen Teil auch mit Krummstab.

3.5 Thematischer Karteninhalt

Im Zeitalter der Renaissance entstanden vor allem ab der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts erstmals zahlreiche Karten zur Geschichte des Altertums und der biblischen Geschichte. Aber auch Ereignisse aus dem Mittelalter und der damaligen Zeitgeschichte wurden bereits in Karten verarbeitet. Als „Vater der Geschichtskartographie" gilt heute der Antwerpener Kartograph ABRAHAM ORTELIUS (1527-1598), der in sein *„Theatrum Orbis Terrarum"* im Laufe der Jahre immer mehr Karten zur griechischen, römischen und biblischen Geschichte integrierte und diesem Kartenteil ab 1579 den Namen *„Parergon"* gab. *[Meurer, 1991, S. 21-24]* – LAZIUS ist zusammen mit einigen anderen Kartographen, die sich bereits in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts mit Geschichtskarten auseinandersetzten, zu den Pionieren der Geschichtskartographie zu zählen.

Die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio"* ist ein eindrucksvolles Beispiel, dass auch Ereignisse aus der damaligen Zeitgeschichte in Karten visualisiert wurden. Diese Karte besitzt aufgrund der vielen Eintragungen rund um den Feldzug des Jahres 1556 eine große kulturwissenschaftliche Bedeutung. LAZIUS integrierte darin nicht nur die Marschrouten der Heere, sondern auch die Lager und Kämpfe zwischen Großkirchen/Nagykanizsa *(„Canischa")* und Fünfkirchen/Pécs *(„Fünffkirch")* in bildhaften Darstellungen. Die Marschrouten sind dabei durch punktierte Linien wiedergegeben. Der Kartenbetrachter kann sehr schön jene des Erzherzogs FERDINAND bis zum Lager von Csurgó *(„Czorgo")*, des Kommandanten von Raab/Györ, ADAM GALL, nach Gran/Esztergom *(„Gran")*

und Stuhlweißenburg/Székesfehérvár *(„Stuelweissenburg“)* und der Türken von Belgrad her bis Buda und Esztergom sehen *[Hühnel, 1995, S. 64; Wawrik, 1983, S. 45f.]*. Eine erklärende Legende *„Der Kriegsleüt hinzug und abzug“* befindet sich östlich von Kirment/Körmend *(„Ghyrmend“)*.

Das Versorgungslager (Abb. 3) platzierte LAZIUS südlich der Stadt Großkirchen/Nagykanizsa *(„Canischa“)*, wobei unter anderem zwölf Zelte, Handwerker, Fässer und zwei bewaffnete Reiter zu sehen sind. Weiter südöstlich folgt nahe von Csurgó *(„Czorgo“)* das Militärlager (Abb. 3) mit 19 Zelten, einigen nach Osten gerichteten Kanonenrohren und vielen Soldaten. In der Mitte der Zeltstadt kann der Kartenbetrachter eine Szene beobachten, in der die Mitglieder des Habsburgerheeres gerade Kanonenkugeln zu Pyramiden aufschichten. Nordwestlich des Lagers integrierte LAZIUS die Inschrift *„Hieher ist der Ertzhertzog kommen, und der gantz hauffen wider die Turke versamlet, darvon auch lestlich den abzug genommen“*.

Um Babócsa *(„Babocza“)* und Koronas *(„Karothna“)* ist das Kampfgebiet zu sehen (Abb. 4). LAZIUS stellte westlich des Flusses Rinya *(„Rinnia fl.“)* eine angreifende habsburgische Reiterschar und Fußtruppen (Pikeniere) dar, östlich des Flusses das Schlachtfeld mit flüchtenden türkischen Soldaten.

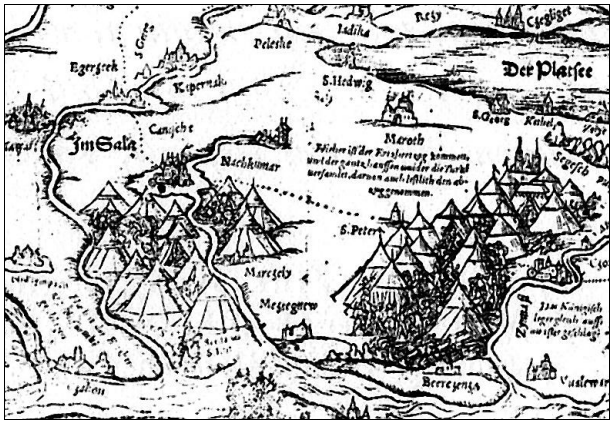


Abb. 3: *Lager der Habsburger [Oberhummer/Wieser, 1906, S. 51; ÖAW Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a].*

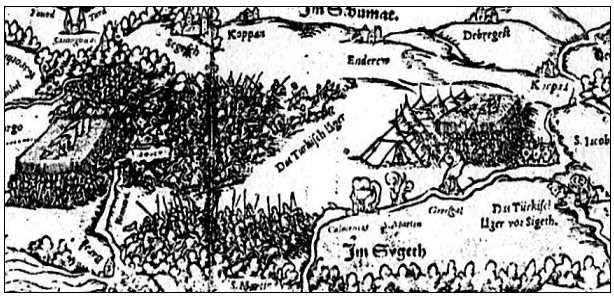


Abb. 4: *Kampfgebiet und Lager der Osmanen [Oberhummer/Wieser, 1906, S. 51; ÖAW Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a].*

Die Lager der Türken folgen bei Inselburg/Szigetvár *(„Sigeth“; „Das Türkischlager von Sigeth“)* (Abb. 4) und Fünfkirchen/Pécs *(„Fünffkirch“)*. Der Kartenbetrachter kann auch hier viele Zelte und Fußtruppen, aber auch einen Kanonenangriff auf die Stadt Pécs erkennen. Erwähnenswert sind zudem acht brennende Dörfer, wie zum Beispiel Schelle/Sellye *(„Selye“)*, St. Martin/Szentmarton *(„S. Martin“)* und Görösgál *(„Geresgal“)*. LAZIUS wollte auf diese Art wahrscheinlich die bereits von den Türken eingenommenen Orte wiedergeben.

Er verewigte auf seiner Karte zudem die Streifzüge von ADAM GALL (Abb. 5), des Kommandanten der Festung Raab/Györ, gegen die Türken bei Gran/Esztergom *(„Gran“)* und Stuhlweißenburg, indem er bei den Städten Poppa/Pápa und Totis/Tata *(„Dotys“)* die Anmerkungen *„Da hereyn ist Vueyssenburg überfalle worde im anfag July vo Ada Galln“* und *„Da herein ist Grane überfallen worden von Adam Galln aus Rab“* platzierte.

LAZIUS scheint den Feldzug wirklichkeitsgetreu auf der Karte veranschaulicht zu haben. Erzherzog FERDINAND marschierte im Sommer 1556 mit seiner Armee von Wien nach Südwestungarn, wo er sich bei Großkirchen/Nagykanizsa mit den Streitkräften des Palatins NÁDASDY vereinigte. NÁDASDY hatte bereits im Juli mit einem kleinen Heer aus Ungarn, Kroaten, Steirern und Österreichern einen ersten, allerdings erfolglos gebliebenen Angriff gewagt. Der eigentliche Feldzug nahm bei der Stadt Koronas *(„Karothna“)* ihren Ausgangspunkt, welche am 11. September 1556 gestürmt werden konnte. Danach konnten die Habsburger die Osmanen auch von Babócsa, Szentmarton, Görösgál usw. vertreiben. Schließlich führte der Erzherzog seine Armee nach Csurgó *(„Czorgo“)* und beendete in den letzten Oktobertagen den Feldzug. *[Theuer, 1996, S. 444 f.]*

WOLFGANG LAZIUS war aber nicht der erste Kartograph, der Schlachten in Karten illustrierte. So findet man zum Beispiel in der von GEORG TANNSTETTER und JOHANNES CUSPINIAN erarbeiteten und auf Vermessungen des LAZARUS zurückführende *„Tabula Hungariae ad quatuor latera per Lazarum“* (1528) einige thema-

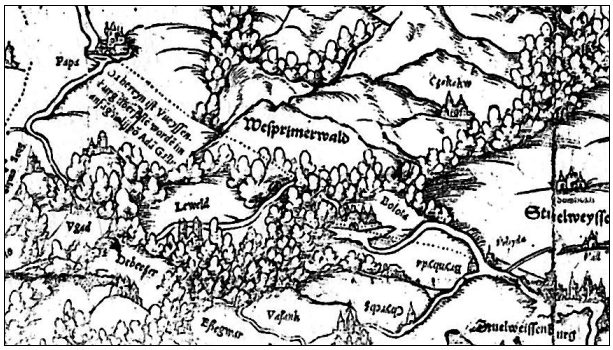


Abb. 5: *Streifzüge des Adam Gall [Oberhummer/Wieser, 1906, S. 51; ÖAW Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a].*

tische Hinweise auf das Vordringen der Osmanen. Dabei visualisierten die Autoren die Schlachten von Golubac und Mohács ebenfalls in Form kleiner Heerhaufen *[Svatek, 2008b, S. 35; Wawrik, 2003, S. 195ff.]* Auch in der 1540 von ERHARD REYCH hergestellten Karte *„Die pfalz in Baeyern in grunt gelegt sambt Iren anstossenden Lendern“* findet man so eine Kampfesszene. Doch leider gibt es weder innerhalb des Kartenbildes noch in der Legende Hinweise, welchen Krieg REYCH hier darstellen wollte.

In der *„Regni Hungariae descriptio“* des LAZIUS sind geschichtliche Eintragungen aufgrund des Entstehungshintergrundes kaum zu finden. Auffallend sind einige Gebietsbezeichnungen aus der Römerzeit (*„Pannonia Superior“, „Pannonia Inferior“, „Dacia Ripensis“* usw.). Darüber hinaus findet der Kartenbetrachter einige Städtenamen aus dem Altertum (*„Strigonium“* für Gran/Esztergom und *„Sabaria“* für Steinamanger/Szombathely usw.) und bei Golubac einen Hinweis auf die dort 1428 stattgefundene Schlacht, bei der Kaiser SIGISMUND (1368-1437) gegen die Osmanen eine Niederlage hinnehmen musste. Zudem erwähnte LAZIUS die *„Pontis Traiani vestigia“*, welche 105 n. Chr. unter Kaiser TRAJAN (53-117) erbaut wurde. *[Wawrik, 2003, S. 196]*

3.6 Text zur Karte

Der zusammen mit der Karte veröffentlichte Text trägt in der deutschen Übersetzung den Titel *„Warhaffte beschreibung deß rhumreichen von Gott verlihenen siegs wider den erbfeind der Christenhait, durch ritterlichen streit erlangt, im Jar MDLVI herbstzeit vergangen: mit sambt ainer Landtafel und augenschainlicher verzaichnung, welcher orten geschlagen, gestürmt, und sich zu veldt gelegt worden. Beschriben durch herrn Wolfgang Latzen, der Artznei Doctorn, etc. Rö: Kö: Mt: Historischreibern“*. LAZIUS berichtet im Folgenden über den Reichstag zu Augsburg, die Eroberungen der Türken und die Bedrohung der Steiermark. Über die Kämpfe des Jahres 1556 im Bereich der Rinya schreibt er Folgendes: *„... In solchenscharmützlen seind die feind über das wasser Rymnia kommen gegen welchen hen Niclaus von Polweil das ain theürer held die Wagenburg geschlagen und dreihundert schwartzen schützenpferd Osterreicher under dero ausz Osterreich bestallung dermaszen darein gesetzt haben dasz sie die Feind zurück über das wasser mit großer niederlag gejagt haben“ [Lazius, 1557b]*. Aber auch die Taten des ADAM GALL erwähnt LAZIUS: *„Mittler zeit auch zu ende Septembris, dieweil sich die Turcken allenthalb zu Fünffkirchen versamleten, ist Adam Galln, der Hauptman zu Rab, ain redlich tapfferer held, so vormals auch gar gen Stuhweissenburg gestraifft, die vorstatt abgebrant, und vil tausent hauptviech weggetriben hette, mit den seinen auff gewesen, un in der nacht Gran sie statt überfallen, alda vil hundert Türcken, und verlaugnete Christen erlegt, mit ainer guten peüt an schaden widerumb haim komen“ [Lazius, 1557b]*. Am Ende des Textes dankt LAZIUS Gott für den Sieg. Zudem bat er für die an den Türken verübten Gräueltaten um Verzeihung. Das in der lateinischen Ausgabe am Schluss stehende Gedicht des römischen Dichters CLAUDIAN (um 350-nach 404) wurde in der deutschen Fassung weggelassen. Die Ausgabe mit der deutschen Übersetzung ist heute nur mehr in der *Österreichischen Nationalbibliothek, Kartensammlung [AB 9 B 28]*, erhalten *[Hühnel, 1995, S. 64]*.

4. Schlussbetrachtung

Wir haben es bei der 1557 gedruckten *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“* mit einer hochpolitischen und kulturhistorisch bedeutenden Karte zu tun, welche uns die Auseinandersetzungen zwischen den Habsburgern und den Osmanen des Jahres 1556 näher bringt. Diese Karte des WOLFGANG LAZIUS wurde in dem von ADAM HENRICPETRI (1543-1586) 1577 veröffentlichten Buch *„General Historien der aller namhafftigsten unnd fürnembsten Geschichten, Thaten und Handlungen so sich bey ubergebung und Ende des großmechtigsten Keyser Carols des fünfften und anfange Ferdinanden ...“*[15] nachgedruckt *[siehe ÖNB 38.D.3]*. In diesem Buch gibt der Historiker HENRICPETRI die Geschichte der Regierungszeit von Kaiser FERDINAND I. (regiert 1558-1564) wieder. Dabei waren die Auseinandersetzungen mit den Türken eines der Hauptthemen. Zwischen den Seiten 90 und 91 fügte er schließlich die Karte des LAZIUS ein, wobei das Kartenbild völlig gleich abgebildet wurde. Unterschiede ergeben sich lediglich im Fehlen der ornamentalen Bordüre und im veränderten Text der Kartusche.

Forschungen zur Westungarnkarte des LAZIUS setzten schließlich zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein, als die Geographen EUGEN OBERHUMMER (1859-1944) und FRANZ VON WIESER (1848-1923) in ihrem Buch *„Wolf-*

[15] *Henricpetri, Adam [1577]:* General Historien Der aller namhafftigsten vnnd Fürnembsten Geschichten / Thaten vnd Handlungen / so sich bey ubergebung vnd ende des Großmechtigsten Keyser Carols des Fünfften / vnd anfange Ferdinanden seines Bruders Regierung: nemlich vom jar M.D.LV. in Geystlichen vnnd Weltlichen sachen / zu Wasser vnd Land / nicht alleyn im Heiligen Romischen Reich Teütscher Nation / Sonder auch in andern anstossenden Konigreichen / als Jtalien / Franckreich / Hispanien / Vngern / Dannmarck / Schweden / Poland / Moscaw / Indien / Türckey / &c. zugetragen vnnd verhandlet worden: Mit sampt etlicher Fürsten vnd Herrn leblichen vnd Wahren Bildnussen: Auch aller fürnembsten Stetten vnnd Vestungen / so von der zeyt an belagert vnnd erobert seind worden / eygentliche contrafehtung nach aller jhrer form vnd gelegenheit. Alles mit sonderm Fleiß / grosser muhe vnd arbeit / glaubwirdig auß frembden Sprachen gantz Ordenlich in vnsere Teütsche / derselbigen Nation in vilerley sachen vnd Rathshlagen zu nutz vnd Ehren zusammen gebracht: Vnd angefangen zu schreiben / do der Weitberuhmbt / Hochgelehrt Herr Johann Schleidan auffgehort / in sieben Bucher abgetheilt. Durch / Adam Henricpetri der Rechten Doctorn / Burger vnd Ordinarien der Loblichen Statt Basel. Sebastian Henricpetri, Basel.

gang Lazius' Karten von Österreich und Ungarn aus den Jahren 1545-1563“ [Oberhummer/Wieser, 1906] auf den Seiten 49 bis 53 nicht nur die *„Rei contra Turcas gestae anno MDLVI brevis descriptio“* abbildeten, sondern sie auch erstmals etwas näher beschrieben. Danach geriet die LAZIUS-Karte abermals etwas in Vergessenheit, bis *Franz Wawrik [1983]*, *Helga Hühnel [1995]* und *Petra Svatek [2008a, 2008b]* die Forschungen wieder aufnahmen.

5. Literatur und Quellen

Archiv der Peterskirche Wien: Codices LXIII, LXIIIa und LXIIIc.

Aschbach, Joseph Ritter von [1888]: Die Wiener Universität und ihre Gelehrten 1520 bis 1565. Geschichte der Wiener Universität, Band 3. Hölder, Wien, 408 S.

Andresen, Carl / Erbse, Hartmut / Gigon, Olof / Schefold, Karl / Stroheker, Karl Friedrich / Zinn, Ernst (Hrsg.) [1990a]: Lexikon der Alten Welt. Band 1: A commentariis – Gynaikonomen. Redaktion Klaus Bartels und Ludwig Huber. Unveränderter Nachdruck der einbändigen Original-Ausgabe von 1965. Artemis, Zürich/München, 1178 Sp.
ISBN 3-7608-1034-9

Andresen, Carl / Erbse, Hartmut / Gigon, Olof / Schefold, Karl / Stroheker, Karl Friedrich / Zinn, Ernst (Hrsg.) [1990b]: Lexikon der Alten Welt. Band 2: Haaropfer – Qumran. Redaktion Klaus Bartels und Ludwig Huber. Unveränderter Nachdruck der einbändigen Original-Ausgabe von 1965. Artemis, Zürich/München, Sp. 1179-2504.
ISBN 3-7608-1034-9

Andresen, Carl / Erbse, Hartmut / Gigon, Olof / Schefold, Karl / Stroheker, Karl Friedrich / Zinn, Ernst (Hrsg.) [1990c]: Lexikon der Alten Welt. Band 3: Rabbi – Zypresse. Redaktion Klaus Bartels und Ludwig Huber. Unveränderter Nachdruck der einbändigen Original-Ausgabe von 1965. Artemis, Zürich/München, Sp. 2505-3254.
ISBN 3-7608-1034-9

Benzing, Josef [1982]: Die Buchdrucker des 16. und 17. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebiet. 2., verbesserte und ergänzte Auflage. Harrassowitz, Wiesbaden, 565 S.
ISBN 3-447-02175-6

Bernleithner, Ernst (Hrsg.) [1972]: Wolfgang Lazius. Austria, Vienna 1561. Faksimile-Neudruck. Theatrum orbis terrarum, Serie 6, Band 2, Amsterdam, XXVIII, 114 S., 12 Karten.
ISBN 90-221-1242-X

Braun, Hans-Jörg [1971]: Personalbibliographie der Mitglieder der Medizinischen Fakultät Wien in der Zeit von 1500 bis 1670. Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg, 183 S.

Camesina, Albert [1856]: Über Lautensack's Ansicht Wien's vom Jahre 1558 mit dem von Wolfgang Laz hierzu gelieferten Texte und Beiträge zur Lebensgeschichte des Letzteren. In: Berichte und Mitteilungen des Altertums-Vereines zu Wien, Band 1. Prandel und Meyer, Wien, S. 7-23.

Cornarius, Diomedes [1565]: Oratio in funere magnifici et clarissimi viri D. Doctoris Wolfgangi Lazii. Zimmermann, Wien, 77 S.

Czeike, Felix [1961]: Hermes Schallauczer. In: Gedächtnisschrift für Rudolf Geyer. In: *Verein für Geschichte der Stadt Wien (Hrsg.):* Gedächtnisschrift für Rudolf Geyer. Jahrbuch des Vereins für Geschichte der Stadt Wien, Band 15/16 (1959/60). Berger, Horn, S. 70-81.

Czeike, Felix [1974]: Wien und seine Bürgermeister. Sieben Jahrhunderte Wiener Stadtgeschichte. Jugend und Volk, Wien/München, 508 S.
ISBN 3-7141-6078-7
ISBN 3-8113-6078-7

Eheim, Fritz [1957]: Die älteste Topographie von Österreich. In: *Verein für Landeskunde von Niederösterreich (Hrsg.):* Jahrbuch für Landeskunde von Niederösterreich, Band 33. Wien, S. 7-25.

Fazekas, Istvan [2003]: Ungarns König Ferdinand I. In: *Seipel, Wilfried (Hrsg.):* Kaiser Ferdinand I, 1503-1564. Das Werden der Habsburgermonarchie. Eine Ausstellung des Kunsthistorischen Museums Wien, 15. April bis 31. August 2003. Skira, Mailand, S. 117-130.
ISBN 3-85497-056-0

Gall, Franz / Szaivert, Willy [1971]: Die Matrikel der Universität Wien, Band 3, 1518/II - 1579/I. Publikationen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung, Reihe VI: Quellen zur Geschichte der Universität Wien, Abt. 1. Böhlau, Wien/Köln/Graz, 455 S.
ISBN 3-205-02034-0 (Lieferung 1)
ISBN 3-205-02035-9 (Lieferung 2)

Gerbel, Nikolaus [1545]: Nicolai Gerbelij in descriptionem Graeciae Sophiani, praefatio. In qua docetur, quem fructum, quamque voluptatem allatur sit haec pictura studiosis, si diligenter eam cum Historicorum, Poetarum, Geographorumque scriptis contulerint. Eiusdem de situ, nominibus et regionibus Graeciae perbrevis in picturam Sophiani introductio. Item, Celebrium aliquot urbium descriptiones. Euisdem Gerberij canon, quomodo, & in quot partes Picturae huius longitudo partienda sit. Item Compositio virgae, qua picture latitudo definitur. Et in quot sectiones seu spacia eadem virga sit dividenda. Praeterea nonnulla Exempla de usu huius virgae, quibus exercitati iuvenes, discent tandem sine virga &

baculo in Pictura peregrinati. Regionum, montium, fluviorum, insularum, urbium, locorum ꝯ omnium in Pictura nominatorum Index. Oporinus, Basel, 80 S.

Gerbel, Nikolaus [1550]: Nicolai Gerbelij Phorcensis, pro declaratione picturae sive descriptionis Graeciae Sophiani, Libri septem. Quae verò singulis libris tractentur, statim post Nuncupatoriam Epistulam ad clarissimos heroas Do. Wilhelmum & Othonem, Comites ab Eberstein, propio Elencho indicabitur. Oporinus, Basel, 297 S.

Goffart, Walter A. [2003]: Historical Atlases. The First Three Hundred Years, 1570-1870. University of Chicago Press, Chicago, 603 S.
ISBN 0-226-30071-4

Graf-Stuhlhofer, Franz [1996]: Humanismus zwischen Hof und Universität. Georg Tannstetter (Collimitius) und sein wissenschaftliches Umfeld im Wien des frühen 16. Jahrhunderts. Schriftenreihe des Universitätsarchivs Universität Wien, Band 8. WUV-Universitätsverlag, Wien, 212 S.
ISBN 3-85114-256-X

Grössing, Helmuth (1983]: Humanistische Naturwissenschaft. Zur Geschichte der Wiener mathematischen Schule des 15. und 16. Jahrhunderts. Koerner, Baden-Baden, 355 S.
ISBN 3-87320-408-8

Henricpetri, Adam [1577]: General Historien Der aller namhafftigsten vnnd Fürnembsten Geschichten / Thaten vnd Handlungen / so sich bey ubergebung vnd ende des Großmechtigsten Keyser Carols des Fünfften / vnd anfange Ferdinanden seines Bruders Regierung: nemlich vom jar M.D.LV. in Geystlichen vnnd Weltlichen sachen / zu Wasser vnd Land / nicht alleyn im Heiligen Romischen Reich Teütscher Nation / Sonder auch in andern anstossenden Konigreichen / als Jtalien / Franckreich / Hispanien / Vngern / Dannmarck / Schweden / Poland / Moscaw / Indien / Türckey / &c. zugetragen vnnd verhandlet worden: Mit sampt etlicher Fürsten vnd Herrn leblichen vnd Wahren Bildnussen: Auch aller fürnembsten Stetten vnnd Vestungen / so von der zeyt an belagert vnnd erobert seind worden / eygentliche contrafehtung nach aller jhrer form vnd gelegenheit. Alles mit sonderm Fleiß / grosser muhe vnd arbeit / glaubwirdig auß frembden Sprachen gantz Ordenlich in vnsere Teütsche / derselbigen Nation in vilerley sachen vnd Rathshlagen zu nutz vnd Ehren zusammen gebracht: Vnd angefangen zu schreiben / do der Weitberuhmbt / Hochgelehrt Herr Johann Schleidan auffgehort / in sieben Bucher abgetheilt. Durch / Adam Henricpetri der Rechten Doctorn / Burger vnd Ordinarien der Loblichen Statt Basel. Sebastian Henricpetri, Basel, 595 S.

Horawitz, Adalbert [1883]: Lazius Wolfgang. In: *Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.):* Allgemeine Deutsche Biographie, Band 18. Duncker & Humblot, Leipzig, S. 89-93.

Hühnel, Helga [1995]: Wolfgang Lazius, Kriegsschauplatz in Westungarn 1556. In: *Wawrik, Franz / Hühnel, Helga / Mokre, Jan / Zeiliger, Elisabeth / Österreichische Nationalbibliothek (Hrsg.) [1995]:* Kartographische Zimelien. Die 50 schönsten Karten und Globen der Österreichischen Nationalbibliothek. Holzhausen, Wien, S. 64-65.
ISBN 3-900518-36-X
http://www.onb.ac.at/sammlungen/karten/kartenzimelien/10.htm
letzter Aufruf: 17.11.2011.

Kratochwill, Max [1965]: Wolfgang Lazius. In: Wiener Geschichtsblätter, 20. Jhrg., Heft 3, Wien, S. 449-452.
ISSN 0043-5317

Lazius, Wolfgang [1546]: Vienna Austriae. Rerum Viennensium Commentarij in Quatuor Libros distincti, in quib. celeberrimae illius Austriae civitatis exordia, vetustas, nobilitas, magistratus, familiaeque, ad plenum (quod aiunt) explicantur. Oporinus, Basel, 159 S.

Lazius Wolfgang [1551]: Commentariorum Reipublicae Romanae illius, in exteris provinciis, bello acquisitis, constitutae, libri duodecim. In quibus limitum omnium restitutiones, Praetoria, Magistratus, Munia tam militaria, quàm civilia, a summis ad infima, Exercitus, militumque genera universa, Legiones quotquot huic populo unquam fuerunt ... traduntur. Opus certè, quod totius veteris Historiae fundamenta, nodos, admirandumq[ue] ac ingens quoddam velut alueare complectitur. Autore Wolfgango Lazio Viennen. Austriaco, Medico, & Rom. Regis Historico. Oporinus, Basel, 1320 S.

Lazius, Wolfgang [1557a]: Kriegsschauplatz in Ungarn. Oporinus, Basel, 1 Karte + 3 Blatt Erläuterungen.
[Österreichische Nationalbibliothek Wien, Kartensammlung: AB 9 B 28]

Lazius, Wolfgang [1557b]: Warhaffte beschreibung deß rhumreichen von Gott verlihenen siegs wider den erbfeind der Christenhait. Johannes Oporinus, Basel.

Lazius, Wolfgang [1558a]: Commentariorum vetustorum numismatum maximi scilicet operis et quatuor sectionibus multarum rerum publicarum per Asiam, Aphricam et Europam antiquitatis historiam nodosque gordianis difficilores comprehendendis. Specimen exile ceu ex tecto tegula quaedam C. Iulii dictatoris, Augusti et Tyberii caesarum monetam si quae ex argento in forulis S. R. R. M. extat, explicans, tabulam videlicet sectionis tertiae partis secundae primam. Zimmermann, Wien, 30 Bl.

Lazius Wolfgang [1558b]: Commentariorum rerum Graecarum libri II, in quibus tam Helladis quam Peloponnesi, quae in lucem antea non venerunt, explicantur. Hoffhalter und Zimmermann, Wien.

Lazius, Wolfgang [1561]: Typi chorographici provinciarum Austriae cum explicatione earundem pro commentariis rerum Austriacarum concinnati ad heros suos Ferdinandum Imp. Rom. P. F. et Maximilianum regem. Auctore Wolfgango Lazio, Viennensi, Medico et Historico. Zimmermann, Wien.

Lazius, Wolfgang [1564]: Commentariorum in Genealogiam Austriacam libri duo: in quibus praeter vetustatem, nobilitatem atque arborem ... gentis Habspurgicae, Propagines etiam diffunduntur ... Burgundiae regum, Zaringiae ac Teccensium ducum (etc.). Episcopius & Oporinus, Basel, 335 S.

Leirer, Josef [1922]: Der Humanist und Geschichtsschreiber Wolfgang Lazius. Philosophische Dissertation. Universität Wien, Wien, 145 S.

Mayr, Michael [1894]: Wolfgang Lazius als Geschichtsschreiber Österreichs. Ein Beitrag zur Historiographie des 16. Jahrhunderts; mit Nachträgen zur Biographie. Wagner, Innsbruck, 90 S.

Menhardt, Hermann [1936]: Die Kärntner Bibliotheksreise des Wolfgang Lazius 1549. In: *Geschichtsverein für Kärnten (Hrsg.):* Beiträge zur Geschichte und Kulturgeschichte Kärntens. Festgabe für Dr. Martin Wutte zum 60. Geburtstag. Archiv für vaterländische Geschichte und Topographie, Band 24/25. Geschichtsverein für Kärnten, Klagenfurt, S. 100-112.

Meschendörfer, Hans / Mittelstrass, Otto [1996]: Siebenbürgen auf alten Karten. Lazarus/Tannstetter 1528 – Johannes Honterus 1532 – Wolfgang Lazius 1552/56. Arbeitskreis für Siebenbürgische Landeskunde Heidelberg, Gundelsheim am Neckar, 149 S.
ISBN 3-929848-09-0

Meurer, Peter [1991]: Fontes Cartographici Orteliani. Das „Theatrum orbis Terrarum“ von Abraham Ortelius und seine Kartenquellen. VCH Verlagsgesellschaft, Acta Humaniora, Weinheim, 360 S.
ISBN 3-527-17727-2

Meurer, Peter [1997]: Eine Rechnung für eine Kartenlieferung des Hauses Fugger an Alonso de Santa Cruz von 1546. Beiträge zur kartographiegeschichtlichen Quellenkunde II. In: Cartographica Helvetica, Heft 16, Murten, S. 31-38.
ISSN 1015-8480

Meyer, Christian [1878]: Ulrich Fugger. In: *Historische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.):* Allgemeine Deutsche Biographie, Band 8. Duncker & Humblot, Leipzig, S. 182-183.

http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/bsb00008366/images/index.html?id=00008366&fip=eayaewqxseayayztsewqxdsydxdsydewqwfsdr&no=2&seite=184
letzter Aufruf: 17.11.2011.

Mittler, Elmar [1986]: Ulrich Fugger – Persönlichkeit. In: *Mittler, Elmar (Hrsg.):* Bibliotheca Palatina. Katalog zur Ausstellung vom 8. Juli bis 2. November 1986, Heiliggeistkirche (Heidelberg, Germany), Textband. Heidelberger Bibliotheksschriften, Band 24. Edition Braus, Heidelberg, S. 368-369.
ISBN 3-921524-88-1

Oberhummer, Eugen / Wieser, Franz R. von (Hrsg.) [1906]: Karten der österreichischen Lande und des Königreichs Ungarn aus dem Jahre 1545-1563/Wolfgang Lazius. Im Auftrage der k.k. Geographischen Gesellschaft in Wien zur Feier ihres Fünfzigjährigen Bestandes hrsg. mit Unterstützung des k.k. Ministeriums für Kultus und Unterricht. Wagner'sche Universitätsbuchhandlung, Innsbruck, 20 Bl., 53 S. Erläuterungen.
[Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Wien, Sammlung Woldan: K-V (L): OE 2322a]

Österreichische Nationalbibliothek Wien, Handschriftensammlung: Cod. 7960, Cod. 8664, Cod. 9472 und Cod. 15283.

Pfaffenbichler, Matthias [2003]: Das andere Reich. Die osmanische Herrschaft unter Süleiman dem Großen. In: *Seipel, Wilfried (Hrsg.):* Kaiser Ferdinand I, 1503-1564. Das Werden der Habsburgermonarchie. Eine Ausstellung des Kunsthistorischen Museums Wien, 15. April bis 31. August 2003. Skira, Mailand, S. 109-115.
ISBN 3-85497-056-0

Schallauczer, Hermes / Lazius, Wolfgang [1560]: Exempla aliquot S. vetustatis Rom. in saxis quibusdam, opera nobis viri, D. Hermetis Schallauczeri, Caes. maiestatis consil. et architecturae praefecti, hic Viennae erutis, una cum interpretatione Wolfgangi Lazij med: & historici. Hofhalter, Wien, 64 S.

Steinmann, Martin [1967]: Johannes Oporinus. Ein Basler Buchdrucker um die Mitte des 16. Jahrhunderts. Basler Beiträge zur Geschichtswissenschaft, Band 105. Helbing & Lichtenhahn, Basel/Stuttgart, 149 S.

Svatek, Petra [2008a]: Wolfgang Lazius und seine kartographischen Werke. Kartenanfertigung – künstlerische Kartenelemente – wissenschaftlicher Stellenwert der Karten im internationalen Vergleich. In: Mensch – Wissenschaft – Magie. Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte, Band 25, Wien, S. 1-39.
ISSN 1609-5804

Svatek, Petra [2008b]: Die Geschichtskarten des Wolfgang Lazius. Die Anfänge der thematischen Karto-

graphie in Österreich. In: Cartographica Helvetica, Heft 37, Murten, S. 35-43.
ISSN 1015-8480
http://retro.seals.ch/openurl?rft.issn=1015-8480&rft.issue=37&rft.date=2008&lPage=35
letzter Zugriff: 10.11.2011.

Svatek, Petra [2010]: Die „Austriae Chorographia" des Wolfgang Lazius. In: *Holzer, Gerhard / Horst, Thomas / Svatek, Petra (Hrsg.):* Die Leidenschaft des Sammelns. Streifzüge durch die Sammlung Woldan, Band 2. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 485-504.
ISBN 978-3-7001-6894-2

Theuer, Franz [1996]: Blutiges Erbe. Die Habsburger im Kampf mit Franzosen, Päpsten, Ungarn und Türken um die Vorherrschaft in Italien und Ungarn – Die Reformation – Der Untergang Ungarns im Türkensturm und seine Eingliederung in das Osmanische Reich. Ed. Roetzer, Eisenstadt, 656 S.
ISBN 3-85374-274-2

Trenkler, Ernst [1978]: Wolfgang Lazius, Humanist und Büchersammler. In: Biblos, Beiträge zu Buch, Bibliothek und Schrift. Österreichische Zeitschrift für Buch- und Bibliothekswesen, 27. Jhrg., Heft 2, Wien, S. 186-203.
ISSN 0006-2022

Vancsa, Max [1911]: Quellen und Geschichtsschreibung. In: Alterthumsverein zu Wien (Hrsg.): Geschichte der Stadt Wien, Band IV: Vom Ausgange des Mittelalters bis zum Regierungsantritt der Kaiserin Maria Theresia (1740). Holzhausen, Wien, S. 1-108.

Vesalius, Andreas [1543]: Andreae Vesalii Bruxellensis, scholae medicorum Patavinae professoris, de humani corporis fabrica libri septem. Oporinus, Basel, 663 S.

Wawrik, Franz [1983]: Wolfgang Lazius. Feldzug in Ungarn. In: *Neck, Rudolf (Red.):* Österreich und die Osmanen. Gemeinsame Ausstellung der Österreichischen Nationalbibliothek und des Österreichischen Staatsarchivs, 31. Mai bis 30. Okt. 1983. Katalog. Wien, S. 44-46.

Wawrik, Franz [2003]: Historische und kulturhistorische Informationen in den Werken österreichischer Kartographen des 16. Jahrhunderts mit besonderer Berücksichtigung des Wolfgang Lazius. In: *Unverhau, Dagmar (Hrsg.):* Geschichtsdeutung auf alten Karten. Archäologie und Geschichte. Wolfenbütteler Forschungen, Band 101. Harrassowitz, Wiesbaden, S. 193-212.
ISBN 3-447-04813-1

Anschrift der Verfasserin:

Univ.-Ass. Mag. Dr. phil. Petra Svatek

Universität Wien, Historisch-Kulturwissenschaftliche Fakultät, Institut für Geschichte, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1, A-1010 Wien

E-Mail: petra.svatek@univie.ac.at

Karl-Heinz Thiemann

Zur verfassungsrechtlichen Einordnung von § 40 FlurbG

Zusammenfassung

In der ländlichen Bodenordnung (Flurbereinigung bzw. Flurneuordnung) ist die Bereitstellung von Land für öffentliche Anlagen gegen Geldausgleich an die Teilnehmergemeinschaft aus dem Landbeitrag der Teilnehmer gemäß §§ 40 und 47 Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) gängige Praxis. Der Beitrag geht der Frage nach, wie diese Flächenbereitstellung für fremdnützige Zwecke in privatnützigen Bodenordnungsverfahren aus Sicht von Art. 14 Grundgesetz (GG) verfassungsrechtlich einzuordnen ist. Hierzu wird auf die neuere Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichtes zur Abgrenzung der Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums von deren Enteignung zurückgegriffen und insbesondere der Beschluss zur Rechtsnatur der Baulandumlegung vom 22. Mai 2001 herangezogen. In Verbindung mit der vom Bundesgerichtshof näher definierten Sozialpflichtigkeit des Grundeigentums ergibt sich, dass die Landbereitstellung nach § 40 Satz 3 FlurbG als Eigentumsbindung im Sinne von Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG zu sehen ist, die sich im Rahmen der Sozialpflichtigkeit nach Art. 14 Abs. 2 GG bewegt.

Summary

Under the land consolidation procedure, land may be contributed on a comparatively small scale for facilities serving public transport or other public interest. Where a facility does not at the same time serve the economic interests of the participants, the owner of the facility shall pay an adequate amount of money to the Body of Participants in compensation for the land and any damage incurred (Section 40 Land Consolitation Act). The land needed for common and public facilities according to the provisions of Section 40 shall be provided by all the participants relative to the value of their old parcels in relation to the aggregate value of all the parcels of the land consolidation area. Land consolidation proves to be a constitutional instrument in order to implement these tasks and serves as a bridge between individual freedom rights and interests of public weal by the use of real estate property. Statutory land readjustment procedures create the legal prerequisites for sustainable land use and the solution of land use conflicts. In addition, they make land available for public projects in order to avoid expropriation.

1. Einleitung

§ 40 FlurbG ist Gegenstand einer intensiven Rechtsprechung *[Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Landentwicklung, 2010]*, zahlreicher Beiträge in der Literatur *[Hasselhoff, 1984; Hoecht, 1987, 1991, 1994 und 1995; Lillotte, 1973; Seuffert, 2011 a, S. 62 ff.; Thomas, K., 1995 u. 2010]* und ausführlicher Kommentierungen *[Quadflieg, 1989; Schwantag / Wingerter, 2008; Steuer, 1967]*. Darin wird der sogenannte Landabzug nach § 40 Satz 3 und § 47 Abs. 1 FlurbG zur Flächenbereitstellung für öffentliche Anlagen gegen Geldausgleich übereinstimmend nicht als Enteignung, sondern als Sozialbindung gesehen und als Gegenleistung für den allgemeinen Vorteil charakterisiert, den der einzelne Teilnehmer aus der Flurbereinigung erzielt (Plangewinnausgleich). Dennoch ist festzustellen, dass die verfassungsrechtliche Einordnung von § 40 FlurbG nach wie vor nicht befriedigend durchdrungen ist, da die Behandlung der Fragestellung im Wesentlichen auf der älteren Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes (BVerwG) beruht und die moderne Dogmatik zu Art. 14 GG kaum berücksichtigt. Anzumerken ist auch, dass das BVerwG die Landbereitstellung nach § 40 FlurbG im Urteil vom 26. November 1969 (BVerwGE 34, S. 199-207, S. 204) als *„Maßnahme enteignenden Charakters“* darstellt, ohne dies in den nachfolgenden Entscheidungen jedoch aufzugreifen oder zu vertiefen. Das Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz lässt im Urteil vom 17.02.2010 (RdL 2011, S. 188-189) ausdrücklich offen, ob § 40 FlurbG als Enteignungsvorschrift oder als Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums zu sehen ist. *Weiß [2006 u. 2010]* stellt die Norm gar als verfassungswidrig dar und zieht daraus die Schlussfolgerung, dass § 40 Satz 3 FlurbG nicht mehr anzuwenden sei.

Im Folgenden soll daher der Versuch unternommen werden, die Rechtsnatur von § 40 aus dem Kontext der Vorschrift im FlurbG und der neueren Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichtes (BVerfG) zur Abgrenzung der Enteignung von der Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums, insbesondere dem Beschluss zur Rechtsnatur der Baulandumlegung (Baulandumlegungsbeschluss) vom 22.05.2001 (BVerfGE 104, S. 1-13) näher zu ergründen. Die maßgeblichen Regelungen lauten:

§ 40 FlurbG:

„Für Anlagen, die dem öffentlichen Verkehr oder einem anderen öffentlichen Interesse dienen, wie öffentliche Wege, Straßen, Einrichtungen von Eisen-

bahnen, Straßenbahnen und sonstigen Unternehmen des öffentlichen Verkehrs, Wasserversorgungs-, Energieversorgungs-, Abwasserverwertungs-, Abwasserbeseitigungs-, Windschutz-, Klimaschutz- und Feuerschutzanlagen, Anlagen zum Schutze gegen Immissionen oder Emissionen, Spiel- und Sportstätten sowie Anlagen, die dem Naturschutz, der Landschaftspflege oder der Erholung dienen, kann Land in verhältnismäßig geringem Umfange im Flurbereinigungsverfahren bereitgestellt werden. Durch den Flurbereinigungsplan wird bestimmt, wem das Land zu Eigentum zugeteilt wird. Soweit eine Anlage nicht zugleich dem wirtschaftlichen Interesse der Teilnehmer dient, hat der Eigentümer der Anlage für das Land und entstehende Schäden einen angemessenen Kapitalbetrag an die Teilnehmergemeinschaft zu leisten."

§ 47 FlurbG:

„(1) Den zu den gemeinschaftlichen Anlagen und zu öffentlichen Anlagen nach § 40 erforderlichen Grund und Boden haben alle Teilnehmer nach dem Verhältnis des Wertes ihrer alten Grundstücke zu dem Wert aller Grundstücke des Flurbereinigungsgebietes aufzubringen, soweit er nicht durch vor der Flurbereinigung vorhandene Anlagen gleicher Art oder durch einen bei Neumessung des Flurbereinigungsgebietes sich ergebenden Überschuss an Fläche gedeckt oder von einzelnen Teilnehmern hergegeben wird; in gleicher Weise ist ein bei Neumessung sich ergebender Mangel an Fläche aufzubringen. Der von den Teilnehmern aufzubringende Anteil kann für unvorhergesehene Zwecke, für Missformen und zum Ausgleich mäßig erhöht werden.

(2) Für solche Teile des Flurbereinigungsgebietes, in denen aus besonderen Gründen ein größerer Bedarf an Grund und Boden für gemeinschaftliche oder öffentliche Anlagen als in anderen Teilen besteht, kann zu Lasten der begünstigten Teilnehmer ein von dem übrigen Flurbereinigungsgebiet abweichender Maßstab festgesetzt werden.

(3) Die Flurbereinigungsbehörde kann zur Vermeidung offensichtlicher und unbilliger Härten einzelne Teilnehmer ausnahmsweise von der Aufbringung ihres Anteils an den gemeinschaftlichen oder öffentlichen Anlagen ganz oder teilweise zu Lasten der übrigen Teilnehmer befreien."

2. Zum Gebot sozialgerechter Bodennutzung als Richtschnur für den Gesetzgeber

Art. 14 GG ist Gegenstand einer intensiven Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichtes, die hier nicht nachgezeichnet werden kann. Hervorzuheben sind jedoch einige Entscheidungen, die sich grundlegend mit der Garantie und der Sozialpflichtigkeit des Grundeigentums auseinandersetzen und daher von besonderem Interesse sind.

Im Urteil vom 18.12.1968 (BVerfGE 24, S. 367-424, S. 389) stellt das BVerfG die besondere Bedeutung des Eigentumsschutzes im Bereich der Grundrechte heraus: *„Art. 14 Abs. 1 Satz 1 GG gewährleistet das Privateigentum sowohl als Rechtsinstitut wie auch in seiner konkreten Gestalt in der Hand des einzelnen Eigentümers. Das Eigentum ist ein elementares Grundrecht, das in einem inneren Zusammenhang mit der Garantie der persönlichen Freiheit steht. Ihm kommt im Gesamtgefüge der Grundrechte die Aufgabe zu, dem Träger des Grundrechts einen Freiheitsraum im vermögensrechtlichen Bereich sicherzustellen und ihm damit eine eigenverantwortliche Gestaltung des Lebens zu ermöglichen. Die Garantie des Eigentums als Rechtseinrichtung dient der Sicherung dieses Grundrechts."*

Die Entscheidung verdeutlicht damit nachdrücklich, dass das Eigentum unter dem besonderen Schutz des Grundgesetzes steht. Andererseits muss der Staat jedoch das private Nutzungsrecht des Eigentümers, d. h. die grundsätzlich autonome Verfügungsbefugnis (Dispositionsfreiheit), beschränken, um ein geordnetes Gemeinwesen und das Wohl der Allgemeinheit zu gewährleisten. Dabei liegt es auf der Hand, dass das Grundstückseigentum im Verhältnis zu anderen Vermögensbereichen, wie zum Beispiel Geld, Wertpapiere, Fahrzeuge oder andere bewegliche Sachen, einem weit stärkeren Ordnungsanspruch des Staates ausgesetzt ist. Das BVerfG bringt dies im Beschluss vom 12.01.1967 (BVerfGE 21, S. 73-87, S. 82 f.) sehr anschaulich zum Ausdruck: *„Die Tatsache, dass der Grund und Boden unvermehrbar und unentbehrlich ist, verbietet es, seine Nutzung dem unübersehbaren Spiel der freien Kräfte und dem Belieben des Einzelnen vollständig zu überlassen; eine gerechte Rechts- und Gesellschaftsordnung zwingt vielmehr dazu, die Interessen der Allgemeinheit beim Boden in weit stärkerem Maße zur Geltung zu bringen als bei anderen Vermögensgütern. Der Grund und Boden ist weder volkswirtschaftlich noch in seiner sozialen Bedeutung mit anderen Vermögensgütern ohne weiteres gleichzustellen; er kann im Rechtsverkehr nicht wie eine mobile Ware behandelt werden. Aus Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG in Verbindung mit Art. 3 GG kann daher nicht eine Verpflichtung des Gesetzgebers hergeleitet werden, alle geldwerten Vermögensgüter den gleichen rechtlichen Grundsätzen zu unterwerfen. ... Das Grundgesetz selbst hat dem Gesetzgeber für die Bestimmung des Eigentumsinhalts in Art. 14 Abs. 2 GG einen verhältnismäßig weiten Gestaltungsbereich eingeräumt. Hiernach verpflichtet das Eigentum nicht nur, sondern „sein Gebrauch soll zugleich dem Wohl der Allgemeinheit dienen". Dass der Verfassungsgeber hierbei vor allem die Bodenordnung im Auge gehabt hat, ergeben eindeutig die Materialien (Parlamentarischer Rat, 8. Sitzung des Grundsatzausschusses, Sten. Prot., S. 62 ff.). Das Gebot sozialgerechter Nutzung ist aber nicht*

nur eine Anweisung für das konkrete Verhalten des Eigentümers, sondern in erster Linie eine Richtschnur für den Gesetzgeber, bei der Regelung des Eigentumsinhalts das Wohl der Allgemeinheit zu beachten. Es liegt hierin die Absage an eine Eigentumsordnung, in der das Individualinteresse den unbedingten Vorrang vor den Interessen der Gemeinschaft hat."

Dies führt von der Eigentumsgarantie des Art. 14 Abs. 1 Satz 1 GG unmittelbar zur Situationsgebundenheit und Sozialpflichtigkeit des Eigentums nach Art. 14 Abs. 2 GG, zu deren Konkretisierung der Bundesgerichtshof (BGH) im Urteil vom 26.01.1984 (BGHZ 90, S. 17-33, S. 24 f.) mit Verweis auf seine ständige Rechtsprechung folgende Grundsätze entwickelt hat:

> *„Jedes Grundstück wird durch seine Lage und Beschaffenheit, sowie seine Einbettung in die Landschaft und Natur, also seine „Situation" geprägt. Darauf muss der Eigentümer bei der Ausübung seiner Befugnisse im Hinblick auf die Sozialbindung des Eigentums Rücksicht nehmen. Daher lastet auf jedem Grundstück gleichsam eine aus seiner Situationsgebundenheit abzuleitende immanente Beschränkung der Rechte des Eigentümers, aus der sich Schranken seiner Nutzungs- und Verfügungsmacht ... ergeben. Wie diese Grenzen im Einzelfall zu ziehen sind, ist jeweils aufgrund einer wertenden Beurteilung der Kollision zwischen den berührten Belangen des Allgemeinwohls und den betroffenen Eigentümerinteressen festzustellen. Eine situationsbedingte Belastung des Grundstücks kann angenommen werden, wenn ein – als Leitbild gedachter – vernünftiger und einsichtiger Eigentümer, der auch das Gemeinwohl nicht aus dem Auge verliert, von sich aus im Blick auf die Lage und Umweltverhältnisse seines Geländes von bestimmten Formen der Nutzung absehen würde."*

Im sogenannten *„Boxberg-Urteil"* vom 24.03.1987 (BVerfGE 74, S. 264-297, S. 280 f.). stellt das BVerfG dazu klar heraus, dass aus der Situationsgebundenheit des einzelnen Grundstückes allein jedoch noch keine Verpflichtung des Eigentümers hergeleitet werden kann, es zur Verwirklichung eines öffentlichen Interessen dienenden Vorhabens zur Verfügung stellen zu müssen; der Zugriff auf ein Grundstück zu diesem vorrangigen Zweck ist nur als Enteignung möglich. Diesbezüglich weist das Urteil im Weiteren darauf hin, dass *„es schon keine gesetzliche Regelung gibt, die den Grundeigentümer verpflichtet, sein Grundstück zur Verwirklichung eines im Fremdinteresse liegenden Zwecks gegen ein anderes auszutauschen."* Andererseits greift die Sozialpflichtigkeit und *„Situationsgebundenheit des einzelnen Grundstücks und eine daraus folgende Pflicht zur Rücksichtnahme und sozialen Solidarität gegenüber strukturverbessernden Maßnahmen"* sehr wohl, wenn diese in erster Linie den Interessen der Grundstückseigentümer selbst dienen. In diesem Zusammenhang hebt das BVerfG (vgl. BVerfGE 74, S. 281) ausdrücklich hervor, dass *„die Begründung solcher Eigentümerpflichten dem Gesetzgeber obliegt, der gemäß Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG Inhalt und Schranken des Eigentums bestimmt (vgl. BVerfGE 37, S. 132-149, S. 140 f. und BVerfGE 58, S. 300-353, S. 335)."*

3. Haupt- und Nebenzweck der privatnützigen Bodenordnung

Im oben genannten Beschluss zur Rechtsnatur der Baulandumlegung vom 22.05.2001 hat das BVerfG die städtische Bodenordnung nach §§ 45 ff. BauGB als Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums im Sinne von Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG qualifiziert. Bemerkenswert an der Entscheidung ist, dass das BVerfG in der Begründung die Vorschriften zur Baulandumlegung (§§ 45-79 BauGB) nicht im Einzelnen auf ihre Vereinbarkeit mit Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG untersucht, sondern auf den Sinn und Zweck der Regelungen insgesamt abstellt, nämlich *„dass nach Lage, Form und Größe für die bauliche oder sonstige Nutzung zweckmäßig gestaltete Grundstücke entstehen"* (§ 45 Abs. 1 Satz 1 BauGB). Damit ist, wie das Gericht näher ausführt (vgl. BVerfGE 104, S. 10), die Umlegung in erster Linie auf den Ausgleich der privaten Interessen der Eigentümer gerichtet und soll ihnen die bauliche Nutzung ihrer Grundstücke auch in den Fällen ermöglichen, in denen sie sich nicht selbst auf die hierzu notwendige Neuordnung der Eigentumsrechte einigen können. Mit dieser hauptsächlichen Zweckbestimmung verfolgt die Umlegung die Verwirklichung privater Interessen im Sinne der Eigentümer und hebt sich dadurch von der Enteignung ab, die auf die Entziehung bestehender Rechtspositionen zur Erfüllung bestimmter öffentlicher Aufgaben gerichtet ist (vgl. insb. BVerfG, Beschluss vom 12.11.1974, BVerfGE 38, S. 175-187, S. 179 f.; Beschluss vom 02.03.1999, BVerfGE 100, S. 226-248, S. 239 f.; Urteil vom 23.11. 1999, BVerfGE 101, S. 239-274, S. 259; Beschluss vom 16.02.2000, BVerfGE 102, S. 1-25, S. 15 f.). Gleichwohl betont das BVerfG in der Entscheidung (vgl. BVerfGE 104, S. 12), dass die Umlegung im Rahmen eines auch öffentlichen Interessen dienenden städtebaulichen Konzeptes erfolgt und damit zugleich auch der Verwirklichung stadtentwicklungspolitischer Ziele dient. Entscheidend für die Einordnung als Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums ist jedoch die überwiegend privatnützige Ausrichtung, wobei dieser Hauptzweck mit für die Planverwirklichung notwendigen, fremdnützigen Aufgaben verbunden werden kann. Dies macht die Umlegung weder rechtswidrig, noch zur Enteignung *[vgl. Spannowsky, 2004, S. 323]*.

Diese vom BVerfG für die städtische Bodenordnung entwickelte Zulässigkeit der Verknüpfung von übergeordneten, privatnützigen Haupt- mit untergeordneten, fremdnützigen Nebenzwecken ist für die ländliche Bodenordnung elementarer Bestandteil des FlurbG und

insbesondere in § 37 Abs. 1 und 2 FlurbG expressis verbis geregelt. Denn nach dem in § 37 Abs. 1 Satz 1 FlurbG normierten Neugestaltungsauftrag *„ist das Flurbereinigungsgebiet unter Beachtung der jeweiligen Landschaftsstruktur neu zu gestalten, wie es den gegeneinander abzuwägenden Interessen der Beteiligten sowie den Interessen der allgemeinen Landeskultur und der Landentwicklung entspricht und wie es das Wohl der Allgemeinheit erfordert."* Dies konkretisiert § 37 Abs. 2 FlurbG weiter: *„Die Flurbereinigungsbehörde hat bei der Durchführung der Maßnahmen nach Abs. 1 die öffentlichen Interessen zu wahren, vor allem den Erfordernissen der Raumordnung, der Landesplanung und einer geordneten städtebaulichen Entwicklung, des Umweltschutzes, des Naturschutzes und der Landschaftspflege, des Denkmalschutzes, der Erholung, der Wasserwirtschaft einschließlich Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, der Fischerei, des Jagdwesens, der Energieversorgung, des öffentlichen Verkehrs, der landwirtschaftlichen Siedlung, der Kleinsiedlung, des Kleingartenwesens und der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes sowie einer möglichen bergbaulichen Nutzung und der Erhaltung und Sicherung mineralischer Rohstoffvorkommen Rechnung zu tragen."*

Damit lassen sich die Flurbereinigungsziele in Haupt- (*„Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft"* gemäß § 1 FlurbG) und Nebenaufgaben (*„Förderung der Landentwicklung"* gemäß § 1 FlurbG) gliedern, an deren Verwirklichung ein erhebliches öffentliches Interesse aus Sicht des Allgemeinwohls zum Erhalt der Kulturlandschaft und zur Entwicklung der ländlichen Räume besteht. Dies erklärt auch die intensive Förderung im Rahmen der *Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK)*[1] nach Art. 91a GG. Sie stellt sich zum Beispiel für ein Verfahren nach §§ 1, 4 und 37 FlurbG im ehemaligen Realteilungsgebiet Süd-Westdeutschlands wie folgt dar:

Nach § 104 trägt das Land die persönlichen und sächlichen Kosten der Behördenorganisation, also die Aufwendungen zur planungs- und verwaltungsmäßigen Durchführung der Bodenordnung. Diese sogenannten Verfahrenskosten betragen bei einer Flurbereinigung mit umfassendem Neuordnungsbedarf im Mittel rund 2.500 Euro/ha. Berücksichtigt man, dass die Kosten der investiven Maßnahmen (Wege-, Gewässer- und Landschaftsbau) und anderer Aufwendungen zur Ausführung der Planungen bei einer Neuordnung in Gebieten mit erheblichen agrarstrukturellen Mängeln bei rund 2.000-3.000 Euro/ha liegen, entstehen Gesamtkosten (Verfahrens- und Ausführungskosten) in Höhe von rund 5.000 Euro/ha. Hiervon tragen die Teilnehmer unter Berücksichtigung der Zuwendungen im Rahmen der GAK nach dem *GAK*-Gesetz und dessen Rahmenplan mit einem Fördersatz von 75-90% für die Ausführungskosten in der Flurbereinigung *[vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011, Grundsätze für die Förderung der integrierten ländlichen Entwicklung, Teil A, Ziffer 5.7.2 und 5.8]* über die Beiträge nach § 19 FlurbG als Faustzahl betrachtet nur rund 10%. Der Effekt für die Landwirtschaft ist beachtlich. Im Mittel führen die Ertragssteigerungen durch Verringerung der Randflächen und Vorgewende infolge der Grundstückszusammenlegung sowie die Einsparungen von durchschnittlich 20-30% an Arbeitszeit und Maschinenkosten infolge des Wegebaus und der Arrondierung zu monetären Ertragssteigerungen von rund 170 Euro/ha und Jahr *[vgl. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, 2006, S. 41 ff.]*.

4. Bodenordnung als Entziehung und Zuweisung von Grundstückseigentum

Die Ausführungen des BVerfG zur Rechtsnatur der Baulandumlegung lassen sich wegen der Vergleichbarkeit der Instrumente ohne weiteres auf die Flurbereinigung übertragen *[vgl. Haas, 2002, S. 277]*. Auch die ländliche Bodenordnung stellt mit Ausnahme der Unternehmensflurbereinigung nach §§ 87 ff. FlurbG wegen der primär privatnützigen Ausrichtung eine Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums dar und unterscheidet sich dadurch von der fremdnützigen Enteignung, die in das Eigentum mit der hauptsächlichen Zweckbestimmung eingreift, bestimmte öffentliche Vorhaben zu ermöglichen. Dabei werden sowohl in der Umlegung als auch in der Flurbereinigung die Grundstücke neu geordnet, indem das alte Grundstückseigentum entzogen und neues Grundstückseigentum unter Ausscheidung der zur Erschließung notwendigen Flächen nach Lage, Form und Größe zweckmäßig gestaltet wieder zugewiesen wird. In der Enteignung findet ein vergleichbarer Vorgang statt, wenn die Entschädigung nicht in Geld (vgl. z. B. § 99 BauGB), sondern vollständig in Land erfolgt (vgl. z. B. § 100 BauGB). Diese Tatsache verdeutlicht, dass für die Einordnung einer Bodenordnungsmaßnahme als Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums oder als deren Enteignung nicht die Art und Weise des Eingriffs in das Grundeigentum, sondern die hauptsächliche Zweckbestimmung maßgeblich ist, d. h. ob sie in erster Linie mit der im Vordergrund stehenden Hauptaufgabe privat- oder fremdnützig ausgerichtet ist *[vgl. Jarass, 2000; Papier, 2000]*. In diesem Zusammenhang wurde bereits ausführlich erörtert, dass bisher benutzte Abgrenzungskriterien, insbesondere der wertgleichen Landabfindung (§ 44 Abs. 1-5 FlurbG) und dinglichen Surrogation (§ 68 FlurbG), überholt und zur Einordnung als Eigentumsbindung oder Enteignung untauglich sind *[vgl.*

[1] http://www.bmelv.de/DE/Landwirtschaft/Direktzahlungen-Foerderung/GAK/gak_node.html letzter Aufruf: 10.04.2012.

Hass, 2002, S. 275; zuvor schon Schmidt-Aßmann, 1982, S. 154 f.]. Denn § 44 Abs. 1-5 FlurbG regelt ausschließlich, wie die Landabfindung rechnerisch zu bemessen und in der Zuteilung unter Beachtung des Abwägungsgebotes (§ 44 Abs. 2 FlurbG) in Form der neuen Grundstücke zu gestalten ist. § 68 FlurbG normiert als Generalklausel lediglich den Übergang der Grundstücksrechte sowie der anderen, die alten Grundstücke betreffenden Rechtsverhältnisse und örtlich gebundenen öffentlichen Lasten auf die neuen Grundstücke.

5. Zum Vorteilsausgleich in der städtischen und ländlichen Bodenordnung

In der städtischen Bodenordnung (Umlegung nach §§ 45-84 BauGB) wird der Bodenordnungsvorteil in Geld oder Fläche abgeschöpft und der Gemeinde als Umlegungsstelle zugewiesen (vgl. §§ 57 f. u. 81 BauGB). Der jeweilige Eigentümer erhält also nach Möglichkeit in Lage seiner alten Grundstücke die neuen Grundstücke zugeteilt und muss bei der sogenannten Flächenumlegung eine Verkleinerung seines Grundeigentums hinnehmen, die vom Umfang her dem Umlegungsvorteil entspricht (vgl. § 59 Abs. 1 BauGB). Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang, dass die Bodenordnung, wie unter Ziffer 4 dargestellt, rechtssystematisch aus zwei Vorgängen besteht, nämlich zum einen der Entziehung des alten Grundstückseigentums und zum anderen der Zuweisung neuen Grundstückseigentums, ist ohne Weiteres klar, dass die Abschöpfung des umlegungsbedingten Mehrwertes in Fläche mit der Eigentumsgarantie des Art. 14 Abs. 1 Satz 1 GG in Übereinstimmung steht, wenn Einlage und Abfindung im Wert einander entsprechen. *„Denn diese Regelung betrifft alle Grundstücke des Umlegungsgebietes in gleicher Weise, stellt also kein Sonderopfer für einzelne Grundstücke oder Gruppen von Grundstücken dar, und berührt das Eigentum nicht in seinem verfassungsrechtlich geschützten Kern, da sie – unter Wahrung des Grundsatzes der wertgleichen Abfindung in Land – nur den Anspruch auf den durch die Umlegung bewirkten Wertzuwachs ausschließt“* (vgl. BGH, Urteil vom 06.12.1984, BGHZ 93, S. 103-112, S. 110). Vertiefend kann hierzu auch auf *Schmidt-Aßmann [1996, S. 133 ff.]* mit einer umfassenden Auswertung der Rechtsprechung und des Schrifttums verwiesen werden.

Diese für die städtische Bodenordnung typische Abschöpfung des durch die Umlegung bedingten Vorteiles ließe sich ohne verfassungsrechtliche Bedenken auch in der ländlichen Bodenordnung anwenden *[vgl. Linke, 1996, S. 275 ff.]*. Dessen ungeachtet sieht der Gesetzgeber die moderne Flurbereinigung seit ihren Ursprüngen gegen Ende des 19. Jahrhunderts jedoch als eine Maßnahme zur Unterstützung der Landwirtschaft und zur Schaffung der Voraussetzungen für die Entwicklung leistungs- und wettbewerbsfähiger Betriebe, früher vor allem zur Sicherung der Ernährungslage, heute überwiegend zum Erhalt und zur Pflege der Kulturlandschaft sowie zur Entwicklung der ländlichen Räume. In diesem Sinne soll der Bodenordnungsvorteil zur Förderung der landwirtschaftlichen Betriebe grundsätzlich bei den Grundstückseigentümern verbleiben und nicht von der Teilnehmergemeinschaft als Trägerin des Verfahrens oder vom Land (Staat) als durchführende Stelle abgeschöpft werden. Daher ist in der Flurbereinigung im Gegensatz zur Umlegung auch nur eine Wertermittlung der Grundstücke im alten Bestand notwendig, nach der die Zuteilung erfolgt. Eine Bewertung der Grundstücke im neuen Bestand braucht nicht erfolgen, da die Flurbereinigungsvorteile durch bessere Erschließung und Gestaltung der Nutzflächen für das Verfahren im Einzelnen nicht weiter von Interesse sind, sondern den Teilnehmern ohne deren explizite Ausweisung zufließen.

Dieser Grundsatz wird allerdings von § 47 Abs. 1 FlurbG mit dem Ziel einer zügigen Durchführung des Verfahrens und einer möglichst optimalen Neugestaltung des Verfahrensgebietes im Sinne von § 37 Abs. 1 Satz 1 FlurbG durchbrochen. Denn die Vorschrift erlaubt es, den Landbeitrag über das zur Schaffung der gemeinschaftlichen Anlagen (§ 39 FlurbG) notwendige Maß hinaus anzuheben, um nach dem voraussichtlichen Bedarf eine sich aus der Neuvermessung des Verfahrensgebietes ergebende Flächenminderung aufzufangen, eine Flächenreserve für unvorhergesehene Zwecke, sowie zum Ausgleich von Missformen und anderen dauernden Nachteilen bei der Zuteilung in Land zu haben (§ 44 Abs. 2 FlurbG) und Flächen für öffentliche Anlagen in verhältnismäßig geringem Umfang bereitstellen zu können (§ 40 FlurbG). Der Ausgleich der Neuvermessungsdifferenz sowie die Flächenreserve für unvorhergesehene Zwecke, für Missformen und zum Ausgleich (§ 47 Abs. 1 Satz 2 FlurbG) dient, wie der Flächenabzug für die gemeinschaftlichen Anlagen, den ureigensten Interessen der Teilnehmer. Denn durch diesen Landbeitrag ist eine Neuordnung des Verfahrensgebietes einschließlich der Schaffung einer bedarfsgerechten Infrastrukturausstattung zur besseren Nutzung der neuen Grundstücke überhaupt erst möglich. Er ist, wie das BVerfG im Baulandumlegungsbeschluss ausdrücklich hervorhebt, zwingend notwendig und als unabdingbare Voraussetzung mit der Neugestaltung des Verfahrensgebietes im Interesse der Grundstückseigentümer verbunden (vgl. BVerfGE 104, S. 10).

Während in der Umlegung der Flächenabzug nach § 55 Abs. 2 BauGB für die örtlichen Verkehrseinrichtungen und sonstigen Anlagen, die überwiegend den Bedürfnissen der Bewohner des Umlegungsgebietes dienen, entsprechend den Festsetzungen des Bebauungsplanes bzw. den Vorgaben der vorhandenen Bebauung vorweg parzellenscharf festgelegt werden kann, steht in der Flurbereinigung aufgrund der engen Verzahnung von Planung (§ 41 Abs. 1 FlurbG) und Bodenordnung im

engeren Sinne (§ 58 Abs. 1 FlurbG) der tatsächlich benötigte Flächenbedarf im Sinne von § 47 Abs. 1 FlurbG erst mit dem Flurbereinigungsplan fest. Aus diesem Grund sieht § 47 Abs. 1 Satz 2 FlurbG vor, dass der Landbeitrag über den im Interesse der Teilnehmer notwendigen, aber erst vergleichsweise spät im Verfahren exakt ermittelbaren Umfang hinaus für unvorhergesehene Zwecke, für Missformen und zum Ausgleich mäßig erhöht werden kann. Ferner ist nach § 47 Abs. 1 Satz 1 in Verbindung mit § 40 Satz 3 FlurbG auch eine Erhöhung in geringem Umfang zur Landbereitstellung für öffentliche Anlagen möglich. Wie aus dem Vergleich mit der Umlegung hervorgeht, ist eine solche Erhöhung des Landbeitrages über das für den privaten Interessenausgleich zwingend notwendige Maß hinaus als Vorteilsausgleich zulässig und mit der Eigentumsgarantie des Art. 14 Abs. 1 Satz 1 GG vereinbar. Um sicherzustellen, dass die Flurbereinigung dabei nicht in den verfassungsmäßig geschützten Kern des Grundeigentums eingreift, sieht § 47 Abs. 2 FlurbG die Möglichkeit der Festlegung von Sonderbeitragsgebieten für solche Teile des Verfahrensgebietes vor, die einen überdurchschnittlich hohen Bedarf an Fläche für die notwendigen Erschließungs- und Infrastruktureinrichtungen aufweisen, um dadurch die anderen Gebietsteile nicht unnötig zu belasten. Zudem sind gemäß § 47 Abs. 3 FlurbG einzelne Teilnehmer, die von der Flurbereinigung keine oder nur geringe Vorteile haben, ganz oder teilweise von der Landaufbringung zu befreien. Durch diese Maßgaben kann sichergestellt werden, dass für alle Teilnehmer eine (mindestens) wertgleiche Landabfindung gewährleistet ist.

Abschließend ist festzustellen, dass in der Umlegung ein vollständiger Vorteilsausgleich stattfindet, indem der bodenordnungsbedingte Mehrwert in Form von Geld und/oder Flächen an die Gemeinde als Umlegungsstelle abzuführen ist. Demgegenüber ist in der Flurbereinigung nur in den engen Grenzen von § 47 FlurbG eine Einbehaltung der Wertsteigerung, die die Grundstücke durch die Neuordnung erfahren, in Fläche möglich. Die Abschöpfung fließt zudem in Form von Geld wieder an die Teilnehmer zurück, da das so gewonnene Land gegen Geldausgleich einzelnen Teilnehmern (Verwertung des nicht benötigten Masselandes) oder Vorhabenträgern (Flächenbereitstellung für öffentliche Anlagen) zugeteilt wird und die dadurch bedingten Einnahmen der Teilnehmergemeinschaft gegen die Beiträge der Teilnehmer nach § 19 FlurbG verrechnet werden. Damit findet letztlich eine Umwandlung eines eng begrenzten Teiles der Flurbereinigungsvorteile von Land in Geld statt. Hiergegen können, wie der Vergleich mit der Umlegung und ihrer vollständigen Vorteilsabschöpfung zeigt, keine verfassungsrechtlichen Bedenken bestehen.

6. Verwendung der Flächen aus dem Vorteilsausgleich in der ländlichen Bodenordnung

Nach Klärung der grundsätzlichen Zulässigkeit des Vorteilsausgleiches in der Flurbereinigung gemäß § 47 Abs. 1 FlurbG ist der Frage nachzugehen, ob die so gewonnenen Flächen auch für Anlagen im öffentlichen Interesse bereitgestellt werden können, an denen die Teilnehmer kein wirtschaftliches oder anders geartetes Interesse haben. Zu nennen sind etwa eine Landbereitstellung für den Ausbau des Schienen- oder Bundesfernstraßennetzes, die Verbreiterung klassifizierter Straßen, die Renaturierung von Gewässern I. Ordnung oder die Anlage von Hochwasserschutzeinrichtungen an Flüssen für Unterliegergemeinden. Die einfachgesetzlichen Regelungen sehen dies in § 40 Satz 3 FlurbG ergänzt durch § 10 Nr. 2b), § 37 Abs. 2, § 52f., § 58 Abs. 1 Satz 2 und § 80 Nr. 3 FlurbG eindeutig vor. Hierzu ist aus Sicht von Art. 14 GG folgendes anzumerken.

Die Bodenordnung greift durch die Entziehung der alten Grundstücke, wie unter Ziffer 4 dargestellt, in den Bestand des Grundeigentums nach Art. 14 Abs. 1 Satz 1 GG ein. Sie stellt jedoch durch die Neuordnung im überwiegenden Interesse der Teilnehmer keine Enteignung, sondern eine zulässige Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums nach Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG dar, die durch die Zuweisung (mindestens) wertgleicher neuer Grundstücke die Bestandsgarantie hinreichend berücksichtigt *[vgl. Thomas, J., 2009, S. 59]*. Zur Beurteilung der Wertgleichheit ist der gesamten Abfindung stets die gesamte Einlage gegenüberzustellen. Wie *Seuffert [2011b, S. 61f.]* näher ausführt, dürfen dabei nicht einzelne alte Grundstücke mit einzelnen neuen Grundstücken verglichen werden, sondern ist die Gesamtheit des alten gegenüber dem neuen Grundeigentum maßgeblich. Der einzelne Teilnehmer hat zudem keinen Anspruch auf Zuteilung bestimmter Grundstücke. Vielmehr ist unter Abwägung aller Interessen eine großzügige Zusammenlegung des Grundbesitzes nach neuzeitlichen betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten vorzunehmen (vgl. § 37 Abs. 1 Satz 2 und § 44 Abs. 3 Satz 1 FlurbG). In diesem Zusammenhang kann auch ein Weniger an Qualität durch ein Mehr an Fläche und umgekehrt ausgeglichen werden. Es ist also eine saldierende Betrachtungsweise möglich, die der Flurbereinigungsbehörde erst den notwendigen Gestaltungsspielraum eröffnet. Dabei sind gemäß §§ 1 und 37 FlurbG sowohl private als auch öffentliche Interessen zu berücksichtigen, wobei es *„die Verfassung dem Gesetzgeber erlaubt, die Interessen der Allgemeinheit bei Fragen der Bodenordnung in stärkerem Maße zur Geltung zu bringen als bei anderen Vermögensgütern“* (vgl. BVerfGE 104, S. 12).

In Anbetracht der Vorteile, die ein Flurbereinigungsverfahren für die Teilnehmer mit sich bringt und der erheblichen Förderung durch die öffentliche Hand, dürfte

der vom Bundesgerichtshof herausgestellte – als Leitbild gedachte – vernünftige und einsichtige Grundeigentümer, der auch das Wohl der Allgemeinheit nicht aus dem Auge verliert, sondern von sich aus sein Verhalten darauf einstellt und mit Blick auf die Lage der Dinge von bestimmten Formen der Nutzung absieht, nichts gegen eine Flächenbereitstellung für öffentliche Anlagen und eine (mindestens) wertgleiche Abfindung seinerseits an anderer Stelle einzuwenden haben. Es liegt hier kein Grundstückstausch zur vorrangigen Verwirklichung eines im Fremdinteresse liegenden Zweckes vor, den das Bundesverfassungsgericht im *„Boxberg-Urteil“* anspricht und zu dem ein Grundstückseigentümer nur mittels Enteignung verpflichtet werden kann. Vielmehr wird in einem Flurbereinigungverfahren, das in erster Linie den Interessen der Grundeigentümer selbst dient, ohne in ihre subjektiven Rechte einzugreifen als untergeordneter Nebenzweck ein öffentliches Vorhaben zur Förderung der Landentwicklung unterstützt. Die damit verbundenen Belastungen sind für die Teilnehmer vergleichsweise gering und stehen in einem angemessenen Verhältnis zu den mit der Bodenordnung verbundenen Vorteilen. Im Sinne des Gebotes einer sozialgerechten Bodennutzung und der dazu vom BVerfG erarbeiteten Grundsätze dürfte eine solche Flächenbereitstellung für öffentliche Anlagen über den Landbeitrag nach § 47 Abs. 1 in Verbindung mit § 40 Satz 3 FlurbG daher als zulässige Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums (Art. 14 Abs. 1 Satz 2 GG) im Gesamtkontext der Regelungen des FlurbG zu sehen sein, die sich im Rahmen der Sozialpflichtigkeit nach Art. 14 Abs. 2 GG bewegt.

7. Fazit und Ausblick

In Zukunft gewinnt neben den vielfältigen Aufgaben der ländlichen Bodenordnung *[hierzu im Überblick Thomas, J., 2010 u. 2011]* die Anpassung der Kulturlandschaften an die Erfordernisse des Klimawandels, insbesondere in den Bereichen Hochwasser-, Boden- und Gewässerschutz, eine zunehmende Bedeutung *[vgl. Gerdes et al., 2010]*. Denn die Umsetzung der Adaptionsmaßnahmen ist in der Fläche, wie Abb. 1 verdeutlicht, vielfach nur mit Hilfe der Flurbereinigung bzw. Flurneuordnung möglich. Dabei gewährleistet die Flächenbereitstellung für öffentliche Vorhaben, vor allem zur Wasserrückhaltung in der Fläche und zur Renaturierung von Fließgewässern, erst eine befriedigende Gesamtlösung im Sinne einer effektiven Neugestaltung – vgl. statt vieler das eindrucksvolle Beispiel von *Kempe [2011]*.

Die Bereitstellung von Land für Anlagen im öffentlichen Interesse nach § 40 FlurbG ist dabei ein wichtiger Baustein und gehört seit Jahrzehnten zur bewährten Praxis der ländlichen Bodenordnung *[statt vieler: Ewald, 2008; Oberholzer, 1986]*. Sie geht einher mit einer Koordinierung der verschiedenen Vorhaben im Rahmen der Erarbeitung der allgemeinen Grundsätze für die zweckmäßige Neugestaltung des Flurbereinigungsgebietes nach § 38 FlurbG und einer aufeinander abgestimmten Planung der gemeinschaftlichen und öffentlichen Anlagen im Rahmen der Erstellung des Wege- und Gewässerplanes mit landschaftspflegerischem Begleitplan nach § 41 FlurbG. Hierdurch trägt die Flurbereinigung maßgeblich zur Erhaltung und Gestaltung der ländlichen Räume bei und erfüllt ihren Auftrag, die Landentwicklung zu fördern. Die integrale Umsetzung von Maßnahmen zur Agrarstrukturverbesserung und Vorhaben der Landentwicklung in einem dialogorientierten Ansatz findet sowohl bei den Grundstückseigentümern und landwirtschaftlichen Betrieben als auch bei den Gemeinden und anderen Vorhabenträgern höchste Akzeptanz und Wertschätzung. Die Flächenbereitstellung nach § 40 FlurbG ist bis auf Detailaspekte von einer intensiven Rechtsprechung der Flurbereinigungsgerichte bestätigt und dürfte nach der aufgezeigten Argumentation auch einer verfassungsrechtlichen Überprüfung standhalten.

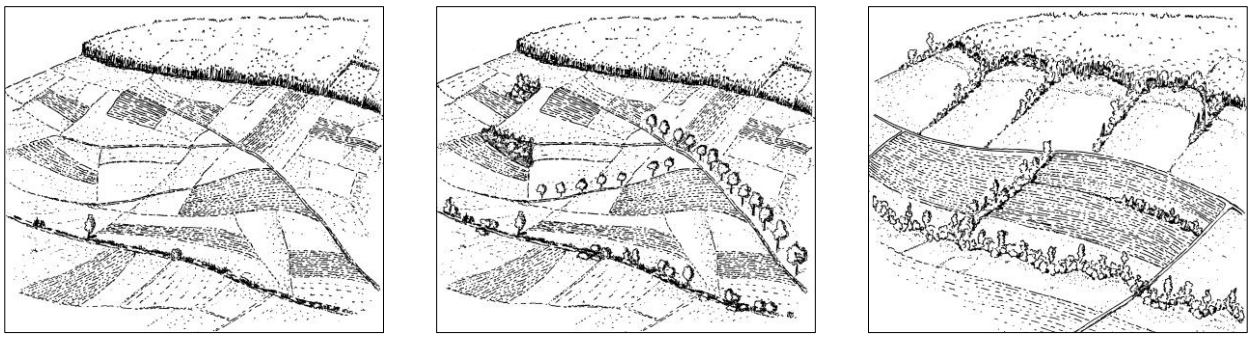


Abb. 1: *Agrarlandschaft mit traditioneller Grundstücksstruktur, die nicht mehr den heutigen Bedürfnissen gerecht wird (links),*
unbefriedigende Weiterentwicklung ohne umfassende Bodenordnung (Mitte),
umfassende Weiterentwicklung durch eine Flurbereinigung (rechts)
[aus Oberholzer, 2000, S. 82, 85 und 87].

8. Literatur

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) [2006]: Ländliche Entwicklung in Bayern. Informationskompendium. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Abteilung Ländlicher Raum und Landentwicklung, München, 136 S.
http://www.landentwicklung.bayern.de/dokumentationen/32372/linkurl_1_1.pdf
letzter Aufruf: 29.07.2011.

Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Nachhaltige Landentwicklung (Hrsg.) [2010]: Rechtsprechungssammlung 1954 – 2009 zum FlurbG und 8. Abschnitt des LwAnpG (RzF). München, CD-ROM.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz [2011]: Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" für den Zeitraum 2011 - 2014 und Sonderrahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes": Maßnahmen des Küstenschutzes in Folge des Klimawandels (2009 - 2025). Bonn, 125 S. Online-Publikation.
http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Foerderung/Rahmenplan2011-2014.pdf;jsessionid=E98A8128A0FF2582CB761ADC008E3B73.2_cid245?__blob=publicationFile
letzter Aufruf: 10.04.2012.

Ewald, Wolfgang-Günther [2008]: Flächenmanagement und Bodenordnung im Dienst der integrierten ländlichen Entwicklung. In: Mitteilungen des DVW-Bayern e.V., 60. Jhrg., Heft 2, München, S. 243-256.
ISSN 1613-3064

Gerdes, Hans-Ludger / Harnischfeger, Andreas / Klaus, Michael / Perzl, Willi / Schumann, Martin / Thiemann, Karl-Heinz [2010]: Klimawandel und Landnutzung in Deutschland – Anforderungen an die Landentwicklung. Leitfaden und Positionspapier des DVW Arbeitskreis 5 »Landmanagement«. Schriftenreihe des DVW, Band 65, Wißner, Augsburg, 88 S.
ISBN 978-3-89639-803-1
http://web23.shm.wissner.com/sites/default/files/arbeitskreis/5/anhang/2011/DVK%20AK%205%20Klimawandel%20und%20Landnutzung.pdf
letzter Aufruf: 16.11.2011.

Haas, Evelyn [2002]: Die Baulandumlegung – Inhalts- und Schrankenbestimmung des Eigentums. In: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ), 21. Jhrg., Heft 3, München / Frankfurt am Main, S. 272-277.
ISSN 0721-880X

Hasselhoff, Joachim [1984]: Grenzen der Sozialpflichtigkeit im Flurbereinigungsverfahren. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 36. Jhrg., Heft 1, Butjadingen-Stollhamm, S. 1-3, und Heft 2, S. 31-33.
ISSN 0486-1469

Hoecht, Herbert [1987]: Verfassungsrechtliche Entscheidung zur Teststreckenanlage. In: Recht der Landwirtschaft (RdL) 39. Jhrg., Heft 7, Butjadingen-Stollhamm, S. 169-171.
ISSN 0486-1469

Hoecht, Herbert [1991]: Vorteilsausgleich in der Flurbereinigung. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 43. Jhrg., Heft 9, Butjadingen-Stollhamm, S. 225-227.
ISSN 0486-1469

Hoecht, Herbert [1994]: Landentwicklung als Flurbereinigungsziel. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 46. Jhrg., Heft 2, Butjadingen-Stollhamm, S. 29-32.
ISSN 0486-1469

Hoecht, Herbert [1995]: Rad- und Wanderwege durch Flurbereinigung. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 47. Jhrg., Heft 6, Butjadingen-Stollhamm, S. 141-143.
ISSN 0486-1469

Jarass, Hans Dieter [2000]: Inhalts- und Schrankenbestimmung oder Enteignung? In: Neue Juristische Wochenschrift (NJW), 53. Jhrg., Heft 39, München / Frankfurt am Main, S. 2841-2845.
ISSN 0341-1915

Kempe, Richard [2011]: Hochwasserschutz und naturnahe Gewässergestaltung Mittlere Rezat – Ländliche Entwicklung in Mittelfranken. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (ZfV), 136. Jhrg., Heft 4, Augsburg, S. 239-246.
ISSN 1618-8950

Lillotte, Franz-Josef [1973]: Rechtliche Probleme der Flurbereinigung in einer Industrielandschaft. In: Agrarrecht, Band 3, Münster, S. 207-210.
ISSN 0340-840X

Linke, Hans-Joachim [1996]: Zur Harmonisierung der Grundstücksneuordnungsinstrumentarien. Grundlagen und Konzept eines allgemeingültigen Bodenordnungsgesetzes. Dissertation. Beiträge zu Städtebau und Bodenordnung des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Universität Bonn, Heft 19, Bonn, 333 S.
ISSN 0175-3282

Oberholzer, Gustav [1986]: Landaufbringung und Landverbrauch im Flurbereinigungsverfahren. In: *Oberholzer, Gustav [1986]:* Landespflege in der Flurbereinigung, Teil III. Schriftenreihe des Universitären Studiengangs Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr München, Heft 21, Neubiberg, S. 75-97.
ISSN 0173-1009

Oberholzer, Gustav [2000]: Die Weiterentwicklung der Kulturlandschaft. Landespflege in der Flurbereinigung, Teil V. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation, Universität der Bundes-

wehr München, Heft 68, Neubiberg, 152 S.
ISSN 0173-1009

Papier, Hans-Jürgen [2000]: Die Weiterentwicklung der Rechtsprechung zur Eigentumsgarantie des Art. 14 GG. In: Deutsches Verwaltungsblatt (DVBl), 115. Jhrg., Heft 19, Köln, S. 1398-1407.
ISSN 0012-1363

Quadflieg, Friedrich [1989]: Recht der Flurbereinigung. Kommentar zum Flurbereinigungsgesetz mit weiteren Vorschriften zur ländlichen Bodenordnung. 12. Lfg., Loseblattausgabe, Kohlhammer, Stuttgart.
ISBN 3-17-010742-9

Schmidt-Aßmann, Eberhard (1982): Die eigentumsrechtlichen Grundlagen der Umlegung (Art. 14 GG). In: Deutsches Verwaltungsblatt (DVBl). 97. Jhrg., Heft 3, Köln, S. 152-157.
ISSN 0012-1363

Schmidt-Aßmann, Eberhard [1996]: Studien zum Recht der städtebaulichen Umlegung. Eigentumsgarantie, naturschutzrechtliche Eingriffsregelung und Flächenbeiträge. Schriften zum öffentlichen Recht, Band 700, Duncker und Humblot, Berlin, 163 S.
ISBN 3-428-08747-X

Schwantag, Friedrich / Wingerter, Klaus [2008]: Flurbereinigungsgesetz – Standardkommentar. 8. Aufl., Agricola, Butjadingen-Stollhamm, 687 S.
ISBN 978-3-920009-04-9

Seuffert, Martin [2011a]: Die Flurbereinigung vor dem Hintergrund des Art. 14 GG. Dissertation. Aktuelle Beiträge zum öffentlichen Recht, Band 13, Centaurus, Freiburg, 229 S.
ISBN 978-3-86226-034-8

Seuffert, Martin [2011b]: Das Gebot der wertgleichen Abfindung nach dem FlurbG vor dem Hintergrund des Art. 14 GG. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 63. Jhrg., Heft 3, Butjadingen-Stollhamm, S. 60-63.
ISSN 0486-1469

Spannowsky, Willy [2004]: Umlegung im Lichte des Eigentumsschutzes. In: Umwelt- und Planungsrecht (UPR), 24. Jhrg., Heft 9, München, S. 321-330.
ISSN 0721-7390

Steuer, Robert [1967]: Flurbereinigungsgesetz – Kommentar. 2., neubearb. Aufl., Beck, München, 869 S.

Thomas, Joachim [2009]: Möglichkeiten und Grenzen der Vereinfachten Flurbereinigung nach § 86 FlurbG bei der Lösung von Landnutzungskonflikten. In: Flächenmanagement und Bodenordnung (FuB), 71. Jhrg., Heft 3, Wiesbaden, S. 56-64.
ISSN 1616-0991

Thomas, Joachim [2010]: Entwicklung ländlicher Räume. In: *Kummer, Klaus, und Frankenberger, Josef (Hrsg.):* Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2010. Wichmann, Heidelberg, S. 379-419.
ISBN 978-3-87907-487-7

Thomas, Joachim [2011]: Entwicklung ländlicher Räume. In: *Kummer, Klaus, und Frankenberger, Josef (Hrsg.):* Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2011. Wichmann, Heidelberg, S. 145-185.
ISBN 978-3-87907-511-9

Thomas, Klaus [1995]: Bodenordnung und ihr Verhältnis zur Enteignung. In: Recht der Landwirtschaft (RdL), 47. Jhrg., Heft 11, Butjadingen-Stollhamm, S. 281-283.
ISSN 0486-1469

Thomas, Klaus [2010]: Das Eigentumsgrundrecht, Flurbereinigung und Bodenordnung. In: Flächenmanagement und Bodenordnung (FuB), 72. Jhrg., Heft 10, Wiesbaden, S. 276-280.
ISSN 1616-0991

Weiß, Erich [2006]: Unternehmensflurbereinigung zur Landschaftsgestaltung. In: Recht der Landwirtschaft (RdL) 58. Jhrg., Heft 6, Butjadingen-Stollhamm, S. 141-147.
ISSN 0486-1469

Weiß, Erich [2010]: Zur Definition von Privatnützigkeit und Fremdnützigkeit in Planung und Bodenordnung nach dem Flurbereinigungsgesetz. In: Flächenmanagement und Bodenordnung (FuB), 72. Jhrg., Heft 1, Wiesbaden, S. 36-39.
ISSN 1616-0991

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Thiemann

Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Institut für Geodäsie, Professur für Landmanagement, D-85577 Neubiberg

E-Mail: k-h.thiemann@unibw.de

Zsolt Győző Török

From Expedition Cartography to Topographic Mapping: Italian Military Maps of the Southern Libyan Desert from the 1930s

Summary

In the 20th century different modes of mapping from traveller reports and expedition route maps to triangulation and topographical surveys still co-existed for a short period before systematic surveys started by colonial administration and the military. The extreme geography and the changing political conditions in the region resulted in remarkable interconnections between scientific research expeditions and surveying and mapping institutions, as well as intelligence and military cartography in colonial context. This paper investigates unique material, a series of reproductions of Italian military maps, made in the 1930s and preserved in Budapest to demonstrate the process of cartographic information acquisition and the practice of topographic map making in Italian Libya.

Zusammenfassung

Im 20. Jahrhundert bestanden für eine kurze Zeit verschiedene Arten des Kartographierens nebeneinander: Diese reichten von Karten, die Reiseberichte und Expeditionsrouten darstellen, bis hin zu kartographischen Produkten, die mittels der Triangulation und aufgrund von topographischen Aufnahmen entstanden sind. Wenig später starteten systematische Aufnahmen, die durch die Kolonialverwaltung und das Militär durchgeführt wurden. Die extreme Geographie und die sich verändernden politischen Bedingungen in dieser Region resultierten in bemerkenswerten Querverbindungen zwischen wissenschaftlichen Erkundungsexpeditionen und kartographischen Institutionen ebenso wie mit dem Geheimdienst und der Militärkartographie im kolonialen Kontext. Die vorliegende Studie untersucht einzigartiges Material, nämlich eine Serie von Reproduktionen von italienischen Militärkarten aus der Zeit der 1930er Jahre, die in Budapest verwahrt werden. Diese Karten zeigen den Prozess der Beschaffung von kartographischen Informationen und die Einarbeitung derselben in topographische Karten des von Italien besetzten Libyens.

Italian Military Maps in Budapest

There is a remarkable set of maps and sketches relating to the exploration and mapping of the Libyan Desert preserved in the *Military Historical Institute and Museum*[1] in Budapest, Hungary. Earlier it was suggested that the maps were connected to *"the English Patient"*, the Hungarian explorer LÁSZLÓ EDE ALMÁSY (1895-1951). However, as soon as the book of inventory was checked, this appealing hypothesis failed. The notes revealed that the material was a relatively recent acquisition of the library as the maps were purchased as a smaller collection from a private person in Budapest in 1985 *[Török, 2009]*. Why and how these Italian maps would find their way to the Hungarian capital are certainly the questions one would put but we can not answer.

However, there are even more intriguing cartographic problems in connection with this collection as whole and in particular regarding to a smaller group we selected and separated from the rest (see Table 1 below). Our research work in Florence, Italy, demonstrated that, while the Budapest map group is perhaps unique, it is closely related to the vast historical material kept in the archives of the *Istituto Geografico Militare*[2]. Based on our research findings, in this paper we would like to interpret these maps in their cartographic and historical context, and we try to analyze their possible documentary sources.

The study of this remarkable cartographic material is a contribution to the deeper understanding of the historical role of expedition cartography, especially route surveys in the classic period. The 19th century exploration and mapping of Africa demonstrates the *traditional period* of expedition cartography *[Brunner, 2004, p. 26]* which was followed by topographic mapping in the 20th century. We would like to demonstrate that there was an interesting *transitional period* where methods of classic expedition cartography and modern surveying methods were still in parallel use, and both cartographic modes provided information for the compilation of topographic

[1] Honvédelmi Minisztérium Hadtörténeti Intézet és Múzeum http://www.militaria.hu/ – last access: April 11, 2012.

[2] http://www.igmi.org/ – last access: April 11, 2012.

maps *[Török, 2004]*. In historical context the set of maps we describe and analyse below is also highly significant for the study of Italian military colonial mapping in the southern Libya before World War II.

The map sheets are still kept in two large cardboard folders in Budapest, each containing mainly printed material from small scale to topographical map sheets. The coverage as well as the publishers' names – *Istituto Geografico Militare* and the Italian colonial government in Benghazi, Cyrenaica –, suggest that the cartographic material as a whole reflects Italian colonial interest in Africa, in particular Libya and Ethiopia. While the majority of the set is topographical map sheets, not uncommon printed material, a smaller group of maps requires special attention. All but one of the sheets of various sizes (Map (I) in Table 1) are reproductions of manuscript sketches and maps which, in my opinion, were drawn around the same time by the same hand or by a group of draughtsmen. The language of the maps was Italian and some spelling mistakes also suggest that the map makers were Italians, presumably working in a colonial military office in Cirenaica (later Libya).

Photographic Reproductions of Military Manuscripts

Except for the only printed map (Map (I)) the method of their reproduction is unknown. As there is no trace of printing ink, presumably it was a kind of photographic reproduction. By the 1930s the slightly different *blueprinting processes*, discovered in the 1880s, were available everywhere. The importance of these methods has not been realized in the history of cartography. Examples of blueprints and similar reproductions are not exceptional, although certainly underrepresented, in archival material wordwide. These technologies were once popular and widely used especially for the reproduction of original drawings if a smaller number of copies were needed. The maps in the group could actually be direct positive copies of original drawings on transparent original. The lines and letters are brownish; and due to fading the colour is presumably lighter than it was originally. The process used could be a '*Sepiakopie*' or a version of a *Diazo* printing process (or its German version, '*Ozalid'*), which allowed for the making of positive monochrome copies on paper *[Bosse, 1953, p. 96, p. 127]*.

Table 1: *The group of Italian maps in Budapest.*

Map number	Inventory number	Title	Sheet size (map size) in mm	Scale
Map 1	Cc 168	IL DESERTO LIBICO ... by Dr. John Ball	487 x 337 (390 x 310)	1 : 4,000,000
Map 2	Cc 175	SPEDIZIONE DEL 1925 DI S.A.S. IL PRINCIPE KEMAL EL-DIN HUSSEIN	645 x 685 (602 x 615)	1 : 500,000
Map 3	Cc 176	DESERTO LIBICO – SUD OUEST DELL'OASI DI DAKLA	591 x 768 (512 x 701)	1 : 500,000
Map 4	Cc 177	CARTA GEOGRAFICA MOSTRANTE LA STRADA ADOPERATO DELLA SPEDIZIONE DI S.A.S. IL PRINCIPE KEMAL EL DIN HUSEIN NEL 1925	812 x 715 (785 x 705)	1 : 500,000 (on two sheets, joined)
Map 5	Cc 184	EXPEDITION DE S.A.S. LE PRINCE KEMAL EL DINE HUSSEIN 1925-1926	750 x 668 (639 x 258)	1 : 500,000
Map (I)	Cc 185	*Territorio di Cufra – dati forniti dal Cap. Medico Dott. Brezzi*	Note: printed map	c. 1 : 200,000
Map 6	Cc 187	CÚFRA (El-Cafra) Itinerari dei viaggiatori altraverso il Deserto Libico	750 x 308 (639 x 258)	1 : 2,000,000
Map 7	Cc 196	ESPLORAZIONE DELL'OVEST DEL GILF KEBIR	385 x 310 (315 x 288)	1 : 1,000,000
Map 8	Cc 197	KUFRA AUENAT GILF EL NEBIR	885 x 551 (471 x 818)	1 : 1,000,000 (two sheets joined)

The maps are monochrome copies, but two of them were coloured by hand, presumably shortly after the copies were reproduced. On Map 6 (Fig. 1) the expedition routes are traced in ink in seven different colours. Only Map 1 includes wash colours: light blue for the sea and a darker shade for the Nile valley, and the quantitative information are represented by different shades of yellow and brown, as well as blue, green and red line symbols.

The paper of the existing documents is brownish-yellowish and the text on the darker parts are hardly legible. The paper is somehow creased, but is in a relatively good condition. Apparently, the maps were used and kept folded for a while as there are minor faults along the folds (some losses of paper on Map 6). As the photographic reproductions were usually wet processes special pre-treated paper of 50-100% rag content was manufactured *[Murray, 2009]*. The overall good condition of these possibly seventy-year old (!) reproductions is due to the high quality paper. This remarkable fact makes the study of these and similar reproductions even more important from archival point of view, especially because quick reproduction processes usually considered having a much shorter life span. Based on the method of reproduction used we can suppose that only a limited number of copies, perhaps a few dozen, were originally made. This hypothesis makes each surviving copy very rare.

Another aspect we should consider here is the purpose and readership of these reproductions. The limited number of copies suggests that these maps were not made for the general public but a small group of experts. The maps were most probably considered confidential documents by Italian authorities at the time they were reproduced, although they were actually constructed from public sources and contained no classified information.

Unfortunately, there is no information on the maps revealing their makers or the date when they were compiled. On some maps' verso side I could find handwritten notes in pencil, which originally served to show the subject of the maps when they were kept folded. On two maps – Map 6 and Map (I) – the note *"Proprieta Cap (itano). Tabbri (Fabbri?)"* in the upper left corner are most probably the owner's signature. The name and military rank of the owner supports the suggested connection of the reproductions with the Italian army. There is a single *printed* map (Map (I)) which was included in the group for the inscription regarding its provenance. In the left bottom corner, outside the neat line, an in-

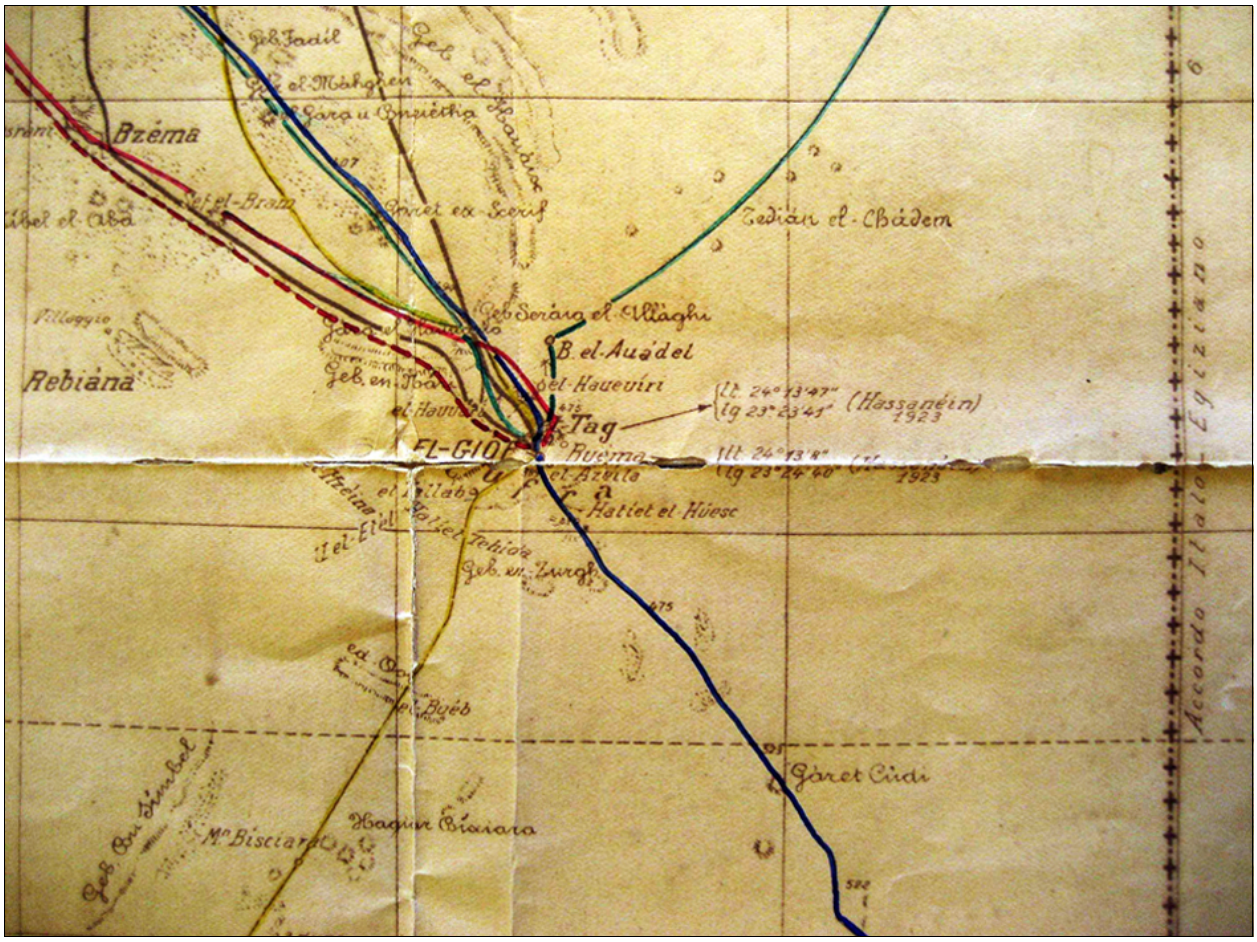


Fig. 1: *Detail of* Map 6 *showing the expedition routes to oasis Kufra in Southern Lybia [Author's photo].*

scription *"G. Ferrero dis.(egno)"* reveals the name of the draughtsman. His name also appears on other maps which were made in the office of the Italian colonial government of Cirenaica in Benghazi, e.g. on the 1:2 million map sheet, entitled *"Cirenaica, Sirtica e loro Retroterro"*, published by the *Ufficio Studi* of the colonial government in October 1932. The 1929 edition of the same map, drawn by G. FERRERO and R. BONATI is approved by the signature of the chief cartographer-officer, Colonel ENRICO DE AGOSTINI (1878-1973). A comparison of the lettering and the titles of the maps in the group show two different styles, e.g. one maker used simple letters, while the other made use of capital letters with serifs in the titles. It seems as if the manuscript maps had been drawn by different persons, and FERRERO possibly being one of them.

The present order of the material and the inventory numbers of the items in my group may also reflect their original arrangement. This was probably based on a chronological order, following the exploration history of the Kufra region. These manuscript maps are all related to the Kufra oasis, and the surrounding area in southern Libya, Egypt and Sudan. We argue that the collection of the manuscript military maps and sketches is related to the exploration and mapping history of the Libyan Desert. In order to put them into their historical context a short overview of the exploration and mapping of the region is given below.

Expeditions and Mapping the Libyan Desert

At the beginning of the 19th century the emptiness of the maps of the Libyan Desert was the result of a strange development based on Enlightenment philosophy. The critical method of the eminent French geographer JEAN-BAPTISTE BOURGUIGNON D'ANVILLE (1697-1782), a representative of Enlightenment cartography, resulted in huge blank spaces on his 1747 map of Africa. These empty map spaces were to be filled by route surveys of new expeditions which were practically the only source of geographical information.

However, for their limited range the contemporary expeditions could not survey the deep desert. Moreover there was no practical reason of making detailed maps of the featureless sands. The famous Napoleonic topographical survey of Egypt (dates), which was the best example of the new cartographic mode, extended practically to the Nile Valley but did not cover the vast desert areas, which meant that the very desert remained unmapped during the ensuing century.

In 1873-74 the German GERHARD ROHLFS's (1831-1896) large and well equipped expedition visited and surveyed the westernmost Egyptian oasis, Dakhla (Fig. 2). A novel method of survey, terrestrial photogrammetry *[Jordan, 1875]*, was used here for first time by a scientific expedition. Starting from Cairo, Egypt, ROHLFS planned to traverse the unknown central part of the Libyan Desert to reach the more or less mysterious Libyan oasis, Kufra. His large caravan was the first to cross the unexplored Great Sand Sea, but he could not accomplish the project *[Rohlfs, 1875]*. At some point on the way towards the target he suddenly headed north, and marched to Siwa. His turning point, *'Regenfeld'* (Rainfield), marked the remotest outpost of scientific exploration in the following decades. Although ROHLFS heard of a lost oasis called *'Sersura'*, which was first mentioned by JOHN GARDNER WILKINSON (1797-1875), an English explorer in 1818, he could only reach Kufra by using the caravan road from Tripoli on the Mediterranean coast in 1879.

In the early 20th century, the romantic English explorer, WILLIAM JOSEPH HARDING KING (1869-1933), with the support of the Royal Geographical Society in London, decided to start searching for the legendary oasis. In Dakhla, the westernmost oasis in Egypt, he observed the migrating birds coming from the southwest with freshly eaten olives in their stomachs. Based on his experiments, he calculated the distance of his *'olive'* oasis from Dakhla, and made three attempts to locate the *Zerzura* of the ancient desert tale. In 1911 he reached a point approximately 250 kilometers southwest from the oasis, but his camel caravan had to return because his native guide tampered with his water supplies. Before his turning point he noticed on the horizon something similar to a remote mountain range. KING published his reports in the *Geographical Journal [King, 1913]* and, in 1925 his book on the mysterious desert *[King, 1925]*. The map he enclosed was based on native information he had collected, assessed and organized into one coherent picture. Although it included geographical information of highly different reliability it was an achievement and not useless for his followers. In modern terms, it can be considered a mental map, constructed by a talented and experienced explorer.

The book of the English explorer makes the anti-colonial and anti-British atmosphere in the Egyptian oasis almost tangible, an hostility which was strongly influenced by the *Senussia*. This powerful Muslim religious-political order was founded in Mecca in 1837, but its leader later moved from Sudan to Libya in 1843. In 1894 the Senussi sheikh retreated to the remote Kufra oasis in the southwest of the Libyan Desert. From 1911 the Senussia, encouraged by the Turks, fought a guerrilla war against the British and Italians in Libya and Egypt.

Motorized Expeditions and Mapping the Deep Desert

The military operations in the desert against the Senussi order included the first motorcar experiments, organized in 1915-16 by the British colonial military in Egypt. The

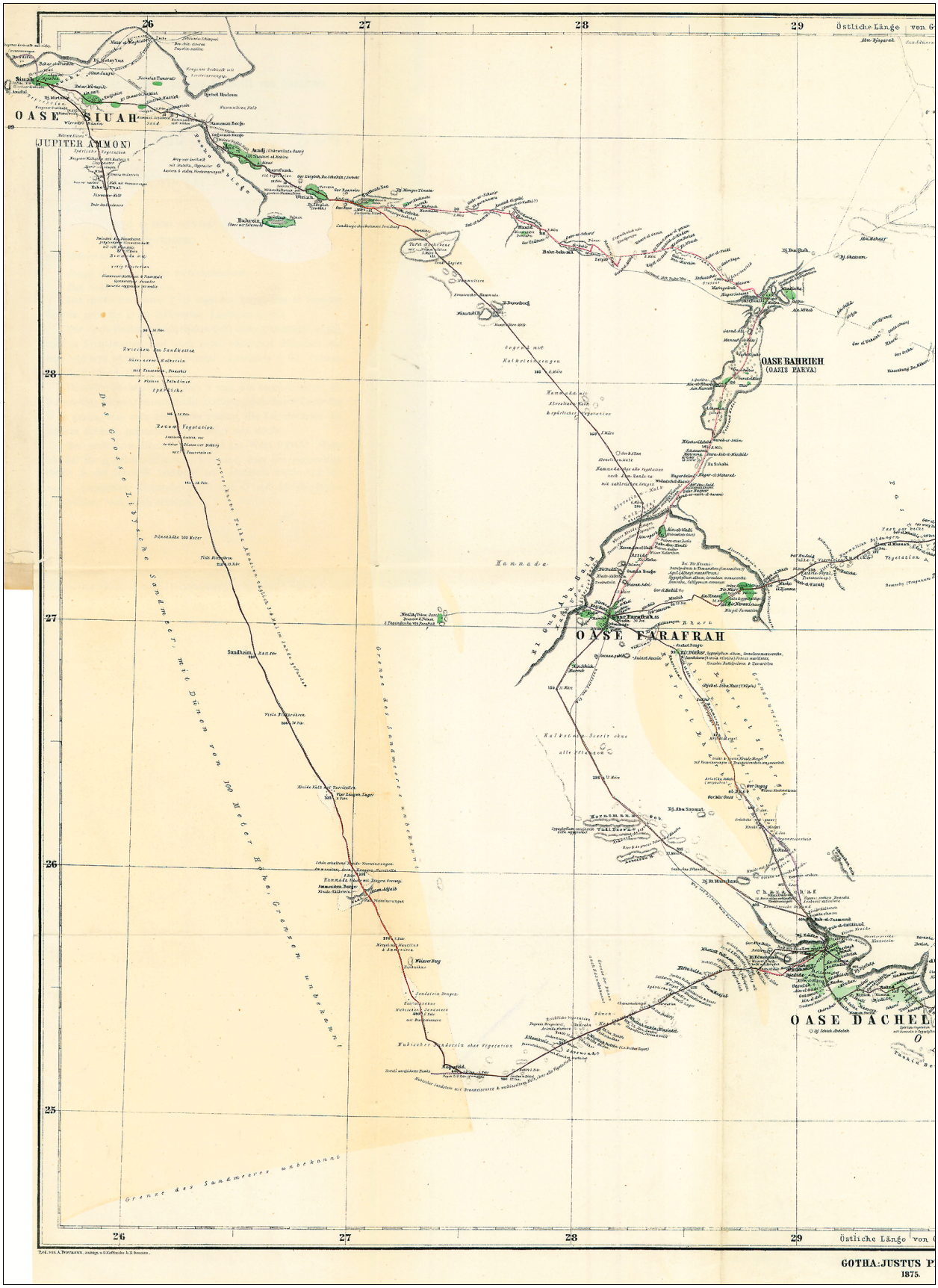


Fig. 2 : *Detail of the route map of ROHLFS's expedition from 1873-74.*

Light Car Patrols, using Ford Model T vehicles, became ideal for reconnaissance, intelligence and combat groups. Based on the data supplied by cars' speedometers and compasses, they succeeded in mapping large areas in northern Egypt. The effect of the motorcar on desert exploration and warfare was huge. In the preface to his 1919 military Report on the Western Desert, Captain WILLIAMS stressed that his purpose was to facilitate the use of cars as a military weapon. WILLIAMS acknowledged the contribution by BALL for devising methods of measurements and calculations for use of the motorcar patrols. The geologist Dr. JOHN BALL (1872-1941) was appointed director of the Geological Survey of Egypt in 1897. The *'Little Doctor'* joined Light Car Patrols on several surveying trips and wrote the *"Military Notes on Western Egypt"* in 1916 *[Great Britain Army, 1916]*. In 1917, south west of Dakhla oasis, they discovered Pottery Hill, an old water depot, in the desert.

In the 1920s Colonel NOWELL BARNARD DE LANCEY FORTH's (1879-1933) more traditional camel expeditions explored the Great Sand Sea south of oasis Siwa, a hard terrain that even today remains practically inaccessible by car. In 1923, after his 1920 visit with the British women writer ROSITA FORBES (1893-1967), the camel caravan of the Egyptian AHMED HASSANEIN (1889-1946), an Oxford graduate and excellent sportsman, was allowed to enter Kufra from the north again.

Fig. 3: *Detail of BAGNOLD's expedition map from 1931.*

Following the ancient caravan track south-east of the oasis HASSANEIN discovered and mapped two '*lost*' oases in the unknown desert, the mountains Arkenu and Uweinat.

Prince HUSSEIN KEMAL EL DIN (1874-1932) declined the throne of Egypt in favour of living his own life. He pioneered the use of special motor vehicles for desert exploration. With his Citroën half-tracks he traversed the vast unknown expanses, first in pursuit of new hunting grounds, but eventually for exploration. His expeditions with Dr. BALL re-discovered ROHLFS's tracks south of Dakhla. In 1924-25 KEMAL EL DIN led an expedition and could reach Uweinat from the east. He explored the southern edge of a huge sandstone plateau he named Gilf Kebir, the Great Wall. In 1926, while on his journey to the north of the Uweinat Mountain, he explored the vast plateau and his expedition reports were published in French in internationally – acknowledged publications shortly after the explorations *[Kemal el Din, 1928]*.

In 1928 an Italian medical mission was invited to Kufra to attend to members of the Senussi family. The small group led by Dr. GIOVANNI BREZZI (1896-1953) reached Kufra from Jalo. Despite the orders of the Senussi leader, the Italians were imprisoned, but released after payment whereupon they returned by way of Siwa. However, in the mean time Dr. BREZZI succeeded in making some intelligence work and his geographical notes and sketches of the oasis were, apparently, considered as important for the colonial military.

In these years, using specially equipped Fords, the English officer Major RALPH ALGER BAGNOLD (1896-1990), and his companion explored enormous tracts of the Libyan Desert (Fig. 3). Despite special efforts they could not find the lost oasis. On the other hand, these expeditions' routes provided important geographical information and the route surveys became the basis of further cartographic works *[Bagnold, 1931]*.

The systematic exploration and mapping of Egypt started with the establishment of the Geological Survey in 1896. The survey of the desert had become important for military reasons and the Egyptian great oases were mapped first. A separate Desert Survey department was founded in 1920. In 1926 a member of the department, PATRICK ANDREW CLAYTON (1896-1962), was sent to the Western Frontier Demarcation Commission to demarcate the international boundary line between Egypt and Tripolitania together with the Italian commission. He used light cars and a radio receiver for fixing the astronomical points. The expedition reached a point some 350 kilometers due south from the coast of the Mediterranean on the 25th meridian which represented the international boundary in the Great Sand Sea. At about at the same time, the southern border between Egypt and Sudan was surveyed by HUGH JOHN LLEWELLYN BEADNELL (1874-1944). The triangulation network in the Nile valley was extended to the desert along the international borders. However, actually only smaller areas were surveyed by topographical methods, so the route surveys still remained the primary reliable sources for the mapping of the remotest desert.

The Zerzura Quest

LÁSZLÓ EDE ALMÁSY (1895-1951, Fig. 4) came from a noble but untitled Hungarian family. His father explored inner Asia during the early twentieth century, collecting birds and wildlife specimens. LÁSZLÓ expressed an early interest in modern technology, especially motorcars and airplanes. He attended a private boarding school in England, where he obtained a pilot's license. As a representative of an Austrian company (*Steyr Automobilwerke*, Graz, Styria), ALMÁSY test-drove a car along the Nile from Alexandria to Sudan in 1926. In 1929 he journeyed across east Africa, the Sudan, and Egypt, using two *"Steyr XX"* motorcars. This 12.000-kilometer trip was a turning point in his life, because he rediscovered an old caravan path – the Darb el Arbain, or Road of Forty – the ancient trade route connecting Egypt and inner Africa *[Almásy, 1935]*. During the incredible journey a documentary film, *"Durch Afrika im Automobil" [Mayer, R., 1929]*, was made by the Austrian film maker RUDI MAYER (1903-1962). The forgotten material was discovered, restored and released in Vienna by his son, KURT MAYER (*1951) in 1997.

During this expedition ALMÁSY fell in love with the immense wasteland of the Sahara. Crossing the sands of Libya, he heard old-timers tell legends of lost oasis of

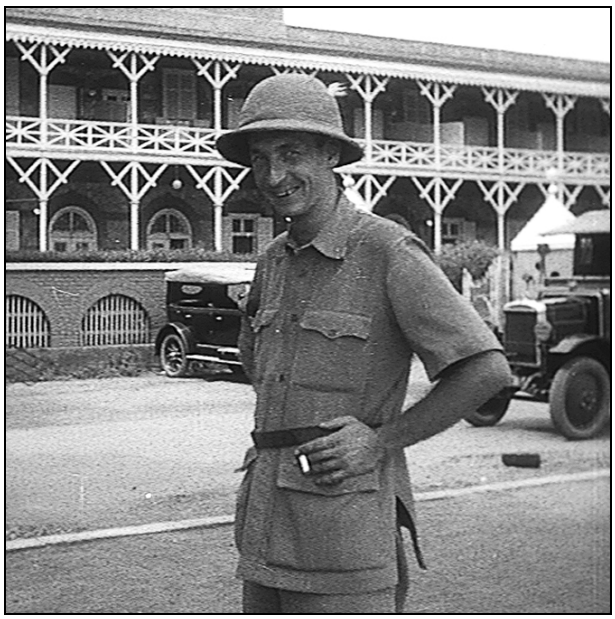


Fig. 4: *LÁSZLÓ EDE ALMÁSY in Khartoum, Sudan, in 1929.*
[Photo from the 1929 documentary film "Durch Afrika im Automobil", courtesy of KURT MAYER]

Zerzura, which particularly lured ALMÁSY. *"Kitab al Kanuz"*, or *"Book of Hidden Pearls"*, a medieval Arabic manuscript written for treasure hunters, explicitly mentions the place. It was said to be situated in the heart of the desert, guarded by a white bird. Only a brave man could enter the secret village, full of gold and treasures. In the palace he would find a sleeping queen, who could be awakened by a kiss.

By the time ALMÁSY entered the world of Zerzura seekers in the early 1930s, only the innermost section of the Libyan Desert had remained unmapped. Automobiles made it possible to explore those unknown territories, which were earlier out of camel range. In 1929 a group of intrepid desert explorers, mostly British colonial and military officers, founded the *"Zerzura Club"* in a pub in Wadi Halfa, Sudan. This was a very special gentlemen club, the members of which were all hunters for the lost oasis. It is remarkable how much importance was attributed to the question of Zerzura in the *"Geographical Journal"*, and to what extent the romantic spirit of exploration influenced expedition and intelligence work in the region.

As an acknowledged and experienced desert explorer ALMÁSY was the only non-British person invited to join the Zerzura seekers. He spoke six languages, including Arabic, and was welcome in the Egyptian court as well, where Prince KEMAL EL DIN acted as his patron. After consulting scientific reports, maps, and historical documents, and conducting interviews with natives, he concluded that the three valleys of the lost oasis should be somewhere in the unexplored Gilf Kebir region.

In 1931 ALMÁSY, accompanied by count NÁNDOR ZICHY (*1907), attempted to use his light aircraft to do reconnaissance, but they crashed on their way by Aleppo in Syria. In 1932 a young English baron, Sir ROBERT ALAN CLAYTON EAST-CLAYTON (1908-1932), joined ALMÁSY's quest with his light plane. Wing-Commander HUBERT WILSON GODFREY JONES PENDEREL (1890-1943) of the *Royal Air Force* and PATRICK CLAYTON (1896-1962) of the *Desert Survey*, were the other British members. On April 27, 1932 ALMÁSY undertook a dangerous trip across unknown territory west of Gilf Kebir to fetch water and petrol from the nearest oasis, Kufra. His arrival surprised the Italians who had captured the oasis and occupied the territory the year before, in 1931. ALMÁSY left Kufra on the following day with his cars loaded with water, petrol, food and some bottles of Italian wine. In the camp he learnt that his companions' April 28 reconnaissance flight was successful in that they saw a huge valley with green vegetation, which meant that they had found *"Zerzura"*. On May 1 they also located another wadi, east of this large valley. However, despite ALMÁSY's efforts, they could not find an entrance to the valley. The expedition eventually ran out of petrol and water and had to return to Cairo, where they announced the discovery of the lost oasis.

By 1933 ALMÁSY lost his supporters just as the desert race was heating up. Both Prince KEMAL EL DIN and Sir CLAYTON died in 1932. His rival, PATRICK CLAYTON of the *Desert Survey*, while surveying the Great Sand Sea could make a detour and reached the Gilf Kebir from the north. He found the entrance to the main valley, Wadi Abd el Malik, and explored it. He then proceeded to the Kufra Oasis, where he met Lady DOROTHY CLAYTON (1906-1933), Sir CLAYTON's young widow, who joined his expedition. Meanwhile, ALMÁSY was having difficulty raising money and his international expedition did not set out until March 1933. The members of this expedition were Wing-Commander PENDEREL *(RAF)*, the Austrian journalist ARNOLD HOELLRIEGEL (1883-1939 – penname, actually RICHARD BERMANN), HANS CASPARIUS (1900-1985 – a German photographer), and Dr. LÁSZLÓ KÁDÁR (1908-1989 – a Hungarian geographer). BERMANN wrote a fascinating book about this expedition and the legendary *"Zarzura"* became known in German literature in 1938 *[Hoellriegel, 1938]*. ALMÁSY's name became better known (LADISLAUS E. ALMÁSY) in 1939 when the German edition of his book was published by the famous publisher *Brockhaus* in Leipzig *[Almásy, 1939]*.

They mapped the southern and eastern sides of the Gilf Kebir and on April 17 ALMÁSY's expedition arrived at Kufra again, just missing the expedition of PATRICK CLAYTON and Lady CLAYTON which had left on the same morning. The CLAYTON expedition left a note reporting that together they explored and surveyed a second valley, Wadi Hamra. ALMÁSY did not give it up and he managed to get information from a native Tebu guide about the third, undiscovered wadi. ALMÁSY led his expedition to the western side of the Gilf, where he discovered Wadi Talh. With the three valleys discovered, ALMÁSY could finally draw Zerzura on the map (The contemporary explorers, especially BAGNOLD, however, did not agree and considered Zerzura a legend). After this success, they visited the Uweinat Mountains, south of the Gilf Kebir, where ALMÁSY discovered prehistoric rock paintings in a small cave above a well, known as Ain Dua. The pictures showed antelopes, giraffes, and even swimmers, which convinced ALMÁSY that the Sahara had not always been a desert. The rock paintings were a scientific sensation and perhaps the most important result of ALMÁSY's work.

Cartographic Intelligence from Public Sources?

How the group of Italian military sketches and maps relates to this historical overview? As it was mentioned above, the current inventory numbers may reflect the original arrangement of the sheets. As we will see in this part of the paper this arrangement may have followed the chronology of the exploration of the Kufra

region. It is suggested here that the whole material was made in a relatively short period when the exploration and mapping of the southern Libya became an important task. As Kufra was occupied in 1931 it is not surprising that the following exploration of the area was not yet completed when the topographical survey of the colony was also extended to the new Italian territories. For the importance of topographical maps was high and the request was urgent any possible source was considered by map editors, and for a short period the material they used also served the military and colonial authorities. Exactly this *transitional period* can be better understood by the study of the material in Budapest.

The first item in the list, the hand coloured map (Map 1 – Fig. 5) in the group illustrates Dr. JOHN BALL theory, based on his observations and measurements of artesian water levels. It was published his influential paper, *"Problems of the Libyan Desert"*, in the June 1927 issue of *"The Geographical Journal" [Ball, 1927]*. For the next decade BALL would inspire explorers with the quest for the legendary *"Zarzura"* oasis. According to this theory an oasis could exist only in those unknown parts of the desert, where the water level is close to the surface. After analyzing the possibilities, he proposed the Selima Sand Sheet, west of Bir Terfauwi as the most possible location for the lost oasis. His ground water theory was confirmed in 1927-1928 by LLEWELLYN BEADNELL, from the *Desert Survey*, who triangulated and mapped large tracts west of Kharga Oasis in southern Egypt. In 1928 BEADNELL dig the new well of Bir Missaha (the Surveyors' Well) and found the depth of the water level according to BALL's theory.

On 22 April 1933 the intelligence officer sent a most confidential report from Kufra to the Italian Head Quarters. The expedition maps became primary sources for military and cartographic intelligence. There are paragraphs in the secret report which explicitly mention ALMÁSY's maps and demonstrate his rather odd attitude regarding intelligence. From the document it is clear that ALMÁSY gave his map, showing the route of the 1932 Almásy-Clayton expedition, to the Italians. Another note on cartography reads: *"Almasy promised to give me, before he left, a map of the waters (oases) of Egypt: of those of Cyrenaica and other reserved maps." [Török, 2009]*. This map could quite probably be Dr. BALL's map on the Egyptian subsurface water reserves, work of which a version appears on Map 1 in our group. As it is clear from its full title Map 1 is a reproduction of a manuscript copy of BALL's published map, which was coloured by hand.

The next four maps in the list make a subset as they are closely related and came from the same source. Prince KEMAL EL DIN's account on his expeditions (1925-28) in the French journal *"La Géographie"* included detailed maps showing the expeditions' routes in the unknown areas *[Kemal el Din, 1928]*. The maps in our group (Map 2, Map 3, Map 4 and Map 5) are all 1:500,000 route maps, constructed on the basis of the coordinates of expedition camps and other important features en route. These geographical coordinates were calculated from the results of astronomical observations by JOHN BALL (Fig. 6).

The almost empty map sheets with the plotted tracks look almost like sea charts as desert navigation and mapping in those days were quite similar to oceanic voyages and maritime exploration. It is highly likely that the map sheets in the group were copied from French originals. While the notes were translated into Italian, on some sheets French inscription (e.g. *"Echelles"*) remained. On Map 4 the inset map showing the arrangement of the original sheets suggests that they were all reproduced by Italian copyists. However, not all of them survived in the collection. As the maps are all undated, it is difficult to tell when these copies were made but, based on additional map content, one can make an estimated guess. On Map 3 we find *"Bir Messaha"*, an artificial well that did not exist before 1928. Given the related content and the uniform style of the maps mentioned above, it is highly probable that all these copies were made later than that date. In the title of Map 3 *("DESERTO LIBICO ...")* there is no direct reference to KEMAL EL DIN's expeditions, moreover, this map includes all notes and geographical names are in Italian (e.g. *"Pozzo di Messaha"*), while the information included reflects the accounts of British expeditions south of the Gilf Kebir *[Bagnold, 1931]*, so this single work may be made a little later (c. 1931).

In the group of manuscript maps, a small offset sheet (Map (I)) is the only printed work. Considering that the track of the BREZZI expedition is indicated on Map 6, the manuscript was made after the mission's return from Kufra in 1928 or shortly after that date. The same map was enclosed as Table II *("Tav. II")* to the detailed reports on the explorations in the Kufra region in *"Bollettino Geografico"* No. 12, published by *Governo della Cirenaica, Ufficio del Personale e degli Affari Generali, Servizio Studi* in September 1931. It is clear from the context that by this time BREZZI's sketch became outdated and was considered from historical point of view.

Map 6 can be also considered in the same context as it represents the routes of previous expeditions, from ROHLFS' 1879 track to the 1928 route of the Brezzi mission. It is apparent that this map was made to show the exploration of the Kufra region, and this purpose is what its title *("Cúfra")* proves. Research in the map collection of the *Istituto Geografico Militare (IGM)* in Florence uncovered a slightly different printed map *[IGM, Cartoteca, No 4818]*, which could be a version of the reproduction we have in Budapest. The printed map was published in October 1926 by the *Governo della Cirenaica, Ufficio Studi*. It shows the desert traverses of the expeditions by different line symbols in red, but the last

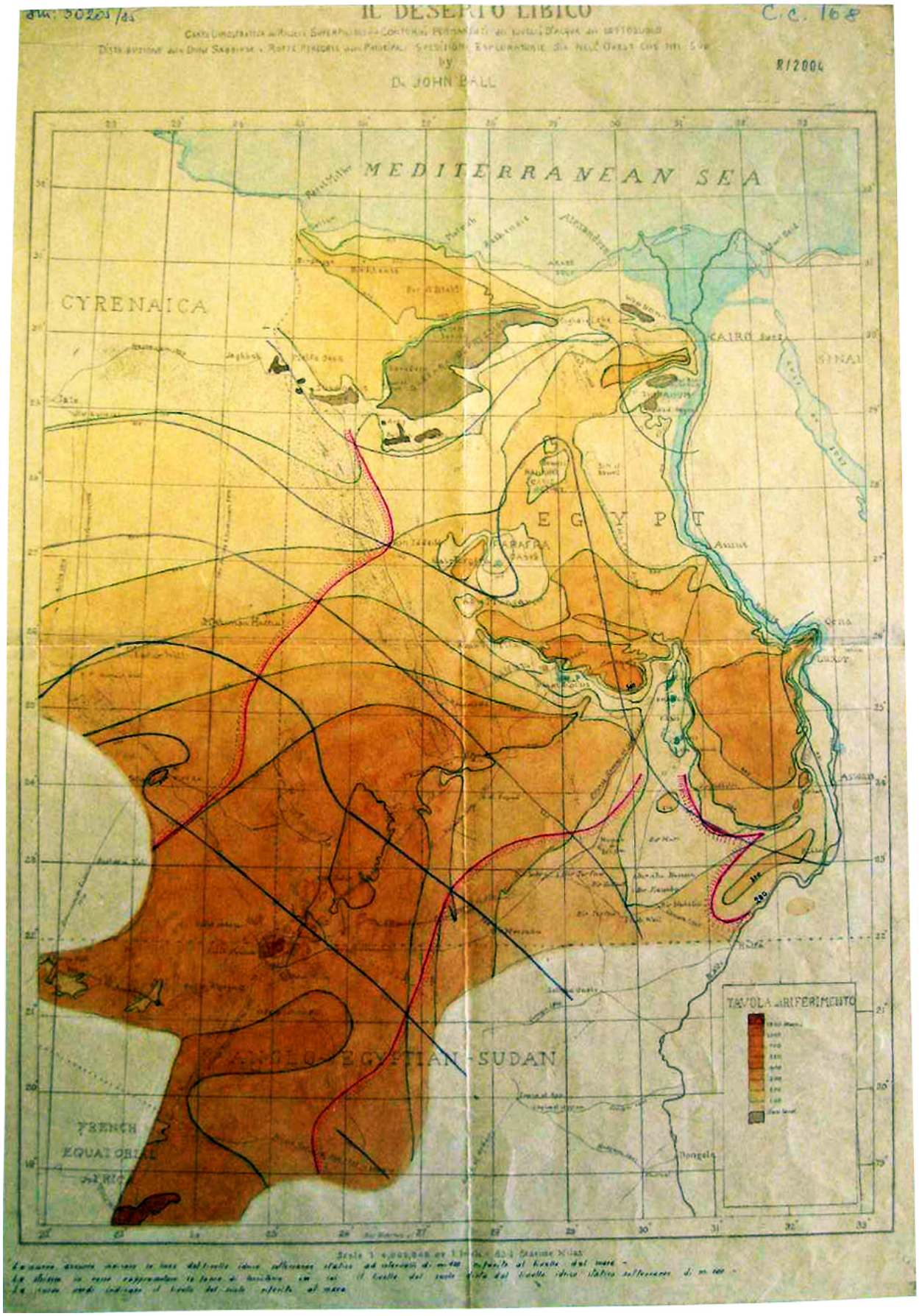


Fig. 5: *Reproduction of the Italian manuscript copy of* BALL*'s map of the artesian water (*Map 1*). Hand coloured photographic reproduction [Author's photo].*

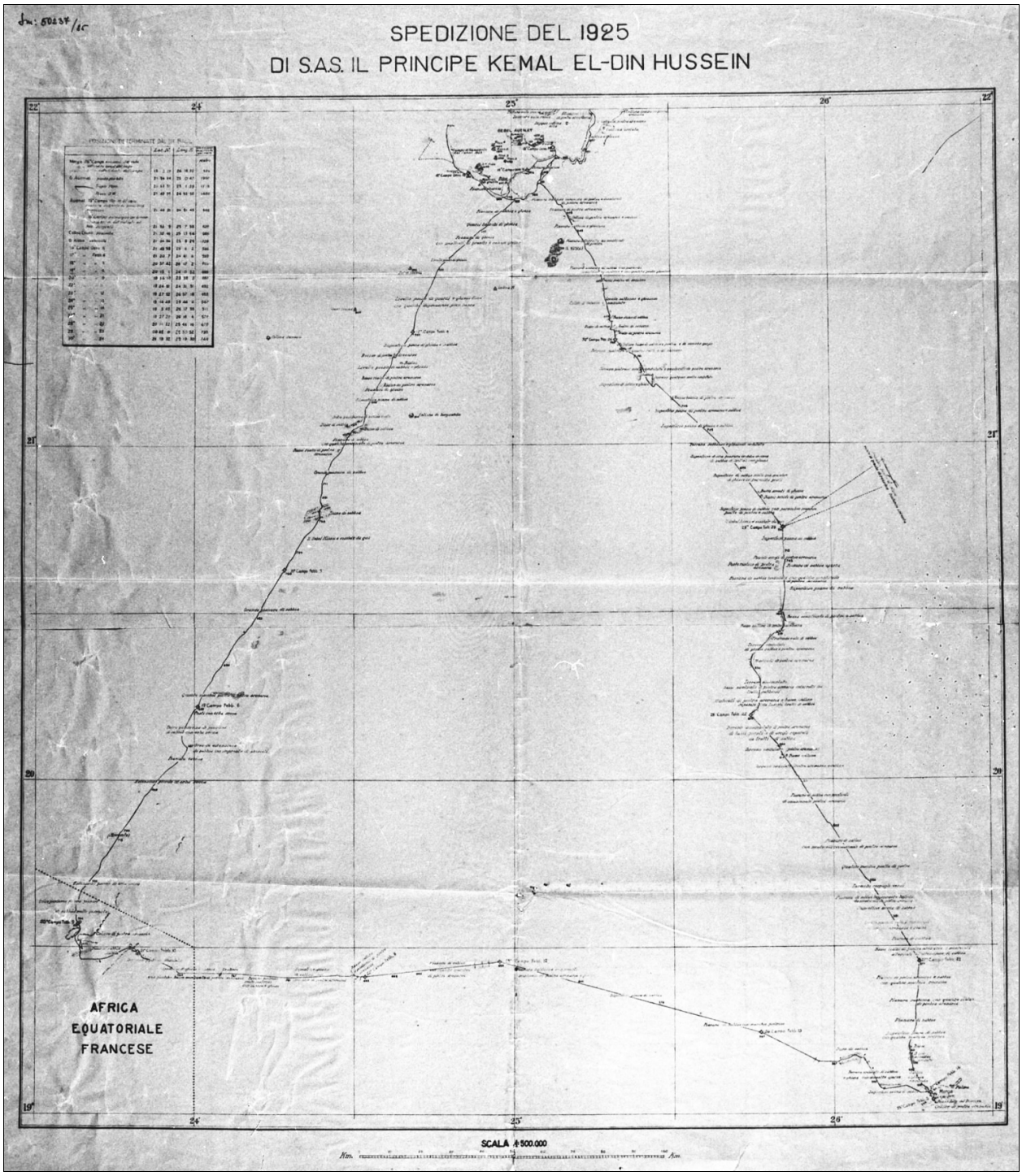


Fig. 6: *The route of KEMAL EL DIN's 1925 expedition.*

track represented there is the military mission of Capitano MASSIMO ADOLFO VITALE (1885-1968) in 1927 and not BREZZI's route from the following year. The base map and the scale are the same, so we can consider our *Map 6* as a slightly later, modified version of the printed one, which was made certainly after BREZZI's return and shortly before or after Kufra's Italian occupation in 1931.

Route Surveys

As the title of Map 7 *("ESPLORAZIONE DELL' OVEST DEL GILF KEBIR")* suggests it is a typical expedition map. At the scale of 1:1 million the outlines of the Gilf Kebir plateau are well represented, and the successive routes of the expeditions (1926 KEMAL EL DIN, 1931 CLAYTON and 1932 ALMÁSY / CLAYTON) are prominently shown. The significance of ALMÁSY's work is

apparent here: his name appears five times (!) on different tracks, including the one leading to Kufra. The explorers' tracks run close, and sometimes cross the 25th meridian, the border between Egypt, under British protectorate, and Cyrenaica, an Italian colony. The georeferenced image in *Google Earth* (see Fig. 7) demonstrate the overall reliability of the sketch based on the Almásy-Clayton expedition's route survey.

Map 7 is an Italian copy of the 1932 expedition map, but there are no secrets or espionage behind this map. It is actually a reproduction of a copy of the expedition map of the Almásy-Clayton expedition, published in *"The Geographical Journal"* in 1933 *[Clayton, 1933]*. The geographical name *"Kufra"* on the map is most telling evidence for the procedure: Kufra is the geographical name used in English (or in German) publications, while the Italians called it *"Cufra"*.

Towards 'topographic' maps

The expedition map above was an important source material for making the last, and most remarkable map in the group. This large sheet, titled *"KUFRA, AUENAT, GILF EL NEBIR"* (Map 8) is actually a compilation. The actual procedure was reconstructed and described earlier *[Török, 2009]*. The map is on two sheets, which were pasted together. The upper and the lower parts do not match perfectly, as if they were put together from two different parts. This is indeed the case as the map we have is actually a copy of BAGNOLD's expedition map published in *"The Geographical Journal"* in 1931 *[Bagnold, 1931]*.

While the original, drawn at the *Royal Geographical Society* in London, was published in two sections, these were rearranged here and put together to form a 1:1 mil lion scale map sheet. The original work included a smaller scale general map, which showed expedition routes and proper coverage of the sections. The inset map placed in the left bottom corner proves that BAGNOLD's map was used as basis for this work. The compilation of the map was done by a skilled cartographer who used additional sources as well; one of them was certainly the map of the Gilf Kebir (Map 7). The representation of the plateau is directly taken from the map of the 1932 Almásy-Clayton expedition. This addition extended the coverage of the base map; consequently the compilation could include not only the oasis Kufra, but also the Italian territory south of the oasis. The importance of the Uweinat is emphasized by the Egyptian-Libyan international border dividing the mountain.

As we demonstrated earlier *[see Török, 2011]* this map is already related to another period of the surveying

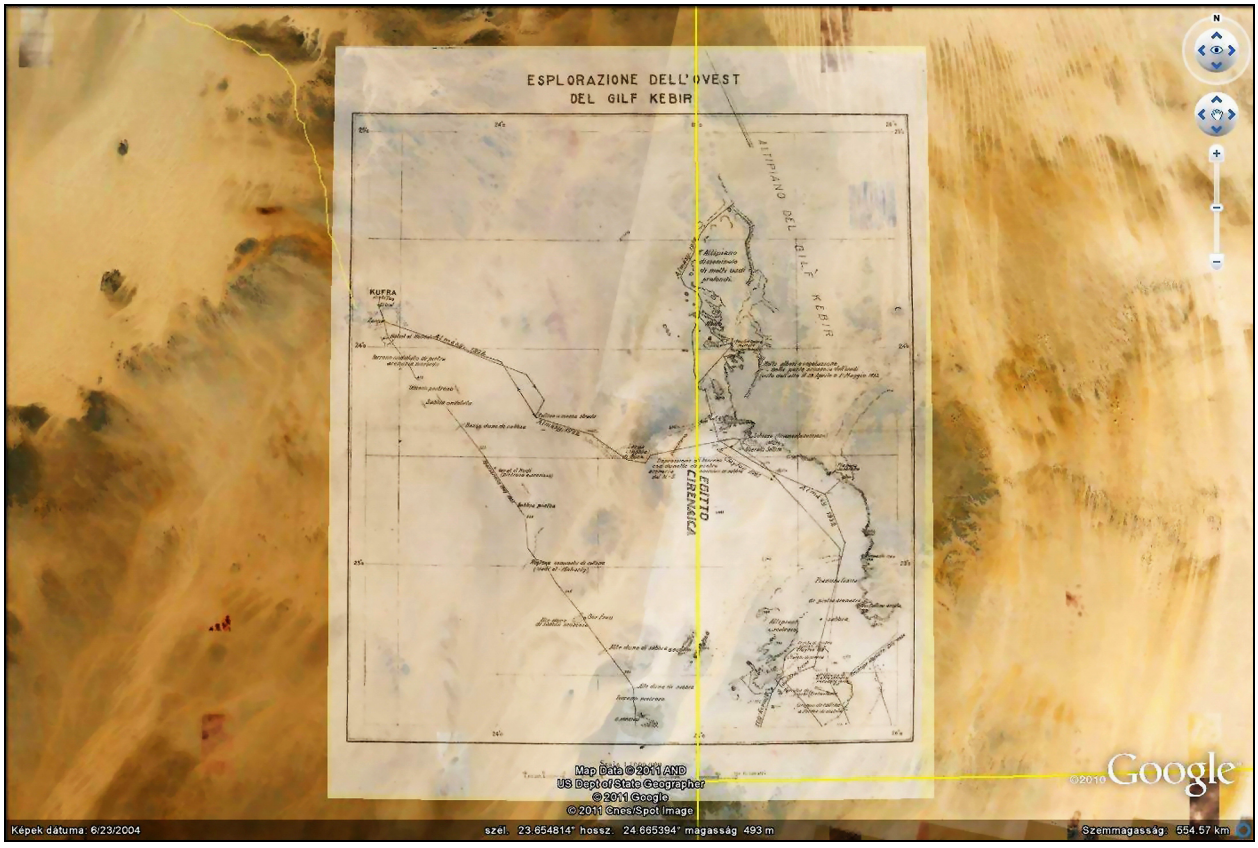


Fig. 7: *Explorations and route sourveys between the Gilf Kebir, Egypt and oasis Kufra, Lybia on* Map 7. *To demonstrate its reliability the georeferenced map image was visualized in Google Earth.*

and mapping of the Kufra region, which was dominated by Italian military cartography. This started with the occupation of the oasis in 1931 and was followed with the expansion of the Italian military region into the southern desert region and, eventually, this led to the Italian-British international border conflict in the Uweinat mountain in 1933.

Conclusions

Instead of describing and analyzing each map in the group separately, I include all of them in a narrative and provide an historical overview of the exploration and mapping of the region. I would like to explain how different stages of the same history are documented on individual maps, and how the related collection of material, the group itself, documents a crucial historical period during the 1930s. In the concluding part of my paper I show some of the consequences of the cartographic work the group of maps represents, namely the compilation of Italian topographic maps in the 1930s.

The Libyan Desert became a huge battlefield in World War II, but the war in the inner desert was perhaps the scene of the most unusual operations, executed by special military forces. The activities of these forces highly depended on desert experts and the reliability of maps. The Hungarian ALMÁSY served as a desert adviser to General ERWIN ROMMEL (1891-1944) in North Africa. Among other missions he led the covered German military *"Operation Salaam"*[3] in 1942. At the same time his former British companions worked for the special unit Long Range Desert Group in the Allied Forces. The military operations in the desert demonstrated the importance of reliable topographic maps. Even the most excellent expedition cartography could not provide more than *"linear topography" [Eckert, 1921, p. 241-249],* and the remaining blank spots on the topographic maps offered plenty of spaces for the unexpected on both sides of the frontier.

Bibliography

Almásy, László [1935]: Az ismeretlen Szahara. A magyar földrajzi társaság könyvtára szeekeszti Cholnoky Jenő. Franklin - Társulat, Budapest, 216 p.
http://mek.niif.hu/07600/07650/pdf/szahara1.pdf (part 1)
http://mek.niif.hu/07600/07650/pdf/szahara2.pdf (part 2)
last access: January 26, 2012.

Almásy, László [1936]: Récentes explorations dans le Désert Libyque (1932-1936). Publications de la Société royale de géographie d'Égypte. Schindler, Cairo, 97 p.

Almásy, László [1939]: Unbekannte Sahara. Mit Flugzeug und Auto in der Libyschen Wüste. Brockhaus, Leipzig, 214 p.

Almásy, László [1997]: Schwimmer in der Wüste. Auf der Suche nach der Oase Zarzura. Reprint of the 3rd edition of 'Unbekannte Sahara' from 1939. Haymon, Innsbruck, 253 p.
ISBN 3-85218-248-4

Bagnold, Ralph Alger [1931]: Journeys in the Libyan Desert 1929 and 1930. A paper read at the evening meeting of the society on 20 April 1931. In: The Geographical Journal, Vol. 78, No. 1, Oxford, p. 13-39 and Vol. 78, No. 6, pp. 525-535.
ISSN 0016-7398

Ball, John [1927]: Problems of the Lybian Desert. In: The Geographical Journal, Vol. 70, No. 1, Oxford, pp. 21-38, No. 2, pp. 105-128 and No. 3, pp. 209-224.
ISSN 0016-7398

Bosse, Heinz [1953]: Kartentechnik II. Vervielfältigungsverfahren. Ergänzungsheft 245 zu Petermanns Geographischen Mitteilungen. 2nd edition, VEB Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha, 226 p.
ISSN 0138-3094

Brunner, Kurt [2004]: Expeditionskartographie unter besonderer Berücksichtigung der Polargebiete. In: *Kainz, Wolfgang / Kriz, Karel / Riedl, Andreas (Eds.):* Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Vol. 16. Institut für Geographie und Regionalforschung, Kartographie und Geoinformation, Wien, pp. 25-34.
ISBN 3-900830-54-1

Clayton, Patrick A. [1933]: The Western side of the Gilf Kebir. In: The Geographical Journal, Vol. 81, No. 3, Oxford, pp. 254-259.
ISSN 0016-7398

Eckert, Max [1921]: Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft. Vol. 1. Walter de Gruyter, Berlin / Leipzig, 640 p.

Governo della Cirenaica, Ufficio Studi (Ed.) [1926]: Cúfra (El-Cafra), Itinerari dei viaggiatori altraverso il Deserto Libico, 1:2,000,000.
[Istituto Geografico Militare (IGM), Florence, Cartoteca, No 4818]

Governo della Cirenaica, Ufficio del Personale e degli Affari Generali, Servizio Studi (Ed.) [1931]: Territorio di Cufra – dati forniti dal Cap. Medico Dott. Brezzi, 1:200,000. In: Bollettino Geografico, No. 12, Benghasi, Tav. II.

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Salaam
last access: April 11, 2012.

G. R. [1934]: La spedizione Almásy-Penderel nel Deserto Libico. In: Bollettino della Reale Società Geografica Italiana, serie 6, vol. 11, anno 71, Aug-Sept. 1934, Rome, pp. 578-580.
ISSN 0037-8755

Great Britain Army, Egyptian Expeditionary Force, Intelligence Section (Ed.) [1916]: Military Notes on Western Egypt. 3rd edition, Government Press, Cairo.

Hassanein Bey, Ahmad Muhammad [1925]: The Lost Oases: being a narrative account of the author's explorations into the more remote parts of the Libyan desert and his rediscovery of 2 lost oases. Century, New York / London, 363 p.

Hoellriegel, Arnold (= Bermann, Richard) [1938]: Zarzura, die Oase der kleinen Vögel. Die Geschichte einer Expedition in die Libysche Wüste. Orell Füssli, Zürich, 216 p.

Jordan, Wilhelm [1875]: Die geographischen Resultate der von G. Rohlfs geführten Expedition in die libysche Wüste. Oeffentlicher Vortrag, gehalten im Museum zu Carlsruhe, am 16. Dezember 1874. Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, series 10, issue 218, Lüderitz, Berlin, 32 p.

Kemal el Din, Hussein [1928]: L'exploration du desert de Libye. In: La Géographie, Bulletin de la Société de Géographie, Vol. 50, Paris, pp. 171-183 and pp. 320-336.
ISSN 1146-7541

King, William Joseph Harding [1913]: The Libyan Desert from Native Information. In: The Geographical Journal, Vol. 42, No. 3, Oxford, pp. 277-283.
ISSN 0016-7398
http://www.zerzuraclub.org/documentazione/thelibyandesert.pdf
last access: January 26, 2012.

King, William Joseph Harding [1925]: Mysteries of the Libyan desert. A record of three years of exploration in the heart of that vast & waterless region. Seeley Service, London, 336 p.

Mayer, Rudi [1929]: Durch Afrika im Automobil. Silent movie, 35 mm, black and white, 110 min.

Murray, Jeffrey S. [2009]: Blueprinting in the History of Cartography. In: The Cartographic Journal, Vol. 46, No. 3, Leeds, pp. 257-261.
ISSN 0008-7041

Rohlfs, Gerhard [1875]: Drei Monate in der libyschen Wüste. Mit Beiträgen von P. Ascherson, W. Jordan und K. Zittel sowie einer Originalkarte von W. Jordan. Expedition zur Erforschung der Libyschen Wüste unter den Auspicien des Chedive von Ägypten Ismael im Winter 1873-74, Teil 1. Fischer, Cassel, 337 p.

Rolle, Ottavio [1933]: Ricognizione zona a cavallo del 25ºmeridiano (adiacenze Gelf el-Chebir) eseguita del Magg. Rolle nel novembre 1932. In: Bolletino Geografico, No. 16, Benghasi, pp. 23-26.

Török, Zsolt Győző [1990]: Almásy László szerepe a Kelet-Szahara kutatásában. In: Földrajzi Múzeumi Tanulmányok, Vol. 8, Érd, pp. 21-26.
ISSN 0237-3483

Török, Zsolt Győző [1997]: Az ismeretlen Szahara magyar felfedezője, Almásy László. In: Földrajzi Közlemények – Geographical Review, Vol. 121 (45), No. 1-2, Budapest, pp. 77-86.
ISSN 0015-5411

Török, Zsolt Győző [1998]: Salaam Almásy. Almásy László életregénye [The biography of László Almásy]. Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE), Eötvös Kiadó, Budapest, 161 p.
ISBN 963-463-160-6

Török, Zsolt Győző [2004]: Der letzte österreichisch-ungarische Entdecker: László Almásy und die Expeditionskartographie der Libyschen Wüste. In: *Kainz, Wolfgang / Kriz, Karel / Riedl, Andreas (Eds.):* Aspekte der Kartographie im Wandel der Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Vol. 16. Institut für Geographie und Regionalforschung, Kartographie und Geoinformation, Wien, pp. 131-140.
ISBN 3-900830-54-1

Török, Zsolt Győző [2009]: The 'English' patient, fools, foxes and rats: exploration, mapping and war in the Libyan Desert. In: *Liebenberg, Elri / Demhardt, Imre Josef / Collier, Peter (Eds.):* Proceedings of the Symposium on the History of Cartography "Shifting boundaries: Cartography in the 19th and 20th centuries", Portsmouth University, United Kingdom, 10-12 September 2008. International Cartographic Association, ICA Commission on the History of Cartography, Pretoria, Article No. 19.
ISBN 978-0-620-43750-9
http://www.icahistcarto.org/images/utrecht/Torok.pdf
last access: January 15, 2012.

Török, Zsolt Győző [2011]: Crossing Borders: Cartographic and Military Operations and the International Borders in the Libyan Desert before WW II. In: *Ruas, Anne (Ed.)*: Advances in Cartography and GIScience. Volume 2. Selection from ICC 2011, Paris. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Subseries: Publications of the International Cartographic Association (ICA), Springer, Berlin / Heidelberg, pp. 187-206.
ISBN 978-3-642-19214-2

Wikipedia (Ed.) [2012]: Operation Salaam. Online-publication.
http://en.wikipedia.org/wiki/Operation_Salaam
last access: April 11, 2012

Author's address:

Ass.-Prof. Dr. Zsolt Győző Török, C.Sc.

Chair of the International Society of the History of the Map

Eötvös Loránd University, Faculty of Science, Institute of Geography and Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, Pázmány Péter sétány 1/a,
H-1117 Budapest

E-Mail: zoltorok@ludens.elte.hu

Web: http://lazarus.elte.hu/~zoltorok/

Walter M. Welsch

Das Juneau Icefield Research Program

Zusammenfassung

Angeregt durch die klimatologischen Arbeiten Prof. BRUNNERs, der in alten Karten und Gemälden ein „buntes Klimaarchiv" entdeckte, werden glaziologische Arbeiten der Jetztzeit beschrieben, die ebenfalls der Klimaforschung dienen. Gegenstand der Forschungen ist das Juneau Icefield im Südosten Alaskas. Das Eisfeld und das Forschungsprogramm mit geodätischen Beobachtungen, Massenbilanz- und Temperaturmessungen wird beschrieben. An zwei charakteristischen Gletschern werden Auswirkungen von Klimaänderungen exemplarisch aufgezeigt. Schließlich wird auf moderne raumbezogene Beobachtungsverfahren hingewiesen, die die Forschungen in der Zukunft prägen sollen.

Summary

Inspired by Prof. BRUNNER's climatological work, who discovered in old maps and paintings a „colorful climate archive" of the past, today's glaciological work describes the present and serves also the climate research. Subject of research in this article is the Juneau Icefield in Southeast Alaska. The Icefield and the research program there with geodetic observations, mass balance and temperature measurements will be described. On two examples of characteristic glaciers the effects of climate changes are shown. Finally, attention is drawn to modern spatial monitoring missions which should be applied to future research work on the Icefield.

1. Kurt Brunners klimabezogene Forschungsarbeiten

Prof. Dr. KURT BRUNNER hat sich als klassischer Kartograph intensiv mit historischen Karten beschäftigt. Aus meiner Sicht, der des Autors dieses Beitrages, sind vor allem diejenigen Karten von Interesse, die sich mit der Darstellung von Gletschern und ihren periodischen Änderungen beschäftigen, weil KURT BRUNNER hieraus Schlussfolgerungen über Klimaänderungen und Klimaschwankungen zieht, welche die gegenwärtige Diskussion um die globale Erwärmung in einen weiter gespannten, historisch nachvollziehbaren Rahmen stellen.

KURT BRUNNER hat sich schon frühzeitig mit der Darstellung von Gletschern in historischen und zeitgenössischen Karten beschäftigt. Bereits seine Dissertation ist ein Beleg dafür *[Brunner, 1977]*. Meist verbindet er die Untersuchung von Gletschern in historischen Karten mit einer Analyse ihrer Fluktuationen, wobei er sich nicht auf alpine Gletscher beschränkt, sondern auch außereuropäische einbezieht. Die Dokumentation von Vorstoß und Rückgang ausgewählter Gletscher ist zunächst eine geographisch-topographisch-kartographische Disziplin, ihre Einbettung und Begründung durch verursachende Wärme- und Kälteperioden eine Deutung des Phänomens, die umfassend Rückschlüsse auf Klimaänderungen zulässt. Karten – und seien sie aus heutiger Sicht technisch-kartographisch noch so einfach – sind ein hochentwickeltes Produkt. KURT BRUNNER geht deshalb der Frage nach, ob es nicht auch andere, nicht-technische Darstellungen gäbe, die Zeugnis von Klimaänderungen geben könnten. Fündig wurde er, als er historische Landschaftsbilder und Druckgraphiken untersuchte, die ihm zu Klimazeugen wurden. Die Ausweitung seiner Untersuchungen auf Quellen der Kunst unterstützten so die Ergebnisse seiner kartographischen Erkenntnisse, so dass seine Feststellung, Kunst und Kartographie seien ein *„buntes Klimaarchiv"*, nahelag. Konkret konnte er den Wechsel und Wandel der Klimaepochen der auf das Pessimum der Völkerwanderungszeit folgenden mittelalterlichen Wärmeperiode, die von der „Kleinen Eiszeit" beendet wurde, und die seit Mitte des 19. Jahrhunderts anhaltende Wärmeepoche aus Kunst und Kartographie rekonstruieren und belegen (Abb. 1).

2. Meine Verbindung mit Kurt Brunner

Ich kenne KURT BRUNNER schon seit den sechziger Jahren, als er an der Technischen Universität München studierte und ich am Geodätischen Institut als Assistent arbeitete. Später haben wir für die Kartographie des Deutschen Alpenvereins und in der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung zusammengearbeitet und waren mehr als 20 Jahre Kollegen im Studiengang Vermessungswesen an der Universität der Bundeswehr München. Für die gletscherbezogenen Forschungsarbeiten von KURT BRUNNER interessiere ich mich, weil ich in Zusammenarbeit mit der University of Idaho, Moscow, Idaho, in der Zeit von 1981 bis 2001 an Untersuchungen eines der größten vergletscherten Gebietes außerhalb Grönlands und der Antarktis beteiligt war, deren Ziel es ist, Auswirkungen von Klimaänderungen auf dieses Eisgebiet, das Juneau Icefield in Alaska, fest-

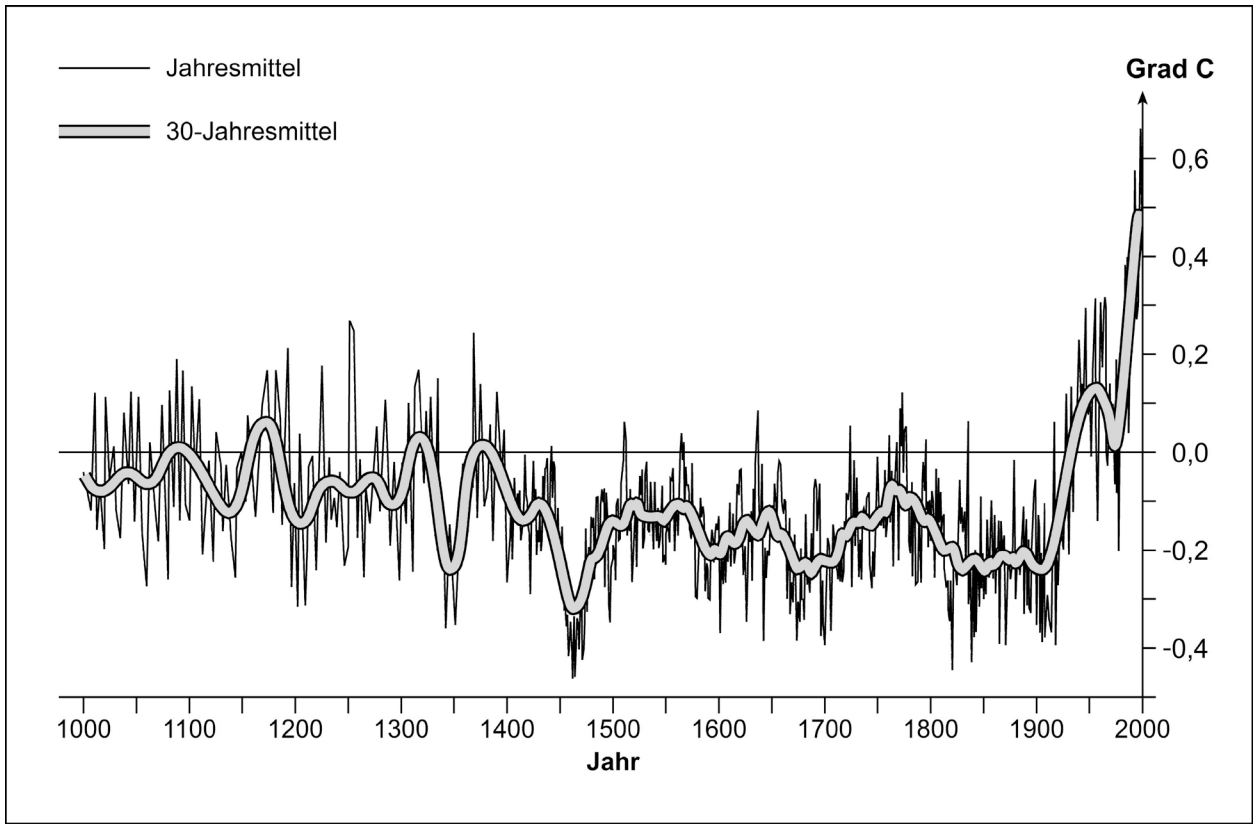


Abb. 1: *Klimaverlauf des letzten Jahrtausends auf der nördlichen Hemisphäre: Temperaturabweichungen vom Mittelwert aus den Jahren 1961-1990 [Brunner, 2007, S. 66].*

zustellen. Freilich lassen die Untersuchungen keine langfristigen Schlussfolgerungen zu, da sie zwar schon über ein halbes Jahrhundert regelmäßig durchgeführt werden, dennoch aber viel zu kurz sind, um Extrapolationen in die Vergangenheit oder Zukunft zuzulassen. Hinzu kommt, dass die geodätischen Messungen, die der Verfasser ausführte, erst seit der Nutzung des Global Positioning Systems (GPS) zu Beginn der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, also seit etwa 20 Jahren, hinreichende und zuverlässige Genauigkeiten aufweisen. Die geodätischen Messungen, vor dem Einsatz von GPS zunächst mit Theodolit und elektronischen Entfernungsmessgeräten ausgeführt, wurden und werden allerdings durch Massenbilanzuntersuchungen ergänzt, so dass dennoch einige Aussagen gemacht werden können.

3. Das Juneau Icefield in Alaska

Das Juneau Icefield liegt im Südosten Alaskas in der sogenannten Panhandle im Bereich von 58°20‘ und 59°30‘ nördlicher Breite und 133°40‘ und 135°20‘ westlicher Länge (Abb. 2a und 2b). Es erstreckt sich von der Alaska Coastrange hinein nach British Columbia und die Yukon Territories und umfasst eine Fläche von etwa 130 km x 65 km = 8.500 km². Die Expedition JIRP (Juneau Icefield Research Program), die alljährlich im Juli und August das Eisfeld im südlichen Teil von Juneau bis zum Atlin Lake auf einer Strecke von (Luftlinie) etwa 120 km durchquert, berührt allerdings nur einen Bereich in der Größenordnung von 2.000 km². Dieses Gebiet wird beherrscht vom Taku Gletscher-System (Abb. 3), das im Wesentlichen 13 einzelne Gletscher umfasst, die aus seinem Innern nach außen abfließen. Der Taku selbst, von der Kulminationshöhe des Icefields in nahezu 2.000 m Höhe bis zum Taku-Inlet reichend, ist mit einer Fläche von etwa 1.000 km², einer Länge von 60 km und einer Mächtigkeit von bis zu 1.500 m das Kernstück. Trotz seiner Größe und Mächtigkeit ist das Taku-System als Ganzes ein fragiles System, das wegen seiner geringen Meereshöhe empfindlich auf klimatische Änderungen reagiert.

4. Das Juneau Icefield Research Program

4.1 Der Beginn

Prof. Dr. MAYNARD M. MILLER, Professor der Geologie an der University of Idaho, der in diesem Jahr seinen 90. Geburtstag feiert, ist der Vater des Projektes *„JIRP“*. 1946 begann er in kleinem Rahmen seine Forschungsarbeiten. Seither waren tausende Forscher, Assistenten, Studenten, Schüler und freillige Helfer dort, um von dem und über das Eisfeld zu lernen. Seit 65 Jahren studieren sie das Verhalten des Eises, jeden Sommer kehren sie zu-

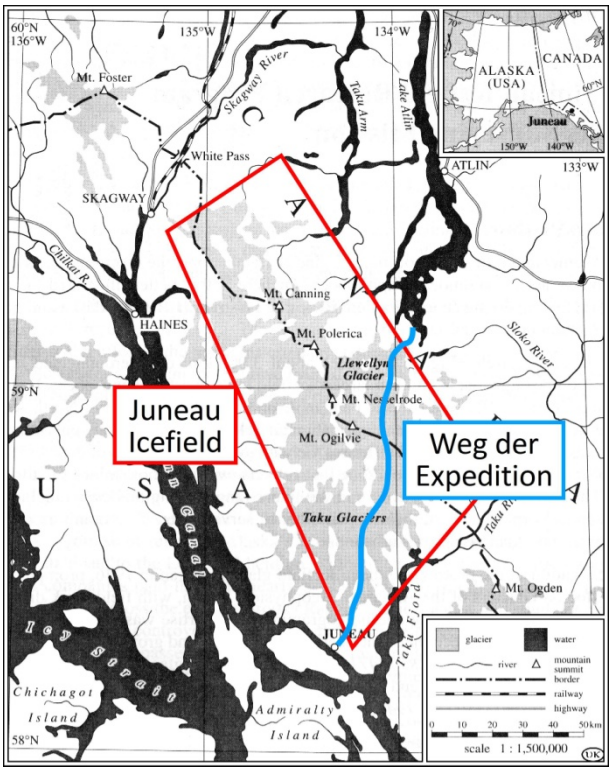


Abb. 2a: *Das Juneau Icefield in der Panhandle von Alaska [Miller, 1997, S. 28].*

Abb. 2b: *Das Juneau Icefield in einer Satellitenaufnahme [Knight, 2009].*

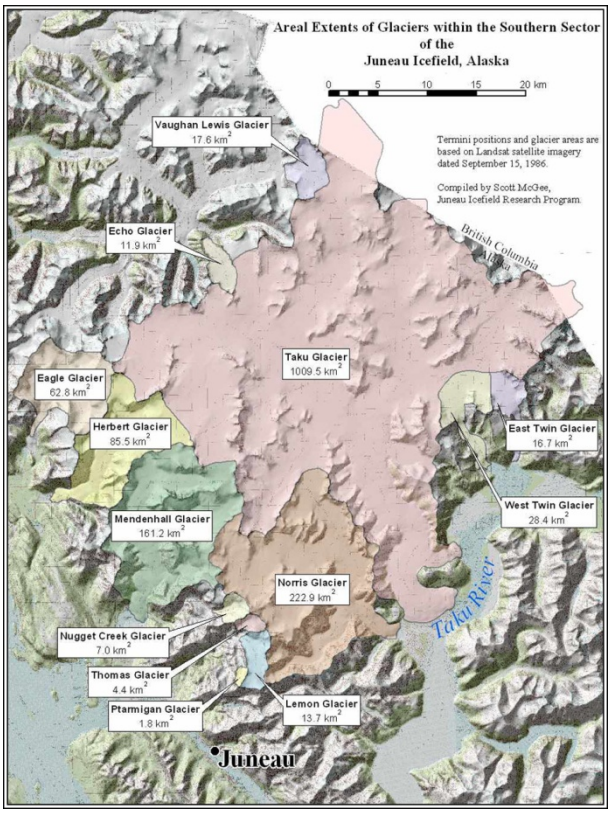


Abb. 3: *Das Taku Gletscher-System.*

rück, um in einer einzigartigen „Expedition“ zwei Monate lang ihren Forschungen auf diesem wissenschaftlich signifikanten Gletschergebiet nachzugehen. So entstand eine der längsten systematischen und inhaltsreichsten Informationsquellen über das Verhalten „alpiner“ Gletscher.

4.2 Der Umfang der Projekte

Unter Anleitung von Forschern aller Disziplinen, die zur Welt der Gletscher in irgendeiner Beziehung stehen – Glaziologen, Geologen, Meteorologen, Geodäten, Geophysiker, Botaniker u. a. – bearbeiten Studenten jeder Fakultät, jeden Alters und Ausbildungsstandes Projekte, die von ihren Betreuern definiert werden. Die Studenten und auch Schüler können Stipendien erhalten, um an dem nicht ganz billigen Unternehmen teilnehmen zu können. Die meisten Projekte wiederholen sich Jahr für Jahr, so dass eine lange Reihe von Beobachtungsdaten entstanden ist, die eine kontinuierliche Beobachtung der untersuchten Gletscher ermöglicht. Die Aufzeichnung meteorologischer Daten, Massenbilanzuntersuchungen und geodätische Messungen sind besonders hervorzuheben.

4.3 Die Durchführung: Wissenschaft und pädagogisch-soziales Netzwerk

Bevor jedoch Forscher ihre Daten auf dem Eisfeld erheben können, muss der Zugang zu ihm und der Aufenthalt auf ihm ermöglicht werden. Elf permanente Camps und eine größere Anzahl von saisonalen Lagern und Unterkünften sind dazu eingerichtet. Der Verkehr zwischen ihnen wird allerdings – allen High-Tech-Instru-

menten und Einrichtungen zum Trotz – auf Low-Tech-Basis aufrecht erhalten: Ski ist das häufigste Transportmittel für den Menschen. Die Versorgung erfolgt zumeist durch Hubschrauber und schneegängige Fahrzeuge. Da nicht alle, die aufs Eisfeld kommen, gute oder gar perfekte Skifahrer und -läufer sind und Gletschererfahrung mitbringen, ist die Ausbildung, sich sicher auf Ski und in spaltenreichem Gletschergelände bewegen zu können, eine der ersten Aufgaben jedes Sommers. Über das Vermitteln und Erlernen dieser alpin-technischen Fähigkeiten hinaus hat der Aufenthalt für viele eine wirkliche „erzieherische" Funktion. Sechs Wochen auf dem Eisfeld zu leben und zu arbeiten, verändert den Blick auf die praktischen Aspekte von Forschungsarbeiten für viele angehende Wissenschaftler und Forscher. *„Es ist ganz unglaublich, in dieser ursprünglichen, harschen und wilden Landschaft leben und arbeiten zu können"*, sagte ein kalifornischer „beach boy" und eine New-Yorker „Stadtpflanze" schloss sich dem an. Die Studenten und oft auch die „ausgewachsenen" Forscher übernehmen allgemeine Aufgaben, die Gemeinschaft zu versorgen. In wechselnder Zusammensetzung müssen jeweils einige von ihnen einen Tag lang eine Camp-Belegung von bis zu 40 Menschen mit Getränken und Mahlzeiten und „Tourenproviant" versorgen (einschließlich des „doing the dishes"), müssen Proviantlisten überwachen, ergänzen, verantwortlich führen und Nachschub bestellen, meteorologische Daten erheben, den Funkverkehr zwischen den Camps und dem Basecamp in Juneau aufrechterhalten, die für den Erhalt der Unterkünfte und Camps erforderlichen „working details" erheben, zur Bearbeitung verteilen und deren Ausführung überwachen, „field parties" sachbezogen zusammenstellen, an den Ort der Durchführung bringen, die Arbeiten überwachen, Berichte erstatten, Gruppen von sechs bis zehn Teilnehmern verantwortlich von einem zum bisweilen 40 km entfernten nächsten Camp führen, Biwaks organisieren und vieles anderes mehr. So nimmt es nicht wunder, dass eine Mutter nach Abschluss einer „field season" schrieb: *„Einen Buben habe ich Euch geschickt – einen Mann habe ich zurück bekommen!"*

5. Geodätische Aktivitäten

In diesem kleinen Bericht kann nicht auf alle Forschungszweige, die auf dem Eisfeld betrieben werden, eingegangen werden. Vielmehr beschränkt sich die Darstellung auf die geodätisch-glaziologischen Arbeiten, an denen ich mitgewirkt habe: vornehmlich die Beobachtung der Geschwindigkeit des Gletscherflusses und der Änderungen der Höhen von Gletscheroberflächen. Dabei werden hier nur die Beobachtungen und die daraus folgenden Ergebnisse von zwei sehr unterschiedlichen Gletschern in notwendiger Kürze beschrieben. Die geodätischen Ergebnisse werden durch Massenbilanzbeobachtungen ergänzt und in einen Zusammenhang mit Klimaänderungen gebracht. Im Bereich des „Global Warming" ist dies die ureigenste Aufgabe der Glaziologie, zu der die geodätischen Beobachtungen von Gletschern als Indikatoren des Klimawandels wichtige Informationen liefern.

5.1 Die geodätisch untersuchten Gletscher

Seitdem die Möglichkeiten des GPS-Systems eingesetzt werden konnten, werden vornehmlich Längsprofile, die sogenannten Longitudinals, entlang der Zentrallinien des Taku Gletscher-Systems (Abb. 4) beobachtet, mit dem Ziel, von Jahr zu Jahr auftretende Höhenänderungen zu ermitteln (Punktabstand 500 m). Mehrfach beobachtete Querprofile (Punktabstand 50-300 m) dienen der Ermittlung der Fließgeschwindigkeit, die am unteren Ende des Taku Gletschers die Größenordnung von 1 m/ Tag erreicht. Auch Strainraten werden ermittelt.

Die Fortschritte der GPS-Messtechnik (RTK – Real Time Kinematic) brachten es mit sich, dass etwa im Jahr 2010 in 26 Tagen 380 Profil-Kilometer gemessen werden konnten. Sämtliche Punktbeobachtungen werden seit 1992 in eine Datenbank eingepflegt, die insgesamt 5.500 Punkte und etwa 32.000 Koordinaten enthält. Die Datenbank wie auch alle Messergebnisse, Reports über die Arbeiten der einzelnen Jahre, Graphiken, Photographien u. a. sind zugänglich über http://crevassezone.org *[McGee, 1999-2009]*. Hier sei angemerkt, dass zwischenzeitlich alle Koordinaten aus den ursprünglich lokalen Koordinatensystemen in den Internationalen Terrestrischen Referenzrahmen ITRF überführt und an UNAVCO (University NAVSTAR Consortium), Boulder, Colorado, übermittelt wurden.

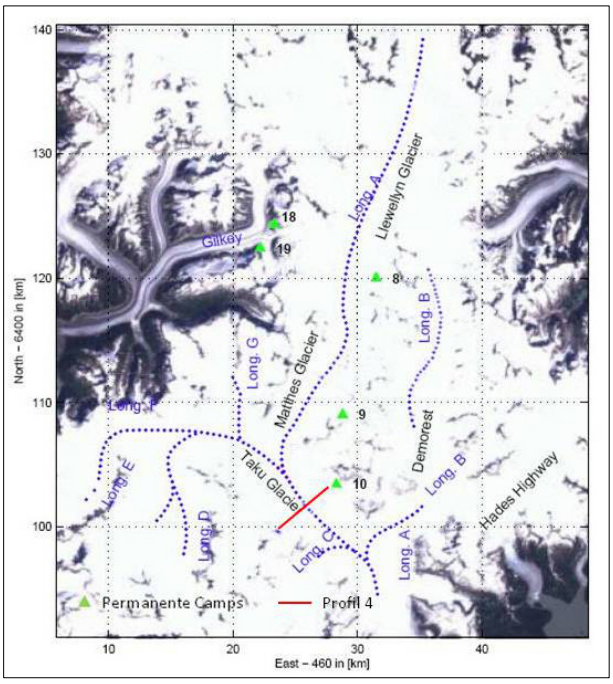


Abb. 4: *Die Längsprofile des Taku-Systems und das Querprofil 4*

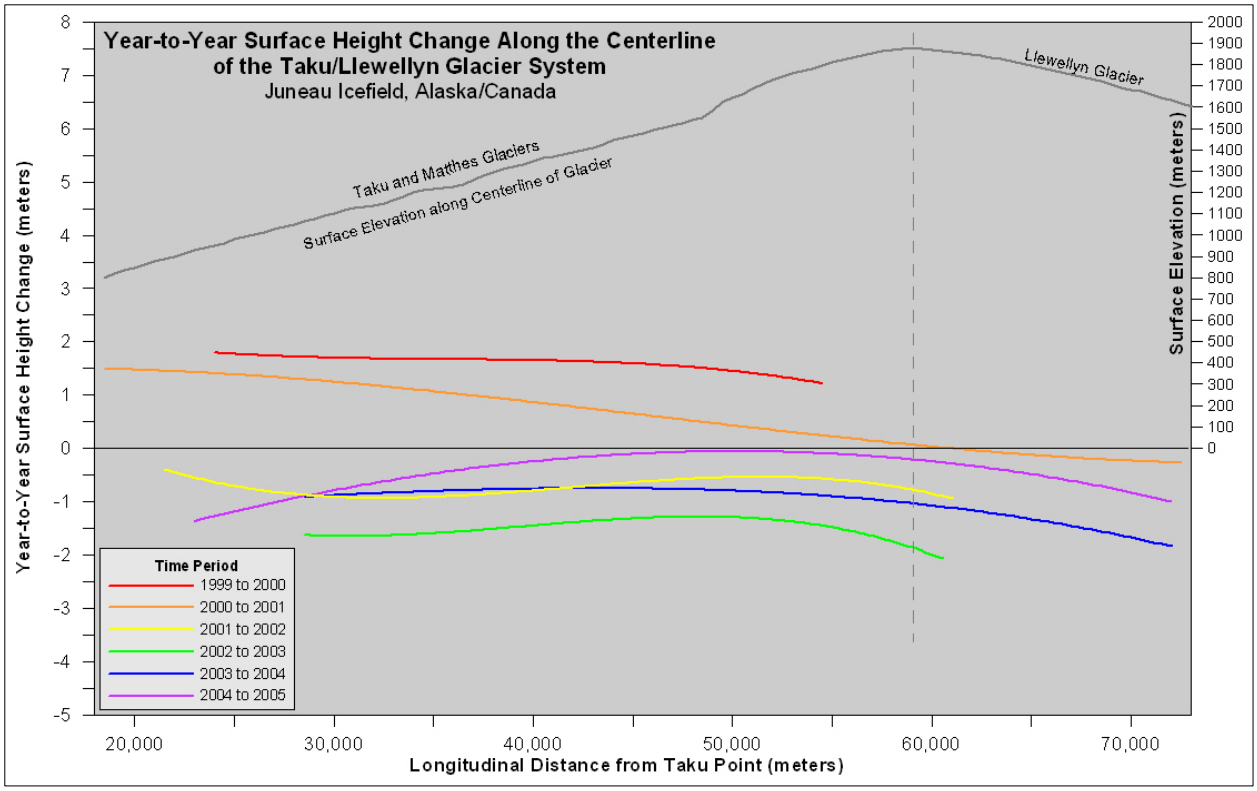


Abb. 5: *Höhenänderungen entlang der Zentrallinie des Taku Gletschers.*

Die auf der Zentrallinie des Taku Gletschers ermittelten Höhenänderungen sind in Abb. 5 dargestellt, aus der sich eine Höhenabnahme in der Zeit von 1999 bis 2003 von etwa 4 m ergibt. Ein entsprechendes Ergebnis zeigen die jährlichen Höhenmessungen der Punkte des etwa 4 km langen Querprofils 4, das bei Camp 10 den Hauptstrom des Taku Gletschers überquert (Abb. 6).

Trotz der negativen Höhenänderungen hat sich die in Meereshöhe befindliche Zunge des Taku Gletschers nicht zurückgezogen: Der mächtige Gletscher verliert an Dicke, nicht aber an Größe und Länge; insgesamt war die Massenbilanz bis 1988 stark positiv, resultierend in einem kräftigen Vorstoß (Abb. 8); seitdem ist sie jedoch schwach negativ *[Pelto / Miller, 1990]*, so dass der Vorstoß zu einem Stillstand kam.

Ganz anders als der (Post-)Tidewater-Gletscher[1] Taku verhält sich der Lemon Creek Gletscher, ein kleiner alpiner Gletscher am westlichen Rand des Eisfeldes. Er ist einer der neun amerikanischen Gletscher, die im Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957-1958 für das *„Global Monitoring Network“* ausgewählt worden waren. Der Lemon Gletscher liegt durchschnittlich höher als der Taku, dies gilt insbesondere für seine Zunge, besitzt aber nur etwa 1,3% der Größe des Taku Gletschers. Die Gletscherzunge hat sich seit 1953 um 800 m zurückgezogen. Die Höhe seiner Oberfläche nahm dramatisch ab, so dass sich die Dicke des Gletschers von 1955 bis 2009 um 25 m Wasseräquivalent änderte (Abb. 7).

5.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der geodätischen Beobachtungen werden ergänzt durch Untersuchungen zur Massenbilanz. Diese zeigen für beide Gletscher eine positive Korrelation mit der Temperatur, eine schwache jedoch mit Niederschlägen. Die langjährigen Beobachtungen ergeben auch eine Abhängigkeit von der Pacific Decadel Oscillation (PDO), einem langperiodischen, El Niño-ähnlichen Muster pazifischer Klima-Variabilität. Allerdings ist die des Lemon Gletschers wesentlich stärker als die des Taku Gletschers. Anders als die unmittelbare Reaktion des Lemon Gletschers auf Erwärmung in Südost-Alaska *(„Southeast Alaska Warming“)* zeigt der Taku Gletscher eine verzögerte Antwort infolge seiner Größe, des großen Verhältnisses AAR (Accumulation Area Ratio)[2] und seiner Tidewater-Glacier-Dynamik[3] *[Criscitiello et al., 2010]*.

[1] Ein Tidewater-Gletscher ist ein sogenannter kalbender Gletscher; der Taku-Gletscher besitzt diese Eigenschaft seit etwa 1988 nicht mehr.

[2] Die *„Accumulation Area Ratio“ (AAR)* ist das Verhältnis der Fläche des Akkumulationsgebietes am Ende der sommerlichen Schmelzperiode zur gesamten Gletscherfläche.

[3] Der *„Tidewater-Glacier-Cycle“* ist das typische langperiodische Verhalten von Tidewater-Gletschern, das aus wiederkehrenden Perioden von Vorstößen und schnellen Rückzügen, unterbrochen von stabilen Phasen besteht; die Perioden können viele Jahrzehnte, sogar Jahrhunderte lang sein; siehe auch *Wikipedia [2011]:* http://en.wikipedia.org/wiki/Tidewater_glacier_cycle. letzter Aufruf: 21.09.2011.

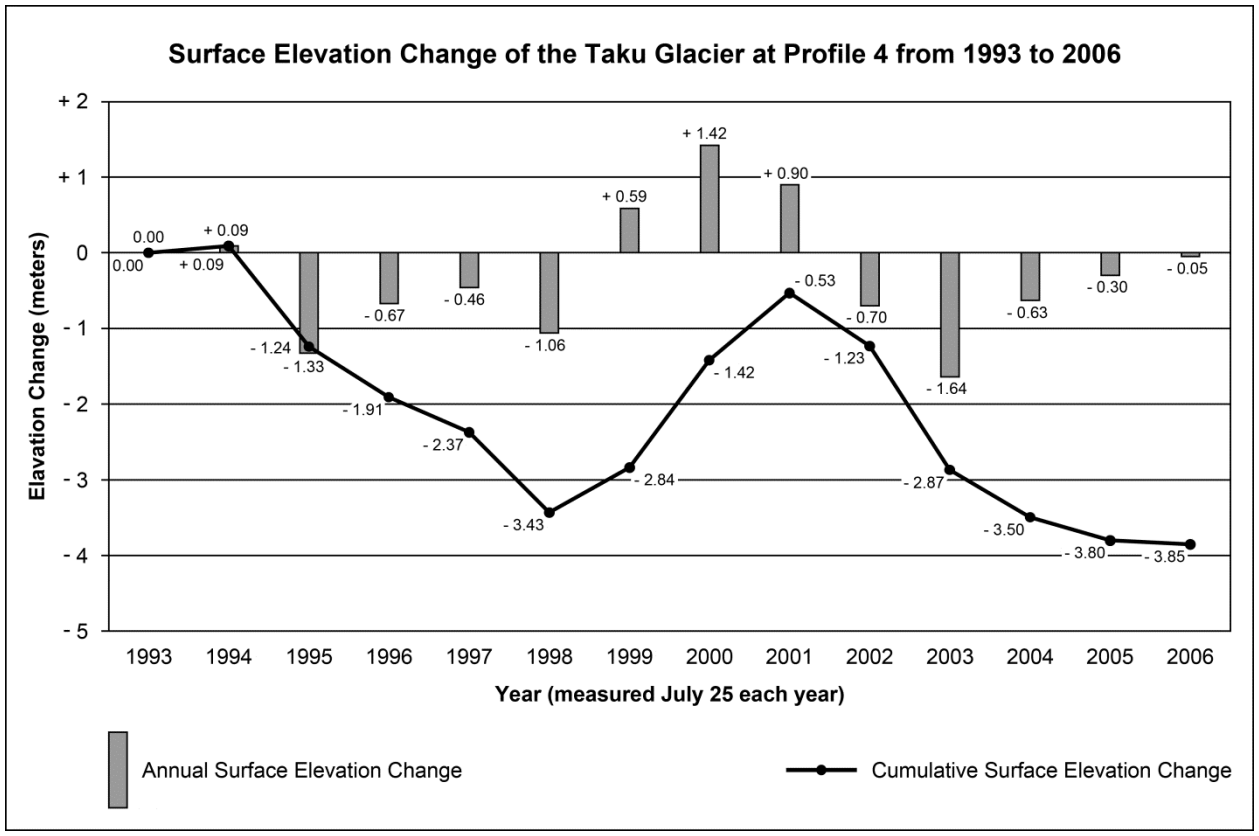


Abb. 6: *Änderungen der Höhe der Gletscheroberfläche des Taku Gletschers im Profil 4.*

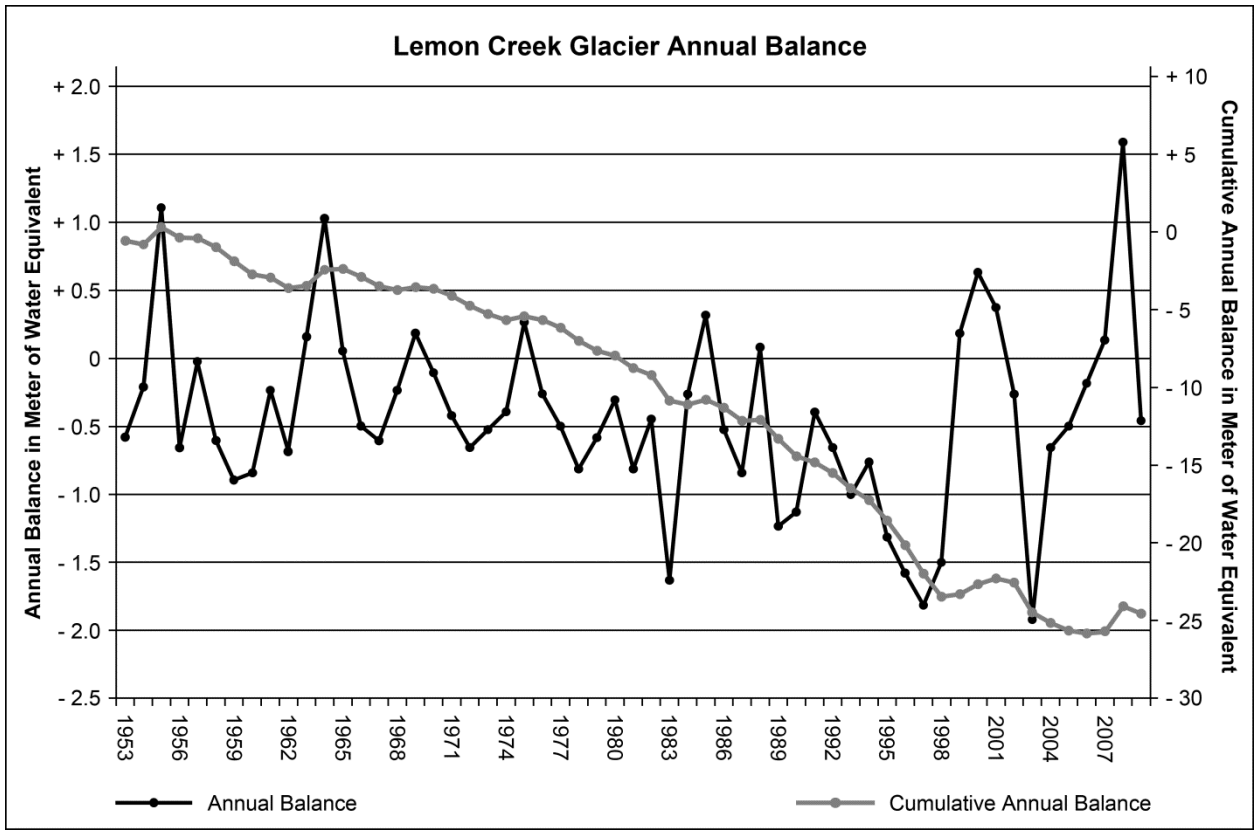


Abb. 7: *Höhenänderung des Lemon Creek Gletschers nach Miller / Pelto [2011].*

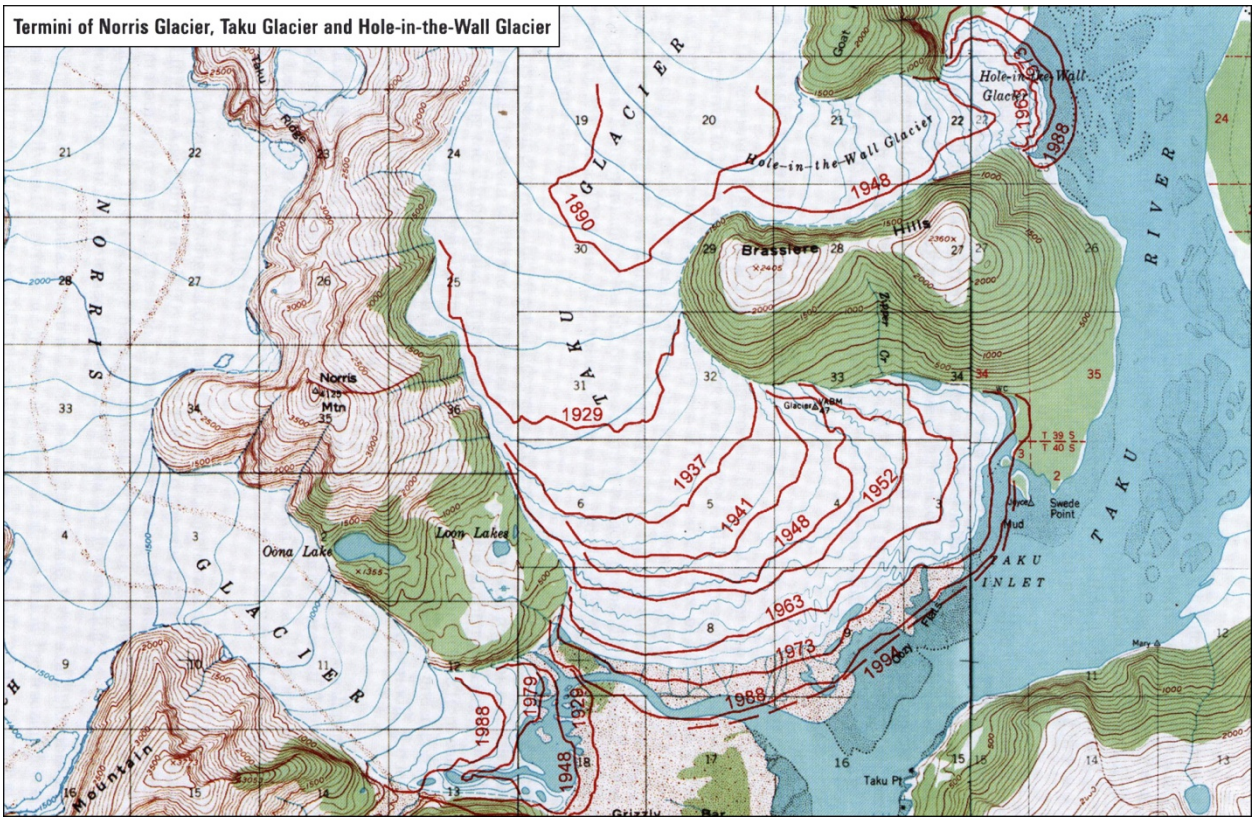


Abb. 8: *Vorstöße des Tidewater-Gletschers Taku im 20. Jahrhundert [Miller, 1997, S. 35].*

Alle diese Feststellungen zeigen, was natürlich und selbstverständlich ist, dass die charakteristischen Größen der beobachteten Gletscher von den sich wandelnden Klimaverhältnissen abhängen. Insbesondere der kleine alpine Lemon Creek Gletscher verhält sich nicht anders als viele vergleichbare Gletscher in den Alpen und weltweit, so dass zwar die Schlussfolgerung des Einflusses von Global Warming naheliegt, jedoch nicht übersehen werden darf, dass insbesondere beim Lemon Gletscher auch die Pacific Decadel Oscillation (PDO) ihre Wirkung ausübt. Beim Taku Gletscher andererseits mag die Tidalwater-Glacier-Dynamik, die den Gletscher in der Phase seines Vorstoßes und der des schnellen Rückzuges nicht sensitiv auf Klimaänderungen reagieren lässt, verhindern, dass sich Global Warming unmittelbar nachweisen lässt. Der Taku Gletscher ist der einzige Gletscher des Juneau Icefields, der seit Beginn des Juneau Icefield Programms (und auch schon früher, seit dem Ende des 19. Jahrhunderts) vorgestoßen ist (siehe Abb. 8).

6. Künftige Projekte

6.1 Klassisches Vorgehen

Die glaziologischen Beobachtungen des Juneau Icefields, insbesondere die der Temperatur und der Massenbilanz, reichen heute schon über 60 Jahre zurück. Die geodätischen Beobachtungen zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten und der Höhe der Gletscheroberflächen – dies ist heute ihre wesentliche Aufgabe – liegen seit etwa 20 Jahren genau und zuverlässig vor. Das Juneau Icefield ist ein sehr lange und gut beobachtetes Gletschergebiet. Die Aufgabe, die Auswirkungen des Klimas auf die charakteristischen topographischen und glaziologischen Parameter der Gletscher zu ermitteln, ist damit hinreichend gelöst. Anders verhält es sich mit der inversen Fragestellung, deren Beantwortung wesentlich unbestimmter ausfällt: Kann man aus der Beobachtung der charakteristischen Parameter der Gletscher auf den Verlauf des Klimas schließen?

Diese Frage zu beantworten, ist die eigentliche Aufgabe des Juneau Icefield Programms. Hier werden die Nachteile der gegenwärtigen Vorgehensweise offensichtlich: Die Beobachtungen werden zeitlich und räumlich nur punktuell ausgeführt. Das ist mit den gegenwärtigen Beobachtungsmöglichkeiten und Techniken nicht anders möglich. Die jährlichen Beobachtungen können nur auf wenigen Gletschern ausgeführt werden. Die Auswahl der für ein gewisses größeres Gebiet charakteristischen Gletscher ist schwierig – weder der Lemon Creek noch der Taku Gletscher sind – wie aus den obigen Ausführungen deutlich wird – repräsentativ für das ganze Eisfeld und noch weniger für ganz Südost-Alaska und Nordwest-British Columbia. Bevor die Gletscher Alaskas zur Bestimmung von Klimaänderungen benutzt werden können, muss die Massenbilanz – geodätisch ergänzt und abgesichert – einer großen Zahl von Glet-

schern bekannt sein. Weil das gegenwärtig nicht möglich ist, wurde ein Modell entwickelt *[Pelto, 1987]*, das es erlaubt, die Massenbilanz großer Gletschergebiete mit Hilfe lokaler Wetterbeobachtungen, Satellitenbilder und Geländestudien zu ermitteln und als Ersatz für jährliche detaillierte Feldarbeit zu verwenden. Diese Vorgehensweise wird jedoch angesichts von Satellitenmissionen nicht mehr notwendig sein, da diese die notwendige Erkundung verschiedenartiger Daten flächendeckend durchführen können.

6.2 Raumverfahren

Infrage käme die *„InSAR Mission“* (*Interferometric Synthetic Aperture Radar)*[4], die Oberflächenveränderungen, z. B. Eisflächendeformationen, überwachen und Gletscherbewegungen und Eisfelder kartieren kann. Die *„ICESat-2 Mission“ (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite-2)* ist die 2. Generation des Laser Altimeter *„ICESat“* [5]. Der Start von *„ICESat-2“* ist für 2016 geplant. Beobachtet werden Massenbilanzen von Eismassen, Wolkenhöhen und Aerosole, Festlandtopographie und Vegetationshöhe.

„TerraSAR-X“[6] ist ein deutscher Erdbeobachtungssatellit. Als Nutzlast trägt er einen Radarsensor, der in verschiedenen Modi betrieben wird, um Aufnahmen mit unterschiedlichen Streifenbreiten, Auflösungen und Polarisationen zu ermöglichen. *„TerraSAR-X“* bietet dadurch Beobachtungsmöglichkeiten, die bisher aus dem All nicht verfügbar waren. Die Ziele der Mission sind die Bereitstellung von hochwertigen SAR-(Synthetic-Aperture-Radar-) Daten im X-Band für Forschung und Entwicklung sowie für wissenschaftliche und kommerzielle Anwendungen. Die *„TerraSAR-X“*-Daten der Saison 2011 für das Eisfeld sind vorhanden und werden zur Verfügung gestellt, so dass eine Masterarbeit zur Kartierung des Eisfeldes aus Radardaten durchgeführt werden kann *[Wenzel, 2011]*.

Über die *Astrium*-Aktion *„Planet Action“*[7] können für die nächsten ein bis zwei Jahre Fernerkundungsdaten (Spot Images) beschafft werden, um das Juneau Icefield zu kartieren *[Wenzel, 2011]*.

Besonders interessant für JIRP ist die *„Cryosat-Mission“* der *ESA*. *„CryoSat-2“*[8] ist ein Satellit zur Vermessung der Kryosphäre, insbesondere der Eismassen in Arktis und Antarktis. Der Satellit wurde nach einem Fehlstart 2005 am 8. April 2010 erfolgreich gestartet. Er trägt ein spezielles Radaraltimeter zur Bestimmung der Dicke von Meereis sowie der Oberflächenhöhen von Landeis in der Arktis und Antarktis und liefert so wichtige Daten für die Klimaforschung. Nach ihrer Überführung in das ITR-System liegen die Koordinaten des Eisfeldes in dem System vor, in dem die *„Cryosat“*-Aufnahmen ausgewiesen werden, so dass die Messergebnisse auf dem Eisfeld mit denen von *„Cryosat“* gelieferten verglichen werden und als groundproof dienen können. Um die Möglichkeiten von *„Cryosat“* für die Forschungsarbeiten auf dem Icefield nutzbar zu machen, wurde bereits 2007 ein Antrag an die *ESA* gestellt mit: *„Comparison of ice elevation measurements derived from CryoSat-2 and scientific activities at the Juneau Icefield, Alaska for a possible validation of the CryoSat-2 ice elevation products“ [Heunecke, 2007]*.

6.3 Postglaziale Landhebung und Schwereänderungen

Der Südosten Alaskas und damit das Juneau Icefield liegen in einer Zone der postglazialen Landhebung, für die drei Ursachen erheblich sind: Zum Ersten ist die Region großen tektonischen Spannungen durch die Bewegungen von Nordamerika- und Pazifikplatte ausgeliefert, die bei einer Geschwindigkeit von bis zu 5,7 cm pro Jahr mit aktivem Vulkanismus und Erdbebentätigkeit einhergehen. Zum Zweiten reagiert die Erdkruste auf das rapide Abschmelzen des Eisschildes in und um die Glacier Bay mit isostatischen Ausgleichsbewegungen. Das Gebiet war in der Kleinen Eiszeit (ca. 1200-1900 mit Höhepunkt um 1750 n. Chr.) mit einer mächtigen Eisschicht bedeckt, die heute weitgehend abgeschmolzen ist. Und zum Dritten hat das gegenwärtige regionale Gletscherschmelzen aufgrund der heutigen Klimaverhältnisse einen Einfluss auf die Ausgleichsbewegungen in Südost-Alaska. Mit der Landhebung gehen Änderungen des Schwerepotentials einher, die z. B. mit der Satellitenmission *„GRACE“ (Gravity Recovery And Climate Experiment)*[9] erfasst werden können *[Wenzel, 2004]*.

6.4 Resümee

Die bisher erhobenen terrestrischen Daten sollten zusammengeführt werden, um ein einheitliches Bild und Ergebnis der bisherigen Arbeit zu erzielen; dies betrifft vornehmlich die Ergebnisse der Massenbilanzuntersuchungen und der meteorologischen und geodätischen Beobachtungen. Neben den bisher im Rahmen von *„JIRP“* durchgeführten terrestrischen Beobachtungen sind raumgestützte Verfahren geeignet, die punktuellen Erhebungen auf eine flächendeckende und – abgesehen von notwendigen Feld- und Kontrollproben – „berührungslose“ Erfassung auszuweiten. Die Ergebnisse wer-

[4] http://de.wikipedia.org/wiki/Interferometric_Synthetic_Aperture_Radar
letzter Aufruf: 11.04.2012.

[5] http://de.wikipedia.org/wiki/ICESat
letzter Aufruf: 11.04.2012.

[6] http://www.dlr.de/eo/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979/
letzter Aufruf: 11.04.2012.

[7] http://www.planet-action.org/ – letzter Aufruf: 11.04.2012.

[8] http://www.cryosat.de/ – letzter Aufruf: 11.04.2012.

[9] http://de.wikipedia.org/wiki/Gravity_Recovery_And_Climate_Experiment
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Abb. 9: *Auf dem Gipfel des Mount Moore (2.028 m) nahe Camp 8 [Photo Wenzel].*

den zu einer erhöhten Stringenz der Schlussfolgerungen für die Klimaforschung führen.

7. Dank und Erinnerung

Ich habe die geodätischen Arbeiten des Juneau Icefield Programms 21 Jahre lang von 1981 bis 2001 geleitet. Elf Jahre war ich persönlich zugegen, die anderen Jahre haben mich Kollegen und Mitarbeiter vertreten. In dieser Zeit habe ich viel erlebt, nahezu ausschließlich Großartiges und Erhebendes, habe viele hochmotivierte Menschen – Studenten wie Lehrer – kennen und schätzen gelernt. Es waren große Jahre für mein wissenschaftliches und persönliches Leben. Die Natur des Eisfeldes war überwältigend, ich fühlte mich wie in einer anderen Welt: die engagierten Studenten, der „esprit de corps“, die Organisation, das Motto *„Bücher – Natur – Aktion“*, so gut gewählt, um vollständig zu beschreiben, was der Gründer und Förderer dieses einzigartigen Projektes, Prof. Dr. MAYNARD M. MILLER, sich vorstellte, wie Geo-Wissenschaften betrieben werden sollten. Die Kombination dieser drei Elemente ist der wertvolle Weg des Lernens und g Lehrens.

Dankbar bin ich Prof. Dr. MAYNARD M. MILLER und seiner Frau JOAN, der Seele des Projektes, die allzu früh verstorben ist. Gedanken gehen immer wieder zu Dipl.-Ing. KLAUS BLACHNITZKY, der auf meine Einladung hin am Programm teilnahm und sein Leben auf dem Eisfeld durch einen Unfall verlor. Dankbar bin ich auch meinem Mitarbeiter MARTIN LANG, der mich viele Male begleitete oder vertrat, und SCOTT MCGEE, den ich als Geodät anlernen durfte, der die Datenbank pflegt und zu einer tragenden Säule des Programms wurde.

Und ich freue mich, dass ich anlässlich der Verabschiedung von Prof. KURT BRUNNER die Gelegenheit bekam, noch einmal zurückzudenken an Alaska und das Juneau Icefield, niederzuschreiben, was ich erlebt habe, und zu sehen, dass meine Nachfolger die Arbeiten weiterführen und ausweiten mit den Möglichkeiten und Mitteln, die ihnen heute geboten sind.

8. Literatur und Quellen

Brunner, Kurt [1977]: Die Darstellung alpiner Gletscher in großmaßstäblichen Karten. Dissertation.

Technische Universität München, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen, München, 86 S.

Brunner, Kurt [2007]: Klimaentwicklung in alten Karten und Bildern. In: *Haber, Wolfgang (Hrsg.) [2007]:* Natur und Mensch in Mitteleuropa im letzten Jahrtausend. Rundgespräch vom 16. Oktober 2006 in München. Rundgespräche der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Band 32. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, S. 65-80.
ISBN 978-3-89937-077-5
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/rundgespraeche/at_download/down1
letzter Aufruf: 20.09.2011.

Criscitiello, Alison S. / Kelly, Meredith A. / Tremblay, Bruno [2010]: The Response of Taku and Lemon Creek Glaciers to Climate. In: Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Band 42, Heft 1, Boulder, S. 34-44.
ISSN 1523-0430
http://www.bioone.org/doi/abs/10.1657/1938-4246-42.1.34
letzter Aufruf: 20.09.2011.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) (Hrsg.) [2012]: TerraSAR-X – Deutschlands Radar-Auge im All. Online-Publikation.
http://www.dlr.de/eo/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979/
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Heunecke, Otto [2007]: Principal Investigation to ESA's CryoSat-2 Mission in context to calibration, validation and retrievals. CryoSat-2 Cal/Val Proposal „Juneau Icefield" ID 4520, 2.

Knight, Eric [2009]: Juneau Icefield Panorama, in collaboration with UAS, USFS and The Banff Centre. Data provided by NASA, USGS, GeoBase, and the Global Land Cover Facility. In: *Juneau Icefield Research Program (Hrsg.) [2010]:* Expeditionary Field Training with Research Participation and 9-Week Semester Credits in Arctic and Mountain Sciences. 53rd to 55th Field Seasons in Earth Systems Science Emphasizing Glaciological, Alpine and Arctic Environments and related Geoscience Studies and Research June 28 - August 23 in 2010 and 2011 – Juneau Icefield, Alaska and in Atlin Wilderness Park, B.C.-Yukon, Canada. Online-Publikation.
http://www.juneauicefield.com/docs/2011-2012-JIRP-brochure.pdf
letzter Aufruf: 11.04.2012.

McGee, Scott [1999-2009]: The Crevasse Zone. GPS science on the Juneau Icefield, Alaska. Online-Publikation.
http://crevassezone.org/
letzter Aufruf: 14.11.2011.

Miller, Maynard M. [1997]: The Juneau Icefield Research Program and its Surveying Mission. In: *Welsch, Walter M., Lang, Martin, und Miller, Maynard M. (Hrsg.) [1997]:* Geodetic Activities Juneau Icefield, Alaska, 1981-1996. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 50, Neubiberg, S. 27-49.
ISSN 0173-1009

Miller, Maynard M. / Pelto, Mauri S. [1999]: Mass Balance Measurements on the Lemon Creek Glacier, Juneau Icefield, Alaska 1953-1998. In: Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography, Band 81, Heft 4, Oxford / New York, S. 671-681.
ISSN 1468-0459

Miller, Maynard M. / Pelto, Mauri S. [2011]: Mass Balance Measurements on the Lemon Creek Glacier, Juneau Icefield, Alaska 1953-2009. Online-Publikation.
http://www.nichols.edu/departments/glacier/lemon.html
letzter Aufruf: 20.09.2011.

Pelto, Mauri S. [1987]: Mass Balance of South-East Alaka and North-West British Columbia Glaciers from 1976 to 1984: Methods and Results. In: *Williams, Robert S. (Hrsg.) [1987]:* Proceedings of the Second Symposium on Remote Sensing in Glaciology, held at the University of Cambridge, U.K., 8-9 and 11-12 September 1986. Annals of Glaciology, Band 9. International Glaciological Society, Cambridge, S. 189-194.
ISBN 0-946417-00-8

Pelto, Mauri S. / Miller, Maynard M. [1990]: Mass Balance of the Taku Glacier, Alaska from 1946 to 1986. In: Northwest Science, Band 64, Heft 3, Washington, S. 121-130.
ISSN 0029-344X
http://www.vetmed.wsu.edu/org_nws/NWSci%20journal%20articles/1990%20files/Issue%203/v64%20p121%20Pelto%20and%20Miller.PDF
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Planet Action (Hrsg.) [2012]: About Planet Action. Online-Publikation.
http://www.planet-action.org/web/36-about-planet-action.php
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft (Hrsg.) [2012]: CryoSat – Deutsches Projektbüro. Online-Publikation.
http://www.cryosat.de/
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Wenzel, Ronny [2004]: Geodätische Messung von Gletscherfließverhalten und Massenänderung im Hinblick auf globale Veränderungen der Eismassen, Isostasie und Umweltmonitoring am Beispiel des Juneau Icefield. Vortrag an der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, vom 17. März 2004.

Wenzel, Ronny [2011]: Persönliche Mitteilung vom 26.08.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2011]: Tidewater glacier cycle. Online-Publikation.
http://en.wikipedia.org/wiki/Tidewater_glacier_cycle
letzter Aufruf: 21.09.2011.

Wikipedia (Hrsg.) [2012a]: Gravity Recovery And Climate Experiment. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Gravity_Recovery_And_Climate_Experiment
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Wikipedia (Hrsg.) [2012b]: ICESat. Online- Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/ICESat
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Wikipedia (Hrsg.) [2012c]: Interferometric Synthetic Aperture Radar. Online-Publikation.
http://de.wikipedia.org/wiki/Interferometric_Synthetic_Aperture_Radar
letzter Aufruf: 11.04.2012.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Walter M. Welsch
Affiliate Professor, University of Idaho,
Bruggspergerstr. 11, D-81545 München
E-Mail: w.m.welsch@t-online.de

Anhang

Schriftenverzeichnis Prof. Kurt Brunner

A. Buchpublikationen und Sammelwerke

1. **Die Darstellung alpiner Gletscher in großmaßstäblichen Karten.**
   Technische Universität München, Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen, München, 1977, 86 S., mit vier Kartenbeilagen.
   [Dissertation]

2. **Festschrift für Rüdiger Finsterwalder zum 60. Geburtstag.**
   Technische Universität München, Institut für Photogrammetrie und Kartographie, München, 1990, 167 S.
   [Herausgeber, zusammen mit HEINRICH EBNER]

3. **Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Egon Dorrer zum 60. Geburtstag.**
   Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 46, Neubiberg, 1994, 254 S.
   ISSN 0173-1009
   [Herausgeber, zusammen mit JÜRGEN PEIPE]

4. **Martin Helwigs Karte von Schlesien aus dem Jahre 1561.**
   Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe C: Alte Karten, Band 9. Fachhochschule Karlsruhe, Hochschule für Technik, Fachbereich Geoinformationswesen, Karlsruhe, 1996, 31 S.
   ISBN 3-89063-603-9
   [Herausgeber, zusammen mit HEINZ MUSALL]

5. **Hochgebirgs- und Gletscherforschung. Zum 100. Geburtstag von Richard Finsterwalder.**
   Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 62, Neubiberg, 1999, 114 S.
   ISSN 0173-1009
   [Herausgeber, zusammen mit WALTER M. WELSCH]

6. **Untersuchungen zur Georeferenzierung von Alpenvereinskarten.**
   Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 34, herausgegeben vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein, München, 2001, 95 S.
   ISBN 3-928777-89-0
   ISSN 0084-0912
   [Herausgeber, zusammen mit WALTER M. WELSCH]

7. **TeleKartographie & Location Based Services.**
   Geowissenschaftliche Mitteilungen, Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien, Heft 58, Wien, 2002, 186 S.
   ISSN 1811-8380
   [Herausgeber, zusammen mit FRITZ KELNHOFER und MIRJANKA LECHTHALER]

8. **Das Karls-Eisfeld. Forschungsarbeiten am Hallstätter Gletscher.**
   Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 38, herausgegeben vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein, München, 2004, 103 S., mit einer Kartenbeilage.
   ISBN 3-937530-01-0
   ISSN 0084-0912
   [Herausgeber]

9. **10. Kartographiehistorisches Colloquium Bonn 2000. Vorträge und Berichte.**
   Herausgegeben in Verbindung mit der Kommission „Geschichte der Kartographie“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Kirschbaum, Bonn-Bad Godesberg, 2008, XIV, 311 S.
   ISBN 978-3-7812-1783-6
   [Herausgeber, zusammen mit MARKUS HEINZ]

10. **15. Kartographiehistorisches Colloquium München 2010. Vorträge –Berichte – Posterbeiträge.**
    Herausgegeben in Verbindung mit der Kommission „Geschichte der Kartographie“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Im Druck.
    [Herausgeber, zusammen mit THOMAS HORST]

11. **„Von A(ltenburg) bis Z(eppelin). Deutsche Forschung in Spitzbergen bis 1914“. 100 Jahre Expedition des Herzogs Ernst II. von Sachsen-Altenburg.** Vorträge der Tagung 2011 des Fachausschusses Geschichte der Meteorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und des Arbeitskreises Geschichte der Polarforschung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung am 24./25. September 2011 im Naturkundlichen Museum Mauritianum, Altenburg.
    Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München, Heft 88. Im Druck.
    ISSN 0173-1009
    [Herausgeber, zusammen mit CORNELIA LÜDECKE]

B. Wissenschaftliche Veröffentlichungen

1. **Die Änderungen von Fläche, Höhe und Volumen am Vernagt- und Guslarferner von 1889 - 1912 - 1938 - 1969.**
   In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band VIII, Heft 1-2, Innsbruck, 1972,

S. 11-25, mit drei Kartenbeilagen.
ISSN 0044-2836
[zusammen mit HERMANN RENTSCH]

2. **Die kartographische Darstellung von Schwankungen der bayerischen Gletscher.**
In: Kartographische Nachrichten (KN), 24. Jhrg., Heft 6, Bonn-Bad Godesberg, 1974, S. 215-219, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0022-9164

3. **Orthophotokarten vergletscherter Gebiete.**
In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band XII, Heft 2, Innsbruck, 1976, S. 63-67, mit zwei Kartenbeilagen.
ISSN 0044-2836

4. **Maps Depicting Thickness Changes.**
In: *Müller, Fritz (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1975-1980 (Vol. III). A contribution to the International Hydrological Programme. Compiled for the Permanent Service on the Fluctu“ations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Association of Hydrological Sciences, Paris, 1977, S. 248-249, mit zwei Kartenbeilagen.
ISBN 92-3-101462-5
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/psfg_1977_fogIII.pdf
[zusammen mit RÜDIGER FINSTERWALDER, OSKAR REINWARTH und HERMANN RENTSCH]

5. **Orthophoto Gepatschferner, Scale 1:7.500.**
In: *Müller, F (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1975-1980 (Vol. III). A contribution to the International Hydrological Programme. Compiled for the Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Association of Hydrological Sciences, Paris, 1977, S. 262, mit einer Kartenbeilage.
ISBN 92-3-101462-5
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/psfg_1977_fogIII.pdf
[zusammen mit HERMANN RENTSCH]

6. **Topographische Karten als Orientierungsmittel im Hochgebirge.**
In: Alpinismus, internationale Informationen für Bergsteiger, Wanderer, Skifahrer,16. Jhrg., Heft 4, München, 1978, S. 17-19.
ISSN 0002-6484

7. **Zur neuen Karte „Gepatschferner 1971“ im Maßstab 1:10.000.**
In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band XIV, Heft 2, Innsbruck, 1978, S. 133-151, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0044-2836

8. **Arbeitsprogramm „Gletscherkarten“ des Lehrstuhls für Kartographie und Reproduktionstechnik.**
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 104. Jhrg., Heft 3, Stuttgart, 1979, S. 126-128.
ISSN 0340-4560

9. **Begleitworte zur Orthophotokarte „Langtaler Ferner 1971“ im Maßstab 1:7.500.**
In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band XV, Heft 2, Innsbruck, 1979, S. 195-199, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0044-2836

10. **Zur heutigen Bedeutung von Orthophotokarten.**
In: Bildmessung und Luftbildwesen (BuL), 48. Jhrg., Heft 4, Karlsruhe, 1980, S. 151-157.
ISSN 0006-2421

11. **Transformation des Karteninhalts durch Orthoprojektion.**
In: Kartographische Nachrichten (KN), 31. Jhrg., Heft 5, Bonn-Bad Godesberg, 1981, S. 183-186.
ISSN 0022-9164

12. **Reproduktion farbiger Höhenstufen mit der „kurzen Skala“.**
In: Kartographische Nachrichten (KN), 33. Jhrg., Heft 4, Bonn-Bad Godesberg, 1983, S. 131-134, mit vier Kartenbeilagen.
ISSN 0022-9164
[zusammen mit THEO BOULLION]

13. **Atlaskarten-Originalherstellung farbiger Höhenstufen.**
In: *Leibbrand, Walter (Hrsg.):* Kartenoriginalherstellung ’83. Ergebnisse des 14. Arbeitskurses Niederdollendorf 1983 des Arbeitskreises Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie. Deutsche Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Bielefeld, 1984, S. 143-155.

14. **Photogrammetrie und kartographische Arbeiten bei der Deutschen Antarktisexpedition 1938/39.**
In: *Alefantis, Georg:* Geodätische, photogrammetrische und kartographische Berichte, Band 1. Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe B: Vermessungswesen und Photogrammetrie, Heft 1. Herausgegeben von Werner Böser. Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie, Karlsruhe, 1985, S. 41-55, mit Kartenbeilagen.
ISBN 3-89063-101-0
[zusammen mit GÜNTER HELL]

15. **Gepatschferner 1971, 1:10.000.**
In: *Haeberli, Wilfried (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1975-1980 (Vol. VI). A contribution to the International Hydrological Programme. Compiled for the Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Association of Hydrological Sciences, Paris, 1985, S. 75-76, mit einer Kartenbeilage.
ISBN 92-3-102367-5
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/psfg_1985_fogIV.pdf

16. Orthophoto Map „Langtaler Ferner 1971“ (Oetztaler Alpen), 1:7.500.
In: *Haeberli, Wilfried (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1975-1980 (Vol. VI). A contribution to the International Hydrological Programme. Compiled for the Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Association of Hydrological Sciences, Paris, 1985, S. 81-83, mit einer Kartenbeilage.
ISBN 92-3-102367-5
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/psfg_1985_fogIV.pdf

17. Großmaßstäbige Gletscherkartierungen in den Alpen – Eine Bibliographie.
In: Erdkunde – Archive for scientific geography, Band 40, Heft 1, Bonn, 1986, S. 63-67, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0014-0015
http://www.erdkunde.uni-bonn.de/erdkunde/
dort unter „Archive“, dort unter „1986“.

18. Bruchkante oder Geländekante?
In: Bildmessung und Luftbildwesen (BuL), 54. Jhrg., Heft 3, Karlsruhe, 1986, S. 132.
ISSN 0006-2421

19. Farbflächen und Halbtöne in Kartengestaltung und Kartentechnik.
In: *Böser, Werner (Hrsg.):* Geodätische, photogrammetrische und kartographische Berichte, Band 2. Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe B: Vermessungswesen und Photogrammetrie, Heft 3. Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie, Karlsruhe, 1986, S. 105-114.
ISBN 3-89063-102-9

20. Hundert Jahre Gletschervermessungen am Gepatschferner (Tirol).
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 112. Jhrg., Heft 2, Stuttgart, 1987, S. 49-60, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0340-4560

21. Glacier Mapping in the Alps.
In: Mountain Research and Development, Band 7, Nr. 4, Boulder, 1987, S. 375-385, mit drei Kartenbeilagen.
ISSN 0276-4741

22. Die Darstellung von Gletschern in alten Karten.
In: *Scharfe, Wolfgang / Kretschmer, Ingrid / Wawrik, Franz (Hrsg.):* 3. Kartographiehistorisches Colloquium Wien 86, 29.-31. Oktober 1986. Vorträge und Berichte. Reimer, Berlin, 1987, S. 113-126.
ISBN 3-496-00939-X

23. Eisenbahnstreckenkarten und ihre Darstellungsmethoden.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 38. Jhrg., Heft 1, Bonn-Bad Godesberg, 1988, S. 17-22.
ISSN 0022-9164
[zusammen mit BRITTA GÜNZEL]

24. Kartographische Darstellung von Gletschern.
In: Geographische Rundschau, 40. Jhrg., Heft 3, Braunschweig, 1988, S. 29-31.
ISSN 0016-7460

25. Die Meßtischphotogrammetrie als Methode der topographischen Geländeaufnahme des ausgehenden 19. Jahrhunderts.
In: Bildmessung und Luftbildwesen (BuL), Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 56. Jhrg., Heft 3, Heidelberg, 1988, S. 98-108, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0006-2421

26. Exakte großmaßstäbige Karten von Alpengletschern – Ein Säkulum ihrer Bearbeitung.
In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 132. Jhrg., Heft 2, Gotha, 1988, S. 129-140, mit zwei Kartenbeilagen.
ISSN 0031-6229

27. Faksimiledrucke mehrfarbiger Karten.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 38. Jhrg., Heft 4, Bonn-Bad Godesberg, 1988, S. 152-155, mit Kartenbeilagen.
ISSN 0022-9164
[zusammen mit BERNHARD DRESSE]

28. Maps of Gepatschferner, Austria.
In: *Haeberli, Wilfried / Müller, Peter (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1980-1985 (Vol. V). A contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme. Prepared for the World Glacier Monitoring Service. IAHS Press, Wallingford, 1988, S. 77-78, mit zwei Kartenbeilagen.
ISBN 92-807-1811-4
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_1988_fogV.pdf

29. Gletscherdarstellungen in topographischen Karten und Veduten.
In: Internationales Jahrbuch für Kartographie (IJK), Band 29, Ulm / Zürich, 1989, S. 55-79.
ISSN 0074-9842

30. Technieken voor het maken van facsimilekaarten.
In: Caert-thresoor, tijdschrift voor de geschiedenis van de kartografie in Nederland, 8. Jhrg., Nr. 3, Alphen aan den Rijn, 1989, S. 72-74.
ISSN 0167-4994

31. Erstbesteigung und erste Karten des Kilimandscharo.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 39. Jhrg., Heft 6, Bonn-Bad Godesberg, 1989, S. 216-222.
ISSN 0022-9164

32. Ein Kartenwerk der Nordlande vom Jahre 1539.
In: Deutsches Schiffahrtsarchiv, wissenschaftliches Jahrbuch des Deutschen Schiffahrtsmuseums Bremerhaven, Band 12, Wiefelstede, 1989, S. 173-194.
ISSN 0343-3668

33. Karten Ostafrikas um die Jahrhundertwende. Ein Beitrag zur Kolonialkartographie.
In: *Lindgren, Uta (Hrsg.):* Kartographie und Staat. Interdisziplinäre Beiträge zur Kartographiegeschichte. Algorismus, Band 3. Studien zur Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften, Heft 13. Institut für Geschichte der Naturwissenschaften, München, 1990, S. 47-53.
ISBN 3-89241-002-X

34. Faksimiles als Hilfsmittel der Kartographiegeschichte.
In: *Scharfe, Wolfgang (Hrsg.):* 4. Kartographiehistorisches Colloquium Karlsruhe 1988, 17.-19. März 1988. Vorträge und Berichte. Reimer, Berlin, 1990, S. 97-102.
ISBN 3-496-00370-7

35. Gletscherdarstellungen in alten Karten der Alpen.
In: Cartographica Helvetica, Heft 2/1990, Murten, 1990, S. 9-19.
ISSN 1015-8480

36. Die „Carta Marina" der Nordlande des Olaus Magnus vom Jahre 1539.
In: Freundeskreis für Cartographica in der Stiftung Preußischer Kulturbesitz e.V., Mitteilungen, Nr. 4, Berlin, 1990, S. 23-25.
ISSN 1612-9512

37. Gletscherdarstellungen in alten Karten der Ostalpen.
In: *Brunner, Kurt / Ebner, Heinrich (Hrsg.):* Festschrift für Rüdiger Finsterwalder zum 60. Geburtstag. Technische Universität München, Institut für Photogrammetrie und Kartographie, München, 1990, S. 27-40.

38. Die „Carta marina" des Olaus Magnus vom Jahre 1539.
In: *Scharfe, Wolfgang / Harms, Hans (Hrsg.):* 5. Kartographiehistorisches Colloquium Oldenburg 1990, 22.-24. März 1990. Vorträge und Berichte. Reimer, Berlin, 1991, S. 45-57.
ISBN 3-496-00318-9

39. Arbeitsausgabe der Orthophotokarte.
In: *Stäblein, Gerhard (Hrsg.):* Beiträge zur Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition 1990 (SPE 90) „Stofftransporte Land-Meer in polaren Geosystemen". Materialien und Manuskripte, Heft 19. Universität Bremen, Studiengang Geographie, Bremen, 1991, S. 35-40, mit vier Kartenbeilagen.
ISBN 3-88722-267-9

40. Reliefdarstellung in der Schulkartographie.
In: *Mayer, Ferdinand (Hrsg.):* Schulkartographie, Wiener Symposium 1990. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 5. Institut für Geographie der Universität Wien, Wien, 1992, S. 90-102.
ISBN 3-900830-05-3

41. Kartographische Arbeiten im Rahmen der Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition 1990.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 43. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, 1993, S. 71-73, mit Kartenbeilagen.
ISSN 0022-9164
[zusammen mit GÜNTER HELL]

42. Vernagtferner 1889, Austria.
In: *Haeberli, Wilfried / Hoelzle, Martin (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1985-1990 (Vol. VI). A contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme (IHP). Prepared by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). IAHS Press, Wallingford, 1993, S. 91-92, mit einer Kartenbeilage.
ISBN 92-807-1370-1
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_1993_fogVI.pdf

43. Rechnergestützte Herstellung einer thematischen Karte.
In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 100. Jhrg., Heft 8-9, Berlin, 1993, S. 326-333, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0002-5968
[zusammen mit DIETER BEINEKE]

44. Hinweise auf Eis in alten Nordlandkarten.
In: *Schietzel, Kurt / Unverhau, Dagmar (Hrsg.):* Das Danewerk in der Kartographiegeschichte Nordeuropas. Wachholtz, Neumünster, 1993, S. 171-183.
ISBN 3-529-01840-6

45. Die Karte „Der Vernagt-Ferner im Jahre 1889" als erste exakte Kartierung eines Gesamtgletschers.
In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band 29, Heft 1, Innsbruck, 1993, S. 93-98, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0044-2836

46. Nordeuropa-Darstellungen in den Ptolemäus-Ausgaben am Ende des 15. Jahrhunderts.
In: *Scharfe, Wolfgang (Hrsg.):* 6. Kartographiehistorisches Colloquium Berlin 1992, 8.-10. Oktober 1992. Vorträge und Berichte. Reimer, Berlin, 1994, S. 19-29.
ISBN 3-496-02517-4

47. Topographische und Thematische Karten zur Ergebnisdarstellung der Spitzbergen-Expedition (SPE) 1990-1992.

In: *Blümel, Wolf Dieter (Hrsg.):* Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990-1992 (SPE 90-92). Liefde-, Wood- und Bockfjord/NW-Spitzbergen. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 97. Gebrüder Borntaeger, Berlin/Stuttgart, 1994, S. 1-13, mit Kartenbeilagen.
ISBN 3-443-21097-X
[zusammen mit GÜNTER HELL]

48. Frühe Anwendungen der Photogrammetrie für topographische Aufnahmen in der geowissenschaftlichen Forschung und auf Expeditionen.
In: *Brunner, Kurt / Peipe, Jürgen (Hrsg.):* Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Egon Dorrer zum 60. Geburtstag. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 46, Neubiberg, 1994, S. 37-48.
ISSN 0173-1009

49. Desktop Mapping an dezentralen Arbeitsplatzrechnern von Apple Macintosh.
In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 111, Frankfurt am Main, 1994, S. 31-41, mit einer Kartenbeilage.
ISSN 0469-4236

50. Digitale Kartographie an Arbeitsplatzrechnern.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 45. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, 1995, S. 63-68.
ISSN 0022-9164

51. Digitale Kartographie – Einsatz moderner Computer-Technologie für die Kartenherstellung.
In: Geowissenschaften, Organ der Alfred-Wegener-Stiftung, 13. Jhrg., Heft 7, Berlin, 1995, S. 257-260.
ISSN 0933-0704

52. Das Relief in der Atlaskartographie.
In: *Wolff, Hans (Hrsg.):* Vierhundert Jahre Mercator – Vierhundert Jahre Atlas. Die ganze Welt zwischen zwei Buchdeckeln – eine Geschichte der Atlanten. Zum 400. Todestag Gerhard Mercators anlässlich einer Ausstellung der Bayerischen Staatsbibliothek vom 5. April 1995 bis 1. Juli 1995 herausgegeben im Auftrag der Bayerischen Staatsbibliothek. Ausstellungskataloge, 65. Konrad, Weißenhorn in Bayern, 1995, S. 281-292.
ISBN 3-87437-366-5 (kartoniert)
ISBN 3-87437-358-4 (gebunden)

53. Philipp Apians Landesaufnahme Bayerns.
In: *Klemp, Dieter (Hrsg.):* Zur Geschichte des Vermessungswesens: Vermessung in der Antike – historische Karten – der Geodät in der Literatur und bildenden Kunst – Biographien – Basisvermessungen – Instrumentenbau – Grenzmale. Die Beiträge sind Helmut Minow gewidmet, dem Mitbegründer und langjährigen Leiter des Gesprächskreises „Geschichte des Vermessungswesens“ im VDV und der späteren gleichnamigen Fachgruppe im Bildungswerk VDV. VDV-Schriftenreihe, Band 8. Chmielorz, Wiesbaden, 1995, S. 38-45.
ISBN 3-87124-128-8

54. Zwei Regionalkarten Süddeutschlands von David Seltzlin.
In: *Bergs, Irene-Annette/Neumann, Joachim (Hrsg.):* Karten hüten und bewahren. Festgabe für Lothar Zögner. Kartensammlung und Kartendokumentation, Heft 11, Perthes, Gotha, 1995, S. 33-47.
ISBN 3-623-00435-9

55. Digitale Bearbeitung von Karten auf der Basis analoger Grundlagen – Prinzip und Anwendung.
In: Mitteilungsblatt des Deutschen Vereins für Vermessungswesen, Landesverein Rheinland-Pfalz e.V., 44. Jhrg., Heft 1, Mainz, 1996, S. 9-23, mit zwei Kartenbeilagen.

56. Genauigkeitsuntersuchung zur Schlesienkarte von Martin Helwig aus dem Jahre 1561.
In: *Brunner, Kurt / Musall, Heinz (Hrsg.):* Martin Helwigs Karte von Schlesien aus dem Jahre 1561. Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe C: Alte Karten, Band 9. Fachhochschule Karlsruhe, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie, Karlsruhe, 1996, S. 19-31.
ISBN 3-89063-603-9
[zusammen mit DIETER BEINEKE]

57. Expeditionskartographie auf Spitzbergen.
In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft (MÖGG), 138. Jhrg., Wien, 1997, S. 247-260, mit drei Kartenbeilagen.
ISSN 0029-9138

58. Digitale Techniken in der topographischen Kartographie.
In: Mitteilungsblatt des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW), Landesverein Bayern e.V., 49. Jhrg., Heft 1, München, 1997, S. 55-71.
ISSN 0723-6336

59. Storstrømmen, Northeast Greenland 1:150,000 (Aerial Photogrammetric Map).
In: *Haeberli, Wilfried / Hoelzle, Martin / Suter, Stephan / Frauenfelder, Regula (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1990-1995 (Vol. VII). A contribution to the Global Environment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme (IHP). Prepared for the World Glacier Monitoring Service (WGMS). IAHS Press, Wallingford, 1998, S. 63-64, mit zwei Kartenbeilagen.
ISSN 1997-9118
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_1998_fogVII.pdf
[zusammen mit HANS OERTER und NIELS REEH]

60. Kartographische Felsdarstellung unter besonderer Berücksichtigung der Alpenvereinskarten.
In: *Kriz, Karel (Hrsg.):* Hochgebirgskartographie. Silvretta ’98. High Mountain Cartography. Wiener

Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 11, Workshop des Arbeitskreises für Hochgebirgskartographie der DGfK, 1. Universität Wien, Institut für Geographie, Wien, 1998, S. 207-217.
ISBN 3-900830-33-9

61. Die Beiträge Richard Finsterwalders zu Topographie und Kartographie.
In: *Brunner, Kurt / Welsch, Walter M. (Hrsg.):* Hochgebirgs- und Gletscherforschung. Zum 100. Geburtstag von Richard Finsterwalder. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 62, Neubiberg, 1999, S. 23-30.
ISSN 0173-1009

62. Expeditionskarten des Fedtschenkogletschers, Alai Pamir.
In: *Brunner, Kurt / Welsch, Walter M. (Hrsg.):* Hochgebirgs- und Gletscherforschung. Zum 100. Geburtstag von Richard Finsterwalder. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 62, Neubiberg, 1999, S. 67-75.
ISSN 0173-1009

63. Kartengestaltung und Kartentechnik.
In: *Lechthaler, Mirjanka / Gartner, Georg (Hrsg.):* Per aspera ad astra. Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 52. Technische Universität Wien, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wien, 2000, S. 156-162.
ISSN 1811-8380

64. Erste großmaßstäbige Gletscherkarten unter besonderer Berücksichtigung der Hohen Tauern.
In: *Aschenbrenner, Jörg / Suida, Hermann (Hrsg.):* 40 Jahre Glaziologische Forschung 1960-2000. Festschrift für Heinz Slupetzky zum 60. Geburtstag. Salzburger Geographische Arbeiten, Band 36. Universität Salzburg, Institut für Geographie und Angewandte Geoinformatik, Salzburg, 2000, S. 7-21.
ISBN 3-85283-019-2
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/gletscherkarten/at_download/down1

65. Neue Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben für den Kartographen – Ein Plädoyer für eine attraktive Kartengraphik zur Bildschirmvisualisierung.
In: *Kelnhofer, Fritz / Lechthaler, Mirjanka (Hrsg.):* Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia-Applikationen. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 53. Technische Universität Wien, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wien, 2000, S. 53-62.
ISSN 1811-8380

66. Limitierungen bei der elektronischen Bildschirmanzeige von Karten.
In: *Schmidt, Benno / Uhlenküken, Christoph (Hrsg.):* Visualisierung raumbezogener Daten: Methoden und Anwendungen, Band II. Beiträge zum 3. Geo ViSC-Workshop, 25. September 2000. IfGI-prints, Heft 8. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geoinformatik, Münster, 2000, S. 35-47.
ISBN 3-927889-77-6
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/geovisc/at_download/down1

67. Investigations into the Accuracy of the Topographical Maps of the Alpenverein.
In: *Buchroithner, Manfred (Hrsg.):* High-Mountain Cartography 2000. Proceedings of the Second Symposium of the Commission on Mountain Cartography of the International Cartographic Association (ICA) held at the Alpine Centre Rudolfshütte (2315 m), Austria, from 29 March to 2 April 2000. Kartographische Bausteine, Band 18. Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, 2000, S. 99-104.
ISBN 3-86005-265-9
ISSN 0323-6811
[zusammen mit MARKUS PENZKOFER und WOLFGANG REINHARDT]

68. Die Kartographie des Deutschen Alpenvereins.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 51. Jhrg., Heft 1, Bonn-Bad Godesberg, 2001, S. 17-22.
ISSN 0022-9164
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/dav/at_download/down1

69. Untersuchungen zur Genauigkeitsanalyse von Alpenvereinskarten.
In: Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), 126. Jhrg., Heft 1, Stuttgart, 2001, S. 5-10.
ISSN 0340-4560
[zusammen mit JOHANNES FISCHER, MARKUS PENZKOFER und WOLFGANG REINHARDT]

70. Anforderungen an die kartografische Visualisierung von Geodaten.
In: *Strobl, Josef (Hrsg.):* Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2001. Wichmann, Heidelberg, 2001, S. 342-347.
ISBN 3-87907-361-9
[zusammen mit STEFAN NEUDECK]

71. Das Berchtesgadener Land in alten Karten.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 51. Jhrg., Heft 5, Bonn-Bad Godesberg, 2001, S. 221-225.
ISSN 0022-9164

72. Kartengraphik am Bildschirm – Einschränkungen und Probleme.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 51. Jhrg., Heft 5, Bonn-Bad Godesberg, 2001, S. 233-239.
ISSN 0022-9164

73. Erhard Etzlaubs Karte „Die Landstraßen durch das Römische Reich".

In: *Buzin, Reiner / Wintges, Theodor (Hrsg.):* Kartographie 2001 – multidisziplinär und multimedial. Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag. Wichmann, Heidelberg, 2001, S. 43-54.
ISBN 3-87907-381-3
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/etzlaub/at_download/down1

74. Kartengestaltung für elektronische Bildanzeigen.
In: *Koch, Wolf Günther (Hrsg.):* Theorie 2000. Vorträge des kartographischen Symposiums am 17./18. November 2000 an der TU Dresden. Kartographische Bausteine, Band 19. Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, 2001, S. 76-88.
ISSN 0323-6811
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/bausteine/at_download/down1

75. Topographisch-geodätische Aufnahmemethoden der Alpenvereinskartographie.
In: *Brunner, Kurt / Welsch, Walter M. (Hrsg.):* Untersuchungen zur Georeferenzierung von Alpenvereinskarten. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 34, herausgegeben vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein, München, 2001, S. 9-18.
ISBN 3-928777-89-0
ISSN 0084-0912

76. Regionalkarten von Preußen des 16. Jahrhunderts.
In: *Scharfe, Wolfgang (Hrsg.):* 9. Kartographiehistorisches Colloquium, Rostock 1998. Vorträge und Berichte. Kirschbaum, Bonn-Bad Godesberg, 2002, S. 81-86.
ISBN 3-7812--1555-5

77. Limitierungen bei der Visualisierung von Geoinformation an Monitoren.
In: Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik, 100. Jhrg., Villmergen, 2002, S. 142-145.
ISSN 0252-9424

78. Graphische und kartographische Aspekte der Bildanzeige.
In: *Kelnhofer, Fritz / Lechthaler, Mirjanka / Brunner, Kurt (Hrsg.):* TeleKartographie & Location Based Services. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien, Heft 58, Wien, 2002, S. 77-84.
ISSN 1811-8380
[zusammen mit STEFAN NEUDECK]

79. Elektronische Bildanzeige von Geoinformation.
In: *Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.):* Kartographie als Baustein moderner Kommunikation. Symposium Praktische Kartographie 2002, 6. bis 8. Mai 2002, Königslutter am Elm. Kartographische Schriften (KS), Band 6. Kirschbaum, Bonn-Bad Godesberg, 2002, S. 138-144.
ISBN 978-3-7812-1562-7

80. Topogramme für kleinformatige Displays mobiler Endgeräte.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 52. Jhrg., Heft 3, Bonn-Bad Godesberg, 2002, S. 103-106.
ISSN 0022-9164

81. Landschaftsbilder und Graphik als Klimazeugen.
In: *Brauer, Achim (Red.):* Klima – Mensch – Umwelt. DEUQUA-Tagung 26.-28. August 2002. Terra Nostra, Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Heft 6/2002. Berlin, 2002, S. 70-73.
ISSN 0946-8978

82. Kartographische Ergebnisse der ersten deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 52. Jhrg., Heft 4, Bonn-Bad Godesberg, 2002, S. 143-148.
ISSN 0022-9164

83. Geheimhaltung und Verfälschung von Karten aus militärischen und politischen Gründen.
In: *Unverhau, Dagmar (Hrsg.):* Kartenverfälschung als Folge übergroßer Geheimhaltung? Eine Annäherung an das Thema Einflußnahme der Staatssicherheit auf das Kartenwesen der DDR. Referate der Tagung der BStU vom 08.-09.03.2001 in Berlin. Archiv zur DDR-Staatssicherheit, Band 5. Lit-Verlag, Münster, 2002, S. 161-175.
ISBN 3-8258-5964-9
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/geheim/at_download/down1

84. Schlechte Karten. Zur Problematik kartographischer Visualisierung auf kleinformatigen Displays mobiler Endgeräte.
In: GeoBit, Geoinformationstechnologie für die Praxis, 7. Jhrg., Heft 10, Heidelberg, 2002, S. 20-22.
ISSN 1430-3663

85. Landschaftsbild und Klimaforschung.
In: *Niebuhr, Birgit (Hrsg.):* GEO 2002 – Planet Erde: Vergangenheit, Entwicklung, Zukunft. Programm und Kurzfassungen. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 21. Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover, 2002, S. 88.
ISBN 3-932537-22-X
ISSN 0936-7063

86. High-Mountain Cartography of the German and the Austrian Alpine Clubs.
In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Band 57, Heft 1-2, Amsterdam, 2002, S. 126-133.
ISSN 0924-2716
[zusammen mit WALTER M. WELSCH]

87. Regionalkarten von Tirol des Matthias Burgklechner und ihre Vorläufer.
In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Band 114, Wien, 2002, S. 237-254.
ISSN 0029-9138
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/moegg02/at_download/down1

88. Dokumentation von Eisrändern in Arktis und Antarktis durch exakte Kartierungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.
In: *Ristedt, Heinrich (Hrsg.):* 21. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, 17.-22. März 2003, Kiel, Germany / GEOMAR. Programm und Zusammenfassung der Tagungsbeiträge. Terra Nostra, Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Heft 1/2003. Berlin, 2003, S. 69-70.
ISSN 0946-8978

89. Ein buntes Klimaarchiv – Malerei, Graphik und Kartographie als Klimazeugen.
In: Naturwissenschaftliche Rundschau (NR), 56. Jhrg., Heft 4, Stuttgart, 2003, S. 181-186.
ISSN 0028-1050
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/klimaarchiv/at_download/down1

90. Frühe photogrammetrische Arbeiten während deutscher Südpolar-Expeditionen.
In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG), Jhrg. 2003, Heft 2, Stuttgart, 2003, S. 135-142.
ISSN 1432-8364

91. Geheimhaltung topographischer Karten und Manipulation ihres Inhalts.
In: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), 110. Jhrg., Heft 5, Berlin, 2003, S. 183-188.
ISSN 0002-5968
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/AVN-5-2003/at_download/down1

92. Das Verhalten des Waxeggkees in den Zillertaler Alpen von 1950 - 2000.
In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie, (ZGG), Band 38, Heft 1, Innsbruck, 2003, S. 63-68, mit Kartenbeilagen.
ISSN 0044-2836
[zusammen mit HERMANN RENTSCH]

93. Dokumentation von Kälteperioden in Landschaftsbildern, Druckgraphik und Karten.
In: *Ristedt, Heinrich (Hrsg.):* Klimavariabilität. 6. Deutsche Klimatagung, 22.-25. September 2003, Potsdam. Programm und Kurzfassungen der Vorträge. Terra Nostra, Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Heft 6/2003. Alfred-Wegener-Stiftung, Berlin, 2003, S. 82-85.
ISSN 0946-8978

94. Zur Aufarbeitung des Themas „Kartenverfälschungen in der DDR".
In: Kartographische Nachrichten (KN), 53. Jhrg., Heft 6, Bonn-Bad Godesberg, 2003, S. 282-283.
ISSN 0022-9164

95. Die Karte „Das Karls-Eisfeld" in Kontext exakter Gletscherkarten.
In: *Brunner, Kurt (Hrsg.):* Das Karls-Eisfeld. Forschungsarbeiten am Hallstätter Gletscher. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 38, herausgegeben vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein, München, 2004, S. 9-30.
ISBN 3-937530-01-0
ISSN 0084-0912
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/karlseisfeld/at_download/down1

96. Kartographische Reliefdarstellung – bewährte Methoden für das Printmedium.
In: *Koch, Wolf Günther (Hrsg.):* Theorie 2003. Vorträge der 8. Dresdener Sommerschule für Kartographie am 25./26. September 2003 an der Technischen Universität Dresden. Kartographische Bausteine, Band 26. Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden, 2004, S. 75-95.
ISBN 3-86005-410-4
ISSN 0323-6811
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/relief/at_download/down1

97. Probleme bei der elektronischen Visualisierung von Altkarten.
In: *Bühler, Jürg / Zögner, Lothar (Hrsg.):* Die digitale Kartenbibliothek – eine Momentaufnahme. Kartensammlung und Kartendokumentation, Bibliotheca Cartographica, Beiheft 1. Saur, München, 2004, S. 97-102.
ISBN 3-598-25000-2

98. Frühe Karten des Kilimandscharo – Ein Beitrag zur Expeditionskartographie.
In: Cartographica Helvetica, Band 30/2004, Murten, 2004, S. 3-9.
ISSN 1015-8480
http://retro.seals.ch/openurl?rft.issn=1015-8480&rft.issue=30&rft.date=2004&lPage=3

99. Die Seegfrörnen des Bodensees – Eine Dokumentation in Bilddarstellungen.
In: Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, Heft 122. Ostfildern, S. 71-84.
ISSN 0342-2070
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/seegfroerne/at_download/down1

100. Expeditionskartographie unter besonderer Berücksichtigung der Polargebiete.
In: *Kainz, Wolfgang / Kriz, Karel / Riedl, Andreas (Hrsg.):* Aspekte der Kartographie im Wandel der

Zeit. Festschrift für Ingrid Kretschmer zum 65. Geburtstag und anlässlich ihres Übertritts in den Ruhestand. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 16. Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, Wien, 2004, S. 25-34.
ISBN 3-900830-54-1

101. Map of Karls-Eisfeld (Hallstätter Gletscher) 1899/1900, Austria (Reprint).
In: *Haeberli, Wilfried / Zemp, Michael / Frauenfelder, Regula / Hoelzle, Martin / Kääb, Andreas (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1995-2000 (Vol. VIII). A contribution to the Global Terrestrial Network for Glaciers (GTN-G) as part of the Global Terrestrial/Climate Observing System (GTOS/GCOS), the Division of Early Warning and Assessment and the Global Environment Outlook as part of the United Nations Environment Programme (DEWA and GEO, UNEP), and the International Hydrological Programme (IHP, UNESCO). Prepared by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). Commission on Cryospheric Sciences of the International Union of Geodesy and Geophysics, Nairobi / Paris, 2005, S. 62.
ISSN 1997-9118
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_2005_fogVIII.pdf

102. Waxeggkees, 1950 - 1960 - 1980 - 1989 - 2000, Austria, 1:15.000.
In: *Haeberli, Wilfried / Zemp, Michael / Frauenfelder, Regula / Hoelzle, Martin / Kääb, Andreas (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1995-2000 (Vol. VIII). A contribution to the Global Terrestrial Network for Glaciers (GTN-G) as part of the Global Terrestrial/Climate Observing System (GTOS/GCOS), the Division of Early Warning and Assessment and the Global Environment Outlook as part of the United Nations Environment Programme (DEWA and GEO, UNEP), and the International Hydrological Programme (IHP, UNESCO). Prepared by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). Commission on Cryospheric Sciences of the International Union of Geodesy and Geophysics, Nairobi / Paris, 2005, S. 65.
ISSN 1997-9118
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_2005_fogVIII.pdf
[zusammen mit HERMANN RENTSCH]

103. Maps of Fedtschenko Glacier, Tajikistan, 1:50.000 (Reprints of Terrestrial Photogrammetric Maps).
In: *Haeberli, Wilfried / Zemp, Michael / Frauenfelder, Regula / Hoelzle, Martin / Kääb, Andreas (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1995-2000 (Vol. VIII). A contribution to the Global Terrestrial Network for Glaciers (GTN-G) as part of the Global Terrestrial/Climate Observing System (GTOS/GCOS), the Division of Early Warning and Assessment and the Global Environment Outlook as part of the United Nations Environment Programme (DEWA and GEO, UNEP), and the International Hydrological Programme (IHP, UNESCO). Prepared by the World Glacier Monitoring Service (WGMS). Commission on Cryospheric Sciences of the International Union of Geodesy and Geophysics, Nairobi / Paris, 2005, S. 71.
ISSN 1997-9118
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_2005_fogVIII.pdf
[zusammen mit LUDWIG BRAUN und A. FRANZ]

104. Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv.
In: Akademie Aktuell, Zeitschrift der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Heft 14/2005, München, 2005, S. 22-25.
ISSN 1436-753X
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/akademieaktuell/at_download/down1

105. Kartographie als Klimaarchiv – Karten dokumentieren die „Kleine Eiszeit".
In: *Peter, Hans Ulrich (Red.):* 22. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, 18.-24. September 2005 in Jena. Programm und Zusammenfassung der Tagungsbeiträge. Terra Nostra, Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Heft 3/2005. Berlin, 2005, S. 31.
ISSN 0946-8978

106. Kartographie als Klimaarchiv. Meereis im Norden, vom Eis verschlossene Schiffspassagen und vorstoßende Gletscher – alte Karten dokumentieren die Kleine Eiszeit".
In: Eiszeitalter und Gegenwart (E&G), Band 55, Greifswald, S. 1-24.
ISSN 0424-7116

107. Karten als Klimazeugen.
In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft (MÖGG), Band 147, Wien, 2005, S. 237-264.
ISSN 0029-9138
http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/moegg05/at_download/down1

108. Längenfehler und Ausgangsmeridiane in alten Landkarten.
In: Cartographica Helvetica, Band 33, Murten, 2006, S. 39-41.
ISSN 1015-8480
[zusammen mit GUSTAV FORSTNER]

109. Secrecy and the Falsification of Maps for Military and Political Reasons.

In: *Unverhau, Dagmar (Hrsg.):* State Security and Mapping in the GDR. Map Falsification as a Consequence of Excessive Secrecy? Lectures to the Conference of the BStU from 8th to 9th March 2001 in Berlin. Archiv zur DDR-Staatssicherheit, Band 7. Lit-Verlag, Berlin, 2006, S. 153-166.

ISBN 3-8258-9039-2

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/mapfalsification/at_download/down1

110. Kartographie als buntes Klimaarchiv – Karten dokumentieren die Klimavariabilität.

In: *Dodt, Jürgen (Red.):* XYZ-aufgelöst. Kartographische Anwendungen für Gegenwart und Zukunft. Kartographische Schriften (KS), Band 12. Kirschbaum, Bonn-Bad Godesberg, 2006, S. 203-212.

ISBN 978-3-7812-1652-5

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/KS-12/at_download/down1

111. Gedruckte Regionalkarten des 16. und 17. Jahrhunderts.

In: *Zentai, László / Györfy, Janós / Török, Zsolt (Hrsg.):* Térkép – Tudományi: Tanulmányok Klinghammer István professzor 65. születésnapja tiszteletére / Map – Science: papers in honour of the 65th birthday of Prof. István Klinghammer / Karte – Wissenschaft: Festschrift zum 65. Geburtstag zu Ehren von Prof. István Klinghammer. Studia Cartologica, Band 13. ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, Budapest, 2006, S. 71-80.

ISSN 0495-1719

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/klinghammer/at_download/down1

112. Karten dokumentieren den Rückzug der Gletscher seit 1850.

In: *Kriz, Karel (Hrsg.):* Kartographie als Kommunikationsmedium. Cartography as a communication medium. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 17. Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, Wien, 2006, S. 191-200.

ISBN 3-900830-59-2

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/gletscherrueckzug/at_download/down1

113. Eine Karte des Zugspitzgebietes (18. Jh.) und die Wirrnisse um die Erstbesteigung.

In: Cartographica Helvetica, Band 35, Murten, 2007, S. 3-7.

ISSN 1015-8480

[zusammen mit THOMAS HORST]

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/zugspitzkarte/at_download/down1

114. Klimaentwicklung in alten Karten und Bilder.

In: *Haber, Wolfgang et al. (Hrsg.):* Natur und Mensch in Mitteleuropa im letzten Jahrtausend. Rundgespräch vom 16. Oktober 2006 in München. Rundgespräche der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Band 32. Pfeil, München, 2007, S. 65-80.

ISBN 3-89937-077-5
ISBN 978-3-89937-077-5

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/rundgespraeche/at_download/down1

115. Die Tirolkarten von Matthias Burgklechner.

In: *Brunner, Kurt / Heinz, Markus (Hrsg.):* 10. Kartographiehistorisches Colloquium Bonn 2000. Vorträge und Berichte. Herausgegeben in Verbindung mit der Kommission „Geschichte der Kartographie" der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Kirschbaum, Bonn-Bad Godesberg,, 2008, S. 167-173.

ISBN 978-3-7812-1783-6

116. 850 Jahre München – 550 Jahre München in Karten.

In: Kartographische Nachrichten (KN), 59. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, 2009, S. 83-91.

ISSN 0022-9164

[zusammen mit THOMAS HORST]

http://www.unibw.de/ipk/karto/schriften/pubbrunner/wispub/kn-2-2009/at_download/down1

117. Im Dienst der Sowjetmacht. Geheimhaltung von Karten in der UdSSR und DDR.

Dossier „Die Macht der Karten oder: Was man mit Karten machen kann". Wissenschaftliche Veröffentlichungen der Prof. Frithjof Voss Stiftung. Online Publikation:

http://voss-stiftung.de/wissenschaftliche-publikationen/

118. München auf alten Karten.

In: Cartographica Helvetica, Band 42, Murten, 2010, S. 19-27.

ISSN 1015-8480

[zusammen mit THOMAS HORST]

119. Die Karten der Schedelschen Weltchronik der Sammlung Woldan.

In: *Horst, Thomas / Svatek, Petra / Holzer, Gerhard (Hrsg.):* Die Leidenschaft des Sammelns. Streifzüge durch die Sammlung Woldan, Band 1. Edition Woldan, Band 3. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 2010, S. 63-80.

ISBN 978-3-7001-6894-2

120. Ortslisten mit geographischen Koordinaten an der Schwelle der frühen Neuzeit und ihr Einfluss auf die Kartographie.

In: *Brunner, Kurt / Horst, Thomas (Hrsg.):* 15. Kartographiehistorisches Colloquium München 2010. Vorträge – Berichte – Posterbeiträge. Herausgege-

ben in Verbindung mit Markus Heinz, der Kommission „Geschichte der Kartographie“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. sowie der Arbeitsgruppe D-A-CH deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker DGfK-ÖKK/ÖGG-SGK. Im Druck.
[zusammen mit THOMAS HORST]

121. Übung für die Antarktis – Wilhelm Filchners Vorexpedition nach Spitzbergen im Jahr 1910.
In: *Brunner, Kurt / Lüdecke, Cornelia (Hrsg.):* „Von A(ltenburg) bis Z(eppelin). Deutsche Forschung in Spitzbergen bis 1914“**.** 100 Jahre Expedition des Herzogs Ernst II. von Sachsen-Altenburg. Vorträge der Tagung 2011 des Fachausschusses Geschichte der Meteorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und des Arbeitskreises Geschichte der Polarforschung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung am 24./25. September 2011 im Naturkundlichen Museum Mauritianum, Altenburg. Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München, Heft 88. Im Druck.
ISSN 0173-1009
[zusammen mit CORNELIA LÜDECKE]

122. Weiße Flächen, falsche Wege. Kartenfälschungen in der Neuzeit.
In: *Brockhaus (Hrsg.):* Brockhaus Horizonte: Von Irrtümern und Täuschungen. Brockhaus, Gütersloh / München. Im Druck.

C. Lexikabeiträge

1. In: *Kretschmer, Ingrid / Dörflinger, Johannes / Wawrik, Franz (Bearb.):* Lexikon zur Geschichte der Kartographie. Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. Band 1: A-L. Die Kartographie und ihre Randgebiete. Enzyklopädie, Band C/1. Deuticke, Wien, 1986.
ISBN 3-7005-4562-2

- **a. Alpenvereinkarte, Karte alpiner Vereine.** S. 11-16.
- **b. Gletscherkarte.** S. 269-270.

2. In: *Bollmann, Jürgen / Koch, Wolf Günther (Hrsg.):* Lexikon der Kartographie und Geomatik. Band 1: A bis Karti. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, 2001.
ISBN 3-8274-1055-X

- **a. Äquidistanzsysteme.** S. 29.
- **b. Fortführungsturnus.** S. 264 f.
- **c. Geländepunkt.** S. 282.
- **d. Gitternetz.** S. 333.
- **e. Haupthöhenlinie.** S. 368.
- **f. Hilfshöhenlinie.** S. 372.
- **g. Höhenzug.** S. 379.
- **h. Hohlform.** S. 380.

3. In: *Bollmann, Jürgen / Koch, Wolf Günther (Hrsg.):* Lexikon der Kartographie und Geomatik. Band 2: Karto bis Z. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg / Berlin, 2001.
ISBN 3-8274-1056-8

- **a. Katasteramt.** S. 48.
- **b. Kippregel.** S. 55.
- **c. Messtisch.** S. 142.
- **d. Scharungsdiagramm.** S. 306.
- **e. Scharungseffekt.** S. 306.
- **f. Scharungsersatz.** S. 306.
- **g. Schattenschraffen.** S. 306.
- **h. Zähllinie.** S. 441.

D. Weitere Veröffentlichungen

1. Die Ausbildung zum Dipl.-Ing.(FH) für Kartographie im Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie an der Fachhochschule Karlsruhe.
In: *Leibbrand, Walter (Hrsg.):* Kartographie der Gegenwart in der Bundesrepublik Deutschland ’84, zusammengestellt zum 33. Deutschen Kartographentag 1984 (in Fellbach), anlässlich der 3. Dreiländertagung der Schweizerischen Gesellschaft für Karto graphie, der Österreichischen Kartographischen Kommission in der Österreichischen Geographischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Kartographie, Band I. Selbstverlag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie, Bielefeld, 1984, S. 246-251.
[zusammen mit Werner BÖSER]

2. 37. Deutscher Kartographentag 1988 in München.
In: Kartographische Nachrichten (KN), 38. Jhrg., Heft 6, Bonn-Bad Godesberg, 1988, S. 258.
ISSN 0022-9164
[zusammen mit JOACHIM NEUMANN]

3. **Gustav Neugebauer 70 Jahre.**
   In: Kartographische Nachrichten (KN), 42. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, 1992, S. 66-67.
   ISSN 0022-9164

4. **Ausbildung im Studiengang Vermessungswesen an der Universität der Bundeswehr München.**
   In: Mitteilungsblatt des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW), Landesverein Bayern e.V., 46. Jhrg., Heft 1, München, 1994, S. 64-70.
   ISSN 0723-6336

5. **Institut für Photogrammetrie und Kartographie der Universität der Bundeswehr München.**
   In: Mitteilungsblatt des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW), Landesverein Bayern e.V., 46. Jhrg., Heft 1, München, 1994, S. 80-92.
   ISSN 0723-6336
   [zusammen mit EGON DORRER]

6. **Ausstellung „Altbayerische Flußlandschaften an Donau, Lech, Isar und Inn“.**
   In: Kartographische Nachrichten (KN), 48. Jhrg., Heft 6, Bonn- Bad Godesberg, 1998, S. 239-240.
   ISSN 0022-9164

7. **Rüdiger Finsterwalder 70 Jahre.**
   In: Kartographische Nachrichten (KN), 50. Jhrg., Heft 4, Bonn-Bad Godesberg, 2000, S. 182-183.
   ISSN 0022-9164

8. **Gustav Neugebauer †.**
   In: Kartographische Nachrichten (KN), 54. Jhrg., Heft 1, Bonn-Bad Godesberg, 2004, S. 38-39.
   ISSN 0022-9164

9. **Ingrid Kretschmer 65 Jahre.**
   In: Kartographische Nachrichten (KN), 54. Jhrg., Heft 2, Bonn-Bad Godesberg, 2004, S. 88-89.
   ISSN 0022-9164

10. **Ingrid Kretschmer im Ruhestand.**
    In: Cartographica Helvetica, Band 30, Murten, 2004, S. 2.
    ISSN 1015-8480

11. **Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv.**
    In: Hochschulkurier, Universität der Bundeswehr München, Nr. 23, Neubiberg, 2005, S. 20-22.
    ISSN 234-87643
    http://www.unibw.de/praes/service/presse/hochschulkurier/HSK2005/at_download/down2

Vortragsverzeichnis Prof. Kurt Brunner

1. **Die Darstellung von Gletschern in alten und neuen Karten großen Maßstabs.**
   14.12.1978 – Ortsverein München der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.
2. **Heutige Verfahren der Fortführung topographischer Karten 1:100.000 und kleinerer Maßstäbe.**
   10.05.1979 – Fachhochschule Karlsruhe, Studiengang Kartographie, Karlsruhe.
3. **Die Darstellung von Alpengletschern.**
   15.11.1979 – Ortsverein Stuttgart der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Stuttgart.
4. **Atlaskartographie – Originalherstellung farbiger Höhenstufen.**
   14.09.1983 – 14. Arbeitskurs Niederdollendorf des Arbeitskreises Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.
5. **Farbige Höhenstufen – Von der Konzeption bis zum Druck.**
   12.04.1984 – Ortsverein München der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.
6. **Kartentechnik und Kartengestaltung.**
   10.01.1985 – Universität Bonn, Institut für Kartographie und Topographie, Bonn.
7. **Kartentechnik und Kartengestaltung.**
   12.06.1986 – Geodätisches Kolloquium an der Universität der Bundeswehr München, Studiengang Vermessungswesen, Neubiberg.
8. **Zur Darstellung von Gletschern in alten Karten.**
   30.10.1986 – 3. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Wien, Österreich.
9. **Faksimiles als Hilfsmittel der Kartographiegeschichte.**
   18.03.1988 – 4. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Karlsruhe.
10. **Die Carta marina des Olaus Magnus aus dem Jahre 1539.**
    04.07.1989 – Kolloquium „Epochen der Erweiterung des Erdbildes“, Universität Ulm, Humboldt-Zentrum für Geisteswissenschaften, Ulm.
11. **Karten des Kilimandscharo um die Jahrhundertwende. Ein Beitrag zur Kolonialkartographie.**
    08.08.1989 – Symposium „Kartographie und Staat“. 18. Internationaler Kongress für Geschichte der Naturwissenschaften in Hamburg und München, München.
12. **Die Bairischen Landtafeln des Philipp Apian.**
    23.11.1989 – Kartographisches Kolloquium des Fachbereichs Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und des Ortsvereins Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.
13. **Die Bairischen Landtafeln des Philipp Apian.**
    17.01.1990 – Landesverein Hessen der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Frankfurt am Main.
14. **Gletscherdarstellungen in alten Karten und Veduten.**
    01.02.1990 – Geographische Gesellschaft München, München.
15. **Der Kilimandscharo: seine Erstbesteigung und erste Karten.**
    15.03.1990 – Ortsverein München der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.
16. **Die „Carta marina“ des Olaus Magnus vom Jahre 1539.**
    23.03.1990 – 5. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Oldenburg.
17. **Anfänge der deutschen und österreichischen Kartographie in Ostafrika.**
    17.05.1990 – Kolloquium für Geographie und Raumplanung an der Universität Bayreuth, Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Fachgruppe Geowissenschaften, Bayreuth.
18. **Philipp Apians Bairische Landtafeln.**
    15.09.1990 – Arbeitskreis Geschichte des Vermessungswesens des Verbandes Deutscher Vermessungsingenieure (VDV), Oldenburg.
19. **Reliefdarstellung in Schulatlanten.**
    24.09.1990 – I. Internationales Symposium der Schulkartographie, Universität Wien, Institut für Geographie, Wien, Österreich.
20. **Die Bairischen Landtafeln des Philipp Apian.**
    14.11.1990 – Landesverein Mittelrhein der Deut-

schen Gsellschaft für Kartographie (DGfK), Koblenz.

21. **Gletscherdarstellungen in Altkarten bis 1800.**
17.01.1991 – Geodätisches Kolloquium an der Universität Gesamthochschule Essen, Fachbereich Vermessungswesen, Essen.

22. **Sea Ice and Glaciers in Old Maps of the Arctic Sea and Baltic Sea** (Eis und Gletscher in alten Karten des Nordmeers und der Ostsee)**.**
14.06.1991 – XIVth International Conference on the History of Cartography, Uppsala / Stockholm, Schweden.

23. **Nordeuropa-Darstellungen in den Ptolemäus-Ausgaben am Ende des 15. Jahrhunderts.**
08.10.1992 – 6. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Berlin.

24. **Erste Karten Ostafrikas. Ein Beitrag zur Forschungs- und Kolonialkartographie.**
25.11.1992 – Vermessungs- und Kartographiehistorisches Kolloquium des Fachbereichs Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und des Ortsvereins Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

25. **Erste kartographische Darstellungen von Polargebieten mit Hinweisen auf Meereis und Gletscher.**
23.09.1993 – 7. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, Obergurgl, Österreich.

26. **Karten als Ergebnis der Deutschen Spitzbergen-Expedition 1990-1992.**
07.10.1993 – Ortsverein Braunschweig der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Braunschweig.

27. **Desktop Mapping an dezentralen Arbeitsplatzrechnern von Apple Macintosh.**
03.11.1993 – 30. Sitzung der Arbeitsgruppe „Automation in der Kartographie“ (AgA) der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) und der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV), Frankfurt am Main.

28. **Desktop Mapping an dezentralen Arbeitsplatzrechnern von Apple Macintosh.**
20.01.1994 – Amt für Militärisches Geowesen (MilGeo), Euskirchen.

29. **Expeditionskartographie im Nordpolargebiet am Beispiel von Spitzbergen. Vom frühen Einsatz der Photogrammetrie bis zu Desktop Mapping.**
17.02.1994 – Ortsverein Stuttgart der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Stuttgart.

30. **Einsatz von Desktop-Mapping-Werkzeugen in der Thematischen Kartographie.**
15.03.1994 – Geoseminar der Fa. Linotype-Hell, München.

31. **Desktop Mapping als Methode der Digitalen Kartographie.**
12.10.1994 – Landesverein Südbaden der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Freiburg im Breisgau.

32. **Desktop Mapping als Methode der Digitalen Kartographie.**
13.10.1994 – Ortsverein Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

33. **Frühe Darstellungen Nordeuropas und der Arktis in Karten.**
12.01.1995 – Vermessungs- und Kartographiehistorisches Kolloquium des Fachbereichs Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und des Ortsvereins Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

34. **Digitale Kartographie mit Desktop Mapping.**
08.02.1995 – Ortsverein München der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.

35. **Desktop Mapping am Beispiel von Expeditionskarten von Spitzbergen.**
22.02.1995 – Ortsverein Halle-Leipzig der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Halle.

36. **Desktop Mapping versus GIS-Kartographie.**
28.03.1995 – Landesverein Berlin-Brandenburg der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Berlin.

37. **Digitale Kartographie mit Desktop Mapping.**
29.03.1995 – Landesverein Mecklenburg-Vorpommern des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW), Schwerin.

38. **Expeditionskartographie auf Spitzbergen.**
30.03.1995 – Technische Universität Berlin, Fachgebiet Photogrammetrie und Kartographie, Berlin.

39. **Expeditionskartographie in Nordpolargebieten am Beispiel von Spitzbergen.**
25.04.1995 – Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien, Österreich.

40. **Die Carta marina des Olaus Magnus, ein Regionalkartenwerk Skandinaviens von 1539.**
27.04.1995 – Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien, Österreich.

41. **Desktop Mapping als Methode der digitalen Kartographie.**

04.05.1995 – Technische Universität Wien, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wien, Österreich.

42. **Die Bairischen Landtafeln des Philipp Apian von 1560.**
16.05.1995 – Eötvös Loránd Universität, Institut für Geographie und Geowissenschaften, Budapest, Ungarn.

43. **Frühe Anwendungen der analytischen Photogrammetrie für topographische Aufnahmen.**
15.06.1995 – Seminar an der Eidgenössischen Technische Hochschule Zürich (ETH), Zürich, Schweiz.

44. **Digitale Kartographie an Arbeitsplatzrechnern.**
26.10.1995 – Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Fachbereich Geoinformatik und Vermessung, Mainz.

45. **Digitale Kartographie an Arbeitsplatzrechnern.**
23.11.1995 – Landesverein Rhein-Ruhr der Deut schen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Essen.

46. **Digitale Kartographie.**
18.04.1996 – Eötvös Loránd Universität, Institut für Geographie und Geowissenschaften, Budapest, Ungarn.

47. **Digitale Kartenbearbeitung – Methoden und Möglichkeiten.**
06.12.1996 – Landesverein Thüringen der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Erfurt.

48. **Digitale Technologien in der Kartographie – Methoden und Möglichkeiten.**
30.01.1997 – Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und Universität Innsbruck, Institut für Geodäsie, Innsbruck, Österreich.

49. **Die Alpenvereinskartographie des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins.**
20.02.1997 – Ortsverein Stuttgart der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Stuttgart.

50. **Die „Carta marina ...", eine Nordeuropakarte des Olaus Magnus vom Jahre 1539.**
28.05.1997 – Vorlesung für Vertiefer, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden.

51. **Die Alpenvereinskartographie des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins.**
04.12.1997 – Vermessungs- und Kartographiehistorisches Kolloquium des Fachbereichs Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und des Ortsvereins Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

52. **Moderne Entwicklungen in der kartographischen Visualisierung.**
13.05.1998 – Tagung der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung, Küppenstein, Dachstein, Österreich.

53. **Alpenvereinskartographie.**
08.09.1998 – Landesverein Berlin-Brandenburg der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Berlin.

54. **Regionalkarten von Ost-Preußen des 16. Jahrhunderts.**
30.09.1998 – 9. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Rostock.

55. **Alpenvereinskartographie.**
23.10.1998 – Kolloquium an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) Zürich, Schweiz.

56. **Expeditionskartographie auf Spitzbergen.**
29.10.1998 – Eötvös Loránd Universität, Institut für Geographie und Geowissenschaften, Budapest, Ungarn.

57. **Neue Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben für den Kartographen – Ein Plädoyer für attraktive Bildschirmkarten.**
03.12.1998 – Workshop „Interaktive Karten und Multimedia-Applikationen" an der Technischen Universität Wien, Institut für Kartographie, Wien, Österreich.

58. **Alpenvereinskartographie.**
11.11.1999 – Deutscher Alpenverein, Alpines Museum, München.

59. **Die Tirolkarten von Matthias Burgklechner.**
15.09.2000 – 10. Kartographiehistorisches Colloquium des Arbeitskreises Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Bonn.

60. **Limitierungen bei der elektronischen Bildanzeige von Karten.**
26.09.2000 – 3. GeoViSC-Workshop an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geoinformatik, Münster.

61. **Kartengestaltung für elektronische Bildanzeige.**
17.11.2000 – Symposium „Theorie 2000", Dresdener Sommerschule für Kartographie, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden.

62. **Großmaßstäbige Karten von Alpengletschern zu gletscherkundlichen Zwecken.**
25.01.2001 – Geographisches Kolloquium an der

Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung, Graz, Österreich.

63. Geheimhaltung und Verfälschung von Karten aus militärischen und politischen Gründen.
09.03.2001 – Workshop „Kartenverfälschung“ beim Bundesbeauftragten für die Stasi-Unterlagen (BStU), Berlin.

64. Expeditionskartographie auf Spitzbergen.
27.03.2001 – 20. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, Dresden.

65. Anforderungen an die kartographische Visualisierung von Geodaten am Bildschirm.
04.07.2001 – AGIT-Symposium 2001, Symposium und Fachmesse Angewandte Geoinformatik, Salzburg, Österreich.
[zusammen mit STEFAN NEUDECK]

66. Erhard Etzlaubs Karte „Die Landstraßen durch das Römische Reich“.
03.10.2001 – 50. Deutscher Kartographentag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Berchtesgaden.

67. Probleme bei der elektronischen Visualisierung von Altkarten.
05.10.2001 – Tagung des Arbeitskreises Kartenkuratoren der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Salzburg, Österreich.

68. Geheimhaltung und Verfälschung topographischer Karten.
25.10.2001 – Vermessungs- und Kartographiehistorisches Kolloquium des Fachbereichs Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und der Sektion Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

69. Geheimhaltung und Verfälschung topographischer Karten.
21.11.2001 – Institutskolloquium des Instituts für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, Wien, Österreich.

70. Graphische und kartographische Aspekte der Bildanzeige.
28.02.2002 – Symposium „TeleKartographie & Location Based Services“, Technische Universität Wien, Österreich.
[zusammen mit STEFAN NEUDECK]

71. Elektronische Bildanzeige von Geoinformation.
08.05.2002 – „Symposium 2002 – Kartographie als Baustein moderner Kommunikation“ der Kommission Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Königslutter am Elm.

72. Landschaftsbilder und Graphik als Klimazeugen.
26.08.2002 – 31. DEUQUA-Tagung 2002 der Deutschen Quartärvereinigung (DEUQUA), Potsdam/Berlin.

73. Kartographische Aktivitäten während der deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903.
20.09.2002 – 11. Kartographiehistorisches Colloquium der Kommission Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Nürnberg.

74. Geheimhaltung und Verfälschung topographischer Karten.
27.11.2002 – Sektion Hessen der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Frankfurt am Main.

75. Kartographische Bildanzeige an Arbeitsplatzrechnern und an mobilen Endgeräten.
16.01.2003 – Sektion Mittelrhein der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Bonn - Bad Godesberg.

76. Dokumentation von Kälteperioden in Landschaftsbildern, Druckgraphik und Karten.
23.09.2003 – 6. Deutsche Klimatagung „Klimavariabilität“, Potsdam.

77. Kartographische Reliefdarstellung – bewährte Methoden für das Printmedium.
25.09.2003 – Symposium „Theorie 2003“, 8. Dresdener Sommerschule für Kartographie, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Dresden.

78. Kartographische Visualisierung an Arbeitsplatzrechnern und mobilen Endgeräten.
13.11.2003 – Sektion Hannover der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Hannover.

79. Die erste deutsche Südpolarexpedition unter Erich von Drygalski aus kartographischer Sicht.
28.11.2003 – 3. Münchener Workshop zur Hochgebirgsforschung, Universität München.

80. Limitierungen bei der kartographischen Bildanzeige an Desktops und mobilen Endgeräten.
03.12.2003 – Sektion Stuttgart der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Stuttgart.

81. Geheimhaltung und Verfälschung von topographischen Karten aus politischen und militärischen Gründen.
18.02.2004 – Sektion Bayern der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.

82. Karten als Klimazeugen – Karteninhalte als Proxydaten zur Klimageschichte.
02.10.2004 – 12. Kartographiehistorisches Colloquium der Kommission Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie

(DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Frankfurt am Main.

83. Karten als Klimazeugen.
26.11.2004 – Festkolloquium Prof. Ingrid Kretschmer, Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, Wien, Österreich.

84. Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv – gezeigt an den Beständen der Universitätsbibliothek und einigen Leihgaben.
15.03.2005 – Universitätsbibliothek der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.

85. Kartographie als Klimaarchiv – Karten dokumentieren die „Kleine Eiszeit".
22.09.2005 – 22. Internationale Polartagung der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung, Jena.

86. Kartographie als Klimaarchiv – seit über 500 Jahren belegen Karten den Klimawandel.
09.11.2005 – Deutscher Alpenverein, Haus des Alpinismus, München.

87. Bunte Klimazeugen – Kartographie und Malerei belegen die Klimavariabilität.
15.12.2005 – Meteorologisches Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Glaziologie, München (Abb. 1).

88. Bunte Klimazeugen.
13.01.2006 – Universität Augsburg, Institut für Geographie, Augsburg.

89. Kartographie als buntes Klimaarchiv – Karten dokumentieren die Klimavariabilität.
20.03.2006 – Symposium Praktische Kartographie 2006 „xyz aufgelöst – Kartographische Anwendungen für Gegenwart und Zukunft" der Kommission Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Königslutter am Elm.

90. Karten dokumentieren den Rückzug der Gletscher seit 1850.
13.07.2006 – GICON 2006 „Geoinformation verbindet Gesellschaften", Mitteleuropäischer Kartographentag (= zugleich 54. Deutscher Kartographentag der Deutschen Gesellschaft für Kartographie), Universität Wien, Wien, Österreich.

91. Kartographie und Kunst als bunte Klimazeugen.
08.09.2006 – 20 Jahre Freundeskreis für Cartographica in der Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Kunstbibliothek, Staatliche Museen zu Berlin, Berlin.

92. Klimaentwicklung in alten Karten und Bildern.
16.10.2006 – Rundgespräch „Natur und Mensch in Mitteleuropa im letzten Jahrtausend" der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.

93. Kartographie als Klimaarchiv – Karten dokumentieren den Klimawandel.
16.11.2006 – Vermessungs- und kartographiehistorisches Kolloquium der Fakultät für Geomatik der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft und der Sektion Karlsruhe der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), Karlsruhe.

94. Schwankungen von Gletschern und Meereis, Rückgang und Renaissance des Weinbaus in Grenzlagen – Karten dokumentieren den Klimawandel.
21.03.2007 – Sektion Bayern der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.

95. Kartographie und Kunst als Klimazeugen im altbayerischen Stammesherzogtum.
13.10.2007 – XXXV. Aventinus-Tagung der Stiftung Aventinum, Weltenburger Akademie, Abensberg.

96. Das gefälschte Bild der Erde. Geheimhaltung und Verfälschung von Karten im 20. Jahrhundert.
26.09.2008 – „Die Macht der Karten oder: Was man mit Karten machen kann", Tagung der Prof. Dr. Frithjof Voss Stiftung für Geographie, Berlin.

97. Fälschungen und Verfälschungen von Karten.
29.09.2008 – „Grenzräume. Zum Umgang mit Karten im Geschichtsunterricht". Fachtagung des Verbandes der Geschichtslehrer Deutschlands, Landesverband Niedersachsen, Helmstedt.

98. Verfälschung und Geheimhaltung von Karten.
07.11.2008 – 14. Kartographiehistorisches Colloquium der Kommission Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) sowie der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH), Hamburg.

99. München in ersten Germania- und Regionalkarten – Ein Beitrag zum 850. Stadtjubiläum.
19.11.2008 – Sektion Bayern der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), München.

100. Albrecht Penck und die Gletscher.
05.12.2008 – Kolloquium zum 150. Geburtstag von Albrecht Penck, Alexander-von-Humboldt-Haus der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Berlin.

Abb. 1: *Plakat zum Vortrag am Meteorologischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.*

Von bzw. unter der Leitung von Prof. Kurt Brunner bearbeitete / herausgegebene Karten

A. Technische Universität München

Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik

1972-1979

1. **Vernagtferner 1969, 1:10.000** 1972
   Bearbeitung: KURT BRUNNER. 728 x 538 mm. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.[1]

2. **Vernagtferner, Gletscherstände ab 1889, 1:20.000,** drei Kartenblätter 1972
   Bearbeitung: KURT BRUNNER. Drei Kartenblätter. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.[1]

3. **Schwankungen bayerischer Gletscher** 1974
   Bearbeitung: KURT BRUNNER.[2]

4. **Kathmandu Valley, 1:50.000** 1977
   Schaffung der Grundlagen für das Kartenblatt des Nepalkartenwerkes der Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung e.V.[3]

5. **Gepatschferner 1971, 1:10.000** 1978
   Bearbeitung: KURT BRUNNER. 80 x 61 cm. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München. [4] [5]

6. **Orthophotokarte Langtaler Ferner 1971, 1:7.500** 1979
   Bearbeitung: KURT BRUNNER. 55 x 82 cm. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München.[5] [6]

B. Fachhochschule Karlsruhe

Studiengang Kartographie

1979-1988

1. **Darstellung der Veränderungen des Gepatschferners** 1985
   Unveröffentlichte Diplomarbeit von R. HENNINGER.

2. **Karte des Kathmandu Valley 1:100.000** 1985
   Unveröffentlichte Diplomarbeit von H. KERN.

3. **Änderungen der Zungenlage des Gepatschferners seit 1886** 1985
   4 Karten auf einem Blatt, 50 x 69 cm. Unveröffentlichte Diplomarbeit von CHRISTA SPINNER.

4. **Veränderungen des Vernagtferners seit 1850, 1:50.000** 1987
   Unveröffentlichte Diplomarbeit von KRISTIN SCHINDWOLF.

C. Universität der Bundeswehr München

Lehrstuhl für Kartographie und Topographie

seit 1988

1. **Der Vernagtferner im Jahre 1889, 1:10.000** 1988
   Faksimile-Nachdruck der Karte von Sebastian Finsterwalder von 1889 im Maßstab 1:10.000 durch die Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und das Bayerische Landesvermessungsamt München unter der Mitarbeit von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER und Dipl.-Ing. BERNHARD DRESSE. 68 x 53 cm + Faltblatt *„Begleitworte zur faksimilierten Karte Der Vernagt-Ferner im Jahre 1889"*.

---

[1] Beilage zu: *Kasser, Peter (Hrsg.) [1973]:* Fluctuations of Glaciers 1965-1970 (Vol. II). A contribution to the International Hydrological Decade. Edited by the Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Commission on Snow and Ice of the International Association of Hydrological Sciences, Paris.
ISBN 92-3-101045-X

[2] Beilage zu: *Brunner, Kurt [1974]:* Die kartographische Darstellung von Schwankungen der bayerischen Gletscher. In: Kartographische Nachrichten (KN), 24. Jhrg., Heft 6, Bonn, 1974, S. 215-219.
ISSN 0022-9164

[3] http://www.lrz.de/~a2901ad/webserver/webdata/Arge/karten%20-nk-1.htm
letzter Aufruf: 04.05.2012.

[4] Beilage zu: *Brunner, Kurt [1978]:* Zur neuen Karte „Gepatschferner 1971" im Maßstab 1:10.000. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, 14. Jhrg., Heft 2, Innsbruck, 1978, S. 133-151.
ISSN 0044-2836

[5] Beilage zu: *Haeberli, Wilfried (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1975-1980 (Vol. VI). A contribution to the International Hydrological Programme. Compiled for the Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers of the IUGG - FAGS/ICSU. International Association of Hydrological Sciences, Paris, 1985.
ISBN 92-3-102367-5

[6] Beilage zu: *Brunner, Kurt [1979]:* Begleitworte zur Orthophotokarte „Langtaler Ferner 1971" im Maßstab 1:7.500. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie (ZGG), Band XV, Heft 2, Innsbruck, 1979, S. 195-199.
ISSN 0044-2836

2. Orthophotokarten Spitzbergen 1:25.000
1. Ausgabe 1989/90
Herstellung von vier Orthophotokarten des Forschungsgebietes der Geowissenschaftlichen Spitzbergen Expedition (SPE '90-92) *„Stofftransport Land-Meer in polaren Geosystemen"*, bearbeitet durch Dipl.-Ing. DIETER BEINEKE und Dipl-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.[7]

3. Orthophotokarten Spitzbergen 1:25.000
2. Ausgabe 1991/92
Herstellung von vier Orthophotokarten des Forschungsgebietes der Geowissenschaftlichen Spitzbergen Expedition (SPE '90-92) *„Stofftransport Land-Meer in polaren Geosystemen"* mit neuen Gletschergrenzen von 1990, bearbeitet von Dipl-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.[8]

4. Geologische Karte Germaniahalvøya, Haakon VII Land, Spitzbergen (Svalbard) 1992
Hergestellt nach der geologischen Kartierung von KARSTEN PIEPJOHN vom Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Münster von MARION MÄCHLING und Dipl-Ing. DIETER BEINEKE unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER im Rahmen der Geowissenschaftlichen Spitzbergen Expedition (SPE '90-92) *„Stofftransport Land-Meer in polaren Geosystemen"*.[9]

5. Karte der Bodengesellschaften 1:25.000 Spitzbergen 1992-1994
Herstellung von zwei Kartenblättern des nördlichen Forschungsgebietes der Geowissenschaftlichen Spitzbergen Expedition (SPE '90-92) *„Stofftransport Land-Meer in polaren Geosystemen"* mit separatem Legendenblatt, bearbeitet von Dipl-Ing. (FH) UWE G. F. KLEIM unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.[8]

6. Rofan 1:25.000 1993
1. Pilotprojekt *„Bereitstellung digitaler Kartentechnik zur Aktualisierung von Alpenvereinskarten"* am Beispiel der Siedlungsgebiete im Bereich der Alpenvereinskarte Nr. 6 – Rofan 1:25.000, bearbeitet von Dipl-Ing.(FH) UWE G. F. KLEIM unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER. 53 x 42 cm. Deutscher Alpenverein, München, 3. Ausgabe, 1993.

7. Geological Map of the Brøggerhalvøya, NW-Spitsbergen, Svalbard, 1:40,000 1994
89 x 62 cm. Hergestellt nach Entwurfszeichnungen des Instituts für Geologie und Paläontologie der Universität Münster von MARION MÄCHLING unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt BRUNNER.[10]

8. Zillertaler Alpen 1:25.000 1994
2. Pilotprojekt *„Bereitstellung digitaler Kartentechnik zur Aktualisierung von Alpenvereinskarten"* am Beispiel der Siedlungsgebiete im Bereich der Alpenvereinskarte Nr. 35/3 – Zillertaler Alpen 1:25.000, östliches Blatt, bearbeitet von Dipl-Ing. (FH) UWE G. F. KLEIM unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER. 101 x 74 cm. 5. Ausgabe. Deutscher Alpenverein, München.

9. Storstrømmen, Northeast Greenland 1:150,000, 1995
Herstellung von zwei Kartenblättern (Nordblatt und Südblatt) mit separatem Legendenblatt im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes mit dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) und der Geologischen Forschungsanstalt für Dänemark und Grönland (GEUS), bearbeitet von G. FIUTAK unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER. Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven.[11]

---

[7] Beilagen zu: *Brunner, Kurt [1991]:* Arbeitsausgabe der Orthophotokarte. In: *Stäblein, Gerhard (Hrsg.):* Beiträge zur Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expedition 1990 (SPE 90) „Stofftransporte Land-Meer in polaren Geosystemen". Materialien und Manuskripte, Heft 19. Universität Bremen, Studiengang Geographie, Bremen, S. 35-40.
ISBN 3-88722-267-9

[8] Beilagen zu: *Brunner, Kurt / Hell, Günther [1994]:* Topographische und Thematische Karten zur Ergebnisdarstellung der Spitzbergen-Expedition (SPE) 1990-1992. In: *Blümel, Wolf Dieter (Hrsg.):* Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990-1992 (SPE 90-92). Liefde-, Wood- und Bockfjord/NW-Spitzbergen. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 97. Gebrüder Borntaeger, Berlin / Stuttgart, S. 1-13.
ISBN 3-443-21097-X

[9] Beilage zu: *Piepjohn, Karsten / Thiedig, Friedhelm [1994]:* Geologie und tektonische Entwicklung der Germaniahalvøya, Haakon VII Land, NW Spitzbergen (Svalbard). In: *Blümel, Wolf Dieter (Hrsg.):* Geowissenschaftliche Spitzbergen-Expedition 1990-1992 (SPE 90-92). Liefde-, Wood- und Bockfjord/NW-Spitzbergen. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 97. Gebrüder Borntaeger, Berlin / Stuttgart, S. 19-29.
ISBN 3-443-21097-X

[10] Beilage zu: *Thiedig, Friedhelm / Piepjohn, Karsten [1997]:* Geological Map of the Brøggerhalvøya, NW-Spitsbergen, Svalbard. In: Geologisches Jahrbuch, Reihe B: Regionale Geologie, Ausland, Heft 91. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover. Schweizerbart, Stuttgart.
ISSN 0341-6402

[11] Beilage zu: *Oerter, Hans / Reeh, Niels / Brunner, Kurt [1998]:* Storstrømmen, Northeast Greenland 1:150,000 (Aerial Photogrammetric Map). In: *Haeberli, Wilfried / Hoelzle, Martin / Suter, Stephan / Frauenfelder, Regula (Hrsg.):* Fluctuations of Glaciers 1990-1995 (Vol. VII). A contribution to the Global Invironment Monitoring System (GEMS) and the International Hydrological Programme (IHP). Prepared for the World Glacier Monitoring Service (WGMS). IAHS Press, Wallingford, S. 63-64.

10. Waxeggkees, Zillertaler Alpen 1:15.000 2000
Herstellung von fünf Kartenblättern zur Dokumentation der Gletscherschwankungen in den Ostalpen im Zeitraum 1950-2000 am Beispiel des Waxeggkees auf der Grundlage der Vermessungen und photogrammetrischen Auswertungen der Kommission für Glaziologie an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, bearbeitet unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.[12]

11. Das Karls-Eisfeld 1:10.000 2004
Faksimilierung der Karte von Arthur Frhr. v. Hübl von 1901 unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.[13]

[12] Beilage zu: *Brunner, Kurt / Rentsch, Hermann [2003]:* Das Verhalten des Waxeggkees in den Zillertaler Alpen von 1950 - 2000. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glaziologie (ZGG), 38. Jhrg., Heft 1, Innsbruck, S. 63-68.
ISSN 0044-2836

[13] Beilage zu: *Brunner, Kurt (Hrsg.) [2004]:* Das Karlseisfeld. Forschungsarbeiten am Hallstätter Gletscher. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 38, herausgegeben vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein, München, 103 S.
ISBN 3-937530-01-0
ISSN 0084-0912

ISSN 1997-9118
http://www.geo.uzh.ch/microsite/wgms/fog/wgms_1998_fogVII.pdf
letzter Aufruf: 04.05.2012.

Von Prof. Kurt Brunner betreute Dissertationen

1. ***Müller, Martina [1991]:***

Geometrische Genauigkeit topographischer Karten. Modelltheoretische Grundlagen zur geometrisch-graphischen Generalisierung.

Technische Universität Dresden, 1991, 120 S.

Promotion: Dezember 1990
Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. PETER MESENBURG, Gesamthochschule Essen.

2. ***Cui, Tiejun [1998]:***

Generierung hochwertiger Digitaler Geländemodelle aus analogen Karten mittels Mathematischer Morphologie.

Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 61, Neubiberg, 1998, 188 S.

ISSN 0173-1009

Promotion am: 08.05.1998
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. SIEGFRIED MEIER, Technische Universität Dresden, Institut für Planetare Geodäsie.

3. ***Beineke, Dieter [2000]:***

Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten.

Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 71, Neubiberg, 2001, 155 S.

ISSN 0173-1009

Promotion am: 26.10.2000
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt BRUNNER.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. WILHELM CASPARY, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geodäsie.

http://www.unibw.de/ipk/karto/forschung/promotionen/phdbeineke/at_download/down1 (Dissertation)

http://www.unibw.de/ipk/karto/forschung/promotionen/bei-diss-korr/at_download/down1 (Korrekturen)

letzter Aufruf: 01.02.2012.

4. ***Neudeck, Stefan [2001]:***

Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung.

Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 74, Neubiberg, 2001, 131 S.

ISSN 0173-1009

Promotion am: 08.05.1998
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. WILHELM CASPARY, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geodäsie.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.

http://www.unibw.de/inf4/professuren/geoinformatik/forschung/dissertationen/karten_visualisierung (Zusammenfassung)

letzter Aufruf: 01.02.2012.

5. ***Forstner, Gustav [2005]:***

Längenfehler und Ausgangsmeridiane in alten Landkarten und Positionstabellen.

Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 80, Neubiberg, 2005, 326 S.

ISSN 0173-1009

Promotion am: 10.03.2005
1. Gutachter: UNIV.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. ALBERT SCHÖDLBAUER, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geodäsie.

http://137.193.200.7:8081/node?id=85252 (Elektronische Dissertation)

letzter Aufruf: 01.02.2012.

6. ***Voser, Stefan A. [2006]:***

Konzeptuelle Modellierung von Koordinatensystemen für Geodateninfrastrukturen.

Mapref.org, Liebefeld, 2007, 236 S.

Promotion am: 06.04.2006
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. WILHELM CASPARY, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geodäsie.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.
3. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. WOLFGANG REINHARDT, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geoinformation und Landentwicklung.

7. ***Moser, Jana [2007]:***

Untersuchungen zur Kartographiegeschichte von Namibia. Die Entwicklung des Karten- und Vermessungswesens von den Anfängen bis zur Unabhängigkeit 1990.

Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Textband, 284 S., 1 CD-ROM, Anlagenband, 206 S., 2007.

Promotion am: 23.05.2007
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. WOLF GÜNTHER KOCH, Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie.
2. Gutachter: Prof. Dr. UWE ULRICH JÄSCHKE, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Geoinformation.
3. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.

http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/766/1197214517582-8480.pdf

letzter Aufruf: 03.05.2012.

8. ***Horst, Thomas [2008]:***

Die Entwicklung der Manuskriptkarten Altbayerns: Eine kartographiehistorische Studie zum Augenscheinplan (Tyberiade) unter besonderer Berücksichtigung der Kultur- und Klimageschichte.

Erschienen unter dem Titel: *„Die älteren Manuskriptkarten Altbayerns. Eine kartographiehistorische Studie zum Augenscheinplan unter besonderer Berücksichtigung der Kultur- und Klimageschichte“*. Schriftenreihe zur Bayerischen Landesgeschichte, Band 161 (2 Teilbände: Untersuchung und Katalog), Beck, München, 2009, 589 S.

ISBN 978-3-406-10776-4

Promotion am: 11.02.2008
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. phil. WALTER KOCH, Ludwig-Maximilians-Universität München, Historisches Seminar.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.

9. ***Hafeneder, Rudolf [2008]:***

Deutsche Kolonialkartographie 1884-1919.

Schriftenreihe des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr, Bonn, 2008. Heft 1a: Textband, 201, 38 S.; Heft 1b: Anlagenband, 245 S.

ISSN 1865-6978

Promotion am: 13.06.2008
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. KURT BRUNNER.
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. ALBERT SCHÖDLBAUER, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geodäsie.

http://137.193.200.7:8081/node?id=86117
(Elektronische Dissertation)
letzter Aufruf: 01.02.2012.

Von Prof. Kurt Brunner betreute Diplomarbeiten

A. Technische Universität München

Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik

1. *Breitner, J. [1975]:*
   Untersuchung der Genauigkeit von Höhenlinien auf Eis und Schnee.
2. *Ott, H. [1976]:*
   Bestimmung und Darstellung der Eisbewegung am Langtaler Ferner.
3. *Eberle, R. / Ewald, W. [1978]:*
   Beiträge zur Gepatschfernervermessung.

B. Fachhochschule Karlsruhe

Studiengang Kartographie

1. *Auerbach, G. [1983]:*
   Siedlungsdarstellung in chorographischen Karten.
2. *Boullion, Th. [1983]:*
   Mehrfarbige Höhenstufen mit der „kurzen Skala".
   Siehe: *Brunner, Kurt / Boullion, Th. [1983]:* Mehrfarbige Höhenstufen mit der „kurzen Skala". In: Kartographische Nachrichten, 33. Jhrg., Heft 4, Bonn, S. 131-134, mit vier Kartenbeilagen.
3. *Schielke, B. [1983]:*
   Darstellung der Veränderungen der Zungenlage des Gepatschferners in den Ötztaler Alpen.
4. *Schmid, W. [1983]:*
   Bearbeitung von Karten des Expeditionsgebietes der Deutschen Antarktisexpedition 1938/39.
5. *Schmitt, A. [1983]:*
   Kartenprobe für eine „Topographische Grundkarte 1:10.000".
6. *Abb, M. [1984]:*
   Darstellung von Ballungsräumen in Übersichtskarten 1:500.000 (Frankfurt a. M.).
7. *Fischer, A. [1984]:*
   Höhenstufenkarte der Zentralalpen 1:1,5 Mio.
8. *Kern, G. [1984]:*
   Kartenprobe für eine „Topographische Grundkarte 1:10.000" (Gebiet Kaiserstuhl).
9. *Mohr, H. [1984]:*
   Kartenprobe für eine „Topographische Grundkarte 1:100.000" (Großraum Karlsruhe).
10. *Schmidt, H. [1984]:*
    Übersichtskarte 1:250.000 des Bodenseeraumes.
11. *Schriefer, G. [1984]:*
    Isolinienkarte der Höhenänderungen des Vernagtferners 1:25.000.
12. *Schwegler, Maria [1984]:*
    Kartenprobe für eine „Topographische Grundkarte 1:10.000" (Gebiet Karlsruhe Süd).
13. *Henninger, R. [1985]:*
    Darstellung der Veränderungen des Gepatschferners.
14. *Kern, H. [1985]:*
    Karte des Kathmandu Valley 1:100.000.
15. *Kurowski, D. [1985]:*
    Piktogramm-Karten der Frankfurter Innenstadt.
16. *Müller, P. [1985]:*
    Innenstadt Karlsruhe, Maßstab 1:10.000.
17. *Spinner, Chr. [1985]:*
    Änderungen der Zungelage des Gepatschferners seit 1886.
18. *Wiesner, S. [1985]:*
    Reproduktion von Orthophotos anthropogen kaum geprägter Landschaften.
19. *Merz, U. [1986]:*
    Topographische Karte 1:25.000 in unterschiedlichen Zeichenmustern.
20. *Günzel, B. [1987]:*
    Kartenproben für Streckenkarten der Deutschen Bundesbahn – Klassifizierung, Auslastung, Frequentierung.
21. *Schindwolf, K. [1987]:*
    Kartographische Darstellung mehrschichtiger Zustände.
22. *Schork, G. [1987]:*
    Kartenprobe für eine „Topographische Karte 1:50.000".
23. *Schubert, B. [1987]:*
    Vegetationskundliche Karte.

B. Universität der Bundeswehr München

Lehrstuhl für Kartographie und Topographie

1. *Voß, Lars-Timo [1991]*:*
   Erstellung eines EDV-Programmes zur Konstruktion von Verzerrungsnetzen zur Genauigkeitsuntersuchung auf Altkarten.

2. *Rinke, Thomas / Scheeren, Werner [1992]:*
   Topographische Erfassung von Schuttströmen im Wimbachtal.
3. *Koep, Stephan / Pöhlmann, Bernd [1993]:*
   Topographische Geländeaufnahme und Auswertung von Schuttströmen an der Benediktenwand und Vergleich der dabei verwendeten Geräte.
4. *Fries, Martin / Helfert, Christian [1994]:*
   Genauigkeitsuntersuchung der Alpenvereinskarte „Allgäuer-Lechtaler Alpen – Westblatt".
5. *Eder, Roman / Fritz, Ralf [1995]*:*
   Überprüfung, Wiederherstellung und Ergänzung eines Festpunktfeldes zur topographischen Geländeaufnahme.
6. *Raab, Walter [1996]:*
   Elektronische Karten und Atlanten.
7. *Pahmeyer, Kay [1997]:*
   Die Eisdarstellung in ECDIS.
8. *Lösel, Stefan [1997]*:*
   Inhalts- und Genauigkeitsanalyse zweier Preußen-Karten des 16. Jahrhunderts.
9. *Geyer, Kai-Markus [1998]:*
   Visualisierung elektronischer Karten. Hardwarevoraussetzung und Kartengraphik.
10. *Weigl, Thomas [1998]:*
    Die MilGeo-PCMAP des Amts MilGeo.
11. *Schieder, Gerhard [1998]:*
    Das Bayerische Kataster von den Ursprüngen bis zur Digitalen Flurkarte.
12. *Masepohl, Stephan [1999]*:*
    Regionalkarten des 16. Jahrhunderts. Archivierung und Interaktion.
13. *Schiener, Markus [1999]:*
    Bestimmung der Flächen- und Volumenänderung der Zunge des Fedtschenko-Gletschers.
    (nicht fertiggestellt)
14. *Hornauer, Lars [2000]:*
    Die Angabe der Länge des längsten Tages in alten Karten.
15. *Ruschig, René [2000]:*
    Kartensammlungen im Internet.
16. *Bode, Thorsten [2001]:*
    Sichern und Vorhalten historischer Karten auf CD-ROM.
17. *Franz, Alexander [2001]:*
    Bestimmung der Volumenänderung des Fedtschenkogletschers (Alai Pamir).
18. *Dammers, Thorsten [2002]:*
    Expeditionskartographie in Asien.
19. *Pusch, Wolfgang [2002]:*
    Digitale Topographie zur Aktualisierung von Alpenvereinskarten.
20. *Veselka, Šarunas [2002]:*
    Verbesserung von Bildanzeigen am Monitor.
21. *Lermann, Andreas / Teubner, Uwe [2002]:*
    Topographische Kartierung im schwierigen Gelände.
22. *Müller, Arne [2002]:*
    Produkte der Seevermessung für das Küstenzonenmanagement.
23. *Nötzold, Hendrik [2003]:*
    Expeditionskartographie bei Polarexpeditionen.
24. *Dieffaga, Checkine M. [2003]:*
    Französische Kolonialkartographie in Afrika.
25. *N'Diaye, Nounhoun [2004]:*
    Historische Entwicklung der Kartographie in Frankreich.
26. *Fricke, Bernd Uwe [2011]*:*
    Untersuchungen von Koordinatentafeln aus der Mitte des 15. Jahrhunderts der Bayrischen Staatsbibliothek.
27. *Kretzschmar, Marco [2011]:*
    Nutzung topographischer Karten in der deutschen Bundeswehr.
28. *Erge, Thomas [2011]:*
    Kartographieangebote im Internet.
29. *Hauser, Steffen [2011]*:*
    Methoden zur Entzerrung und Transformation von digitalen Globensegmenten in unterschiedliche Kartennetzentwürfe.
30. *Rieger, René [2011]:*
    Eine Betrachtung der Entwicklung der Kartographie in ihrer militärischen Ausprägung.
31. *Gramm, Juliane [2011]*:*
    Kartengeschichtlicher Überblick und Untersuchung der Genauigkeit einer Altkarte Thüringens.

* = Betreuung gemeinsam mit Dr.-Ing. DIETER BEINEKE.

Wissenschaftliche Veranstaltungen unter der Leitung von Prof. Kurt Brunner

1. Hochgebirgskartographie.

01.-06.10.2001

Ausstellung von Hochgebirgskarten aus aller Welt und der Berchtesgadener Region anlässlich des 50. Deutschen Kartographentages 2001 der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) im Nationalparkhaus Berchtesgaden.

[gemeinsam mit UWE G. F. KLEIM]

2. TeleKartographie & Location Based Services.

28./29.01.2002
Symposium an der Technischen Universität Wien, Institut für Kartographie und Geo-Medioentechnik, Wien, Österreich.

[gemeinsam mit dem Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik der Universität Wien unter der Leitung von Prof. Dr. FRITZ KELNHOFER]

3. Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv.

15.03.-15.04.2005
Kartenausstellung mit Beständen der Universitätsbibliothek und einigen Leihgaben in der Universitätsbibliothek der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.

Einladung

Zur Eröffnung der Ausstellung laden wir Sie und Ihre Freunde herzlich ein

Dienstag, 15.03.2005
16.00 Uhr

Teilbibliothek für
Bauingenieur- und Vermessungswesen
Gebäude 35, 1. OG

Programm

Moderation und Einleitung
Dr. Stefanie Seidel
Leitende Direktorin der Universitätsbibliothek

Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv
Univ.-Prof.Dr.-Ing. Kurt Brunner
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

Februarbild aus dem Stundenbuch des Herzogs von Berry "Très riches Heures" der

Universität der Bundeswehr München
Professur für Kartographie und Topographie

Kunst und Kartographie als buntes Klimaarchiv

gezeigt an den Beständen der Universitätsbibliothek und einigen Leihgaben

15.03. - 15.04.2005

Universitätsbibliothek
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg

4. Kartographie und Kunst als bunte Klimazeugen.

09.09.-08.10.2006

Kartenausstellung in der Kunstbibliothek, Staatliche Museen zu Berlin, anlässlich *„20 Jahre Freundeskreis für Cartographica in der Stiftung Preußischer Kulturbesitz“*, Berlin.

[gemeinsam mit dem Freundeskreis für Cartographica in der Stiftung Preußischer Kulturbesitz]

5. 15. Kartographiehistorisches Colloquium 2010.

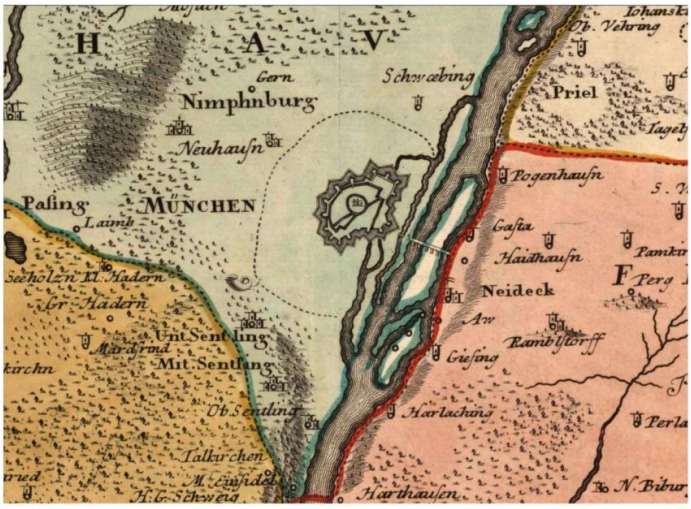
02.-04.09.2010

Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation, München.

[gemeinsam mit THOMAS HORST und mit der Kommission für Geschichte der Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) und der Arbeitsgruppe deutscher, österreichischer und schweizerischer Kartographiehistoriker (D-A-CH)]

15.
Kartographiehistorisches Colloquium
2. - 4. September 2010
München

Programm



Arbeitsgruppe D deutscher / A österreichischer / CH schweizerischer **Kartographiehistoriker** DGfK / ÖKK / ÖGG / SGK

Prof. Kurt Brunners Mitgliedschaften und Mitarbeit in wissenschaftlichen Gremien und Vereinen

Arbeitsgemeinschaft für vergleichende Hochgebirgsforschung

- Mitglied seit 2006

Bayerische Akademie der Wissenschaften

- Mitglied der Abteilung Glaziologie der Kommission für Erdmessung und Glaziologie, seit 2005

Deutscher Alpenverein

- Mitglied des Gemeinsamen Kartographiausschusses des Deutschen Alpenvereins und des Österreichischen Alpenvereins, 1998-2007
- Vorsitzender des Fachbeirates Kartographie im Deutschen Alpenverein, 2005-2008

Deutsche Gesellschaft für Kartographie

- Mitglied seit 1964
- Mitarbeit in den Kommissionen:
  - Geschichte der Kartographie
  - Angewandte Kartographie – Geovisualisierung
  - Hochgebirgskartographie
- Beisitzer in den Vorständen der Sektionen:
  - Karlsruhe, 1983-1986
  - München, 2003-2007
- Mitglied des Vorbereitenden Ausschusses zum 50. Deutschen Kartographentages 2001 in Berchtesgaden, Leiter der Kartenausstellung

Deutsche Gesellschaft für Polarforschung

- Mitglied des Arbeitskreises Geschichte der Polarforschung, seit 1991

Ptolemaios Forschungsstelle,

Institut für Klassische Philologie, Universität Bern

- Mitarbeit seit 2003

Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München

Bisher erschienene Hefte:

Heft 1/1978 *(vergriffen)*
Schödlbauer, Albert (Bearb.): Curriculum für den wissenschaftlichen Studiengang Vermessungswesen der Hochschule der Bundeswehr München. 53 S.

Heft 2/1978
Chrzanowski, Adam / Dorrer, Egon (Hrsg.): Proceedings „Standards and Specifications for Integrated Surveying and Mapping Systems". Workshop held in Munich, Federal Republic of Germany, 1-2 June, 1977. Assissted by *J. McLaughlin*. VII, 181 S.

Heft 3/1978
Caspary, Wilhelm / Geiger, Axel: Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit elektronischer Neigungsmesser. 62 S.

Heft 4/1979
Baumann, Eberhard / Caspary, Wilhelm / Dupraz, Hubert / Niemeier, Wolfgang / Pelzer, Hans / Kuntz, Eugen / Schmitt, Günter / Welsch, Walter: Seminar über Deformationsanalysen, gehalten an der Hochschule der Bundeswehr München. 106 S.

Heft 5/1981
Torlegård, Kennert: Accuracy Improvement in Close Range Photogrammetry. 68 S.

Heft 6/1982
Caspary, Wilhelm / Welsch, Walter (Hrsg.): Beiträge zur großräumigen Neutrassierung. 271 S.

Heft 7/1982
Borre, Kai / Welsch, Walter M. (Hrsg.): International Federation of Surveyors – FIG. Proceedings „Survey Control Networks". Meeting of Study Group 5B, 7th-9th July, 1982, Aalborg University Centre, Denmark. 431 S.

Heft 8/1982
Geiger, Axel: Entwicklung und Erprobung eines Präzisionsneigungstisches zur Kalibrierung geodätischer Instrumente. Dissertation. 125 S.

Heft 9/1983
Welsch, Walter (Hrsg.): Deformationsanalysen '83. Geometrische Analyse und Interpretation von Deformationen Geodätischer Netze. Beiträge zum Geodätischen Seminar 22. April 1983. 339 S.

Heft 10/1984
Caspary, Wilhelm / Schödlbauer, Albert / Welsch, Walter (Hrsg.): 10 Jahre Hochschule der Bundeswehr München. Beiträge aus dem Institut für Geodäsie. 244 S.

Heft 11/1984 *(vergriffen)*
Caspary, Wilhelm / Heister, Hansbert (Hrsg.): Elektrooptische Präzisionsstreckenmessung. Beiträge zum Geodätischen Seminar 23. September 1983. 270 S.

Heft 12/1984
Schwintzer, Peter: Analyse geodätisch gemessener Punktlageänderungen mit gemischten Modellen. Dissertation. 159 S.

Heft 13/1984
Oberholzer, Gustav: Landespflege in der Flurbereinigung. 81 S.

Heft 14/1984
Neukum, Gerhard: Fernerkundung der Planeten und kartographische Ergebnisse. Mit Beiträgen von *G. Neugebauer*. Herausgegeben von *G. Neugebauer*. 102 S.

Heft 15/1984
Schödlbauer, Albert / Welsch, Walter (Hrsg.): Satelliten-Doppler-Messungen. Beiträge zum Geodätischen Seminar 24./25. September 1984. 396 S.

Heft 16/1985 *(vergriffen)*
Szacherska, Maria Krystyna / Welsch, Walter M.: Geodetic Education in Europe. 234 S.

Heft 17/1986
Eissfeller, Bernd / Hein, Günter W.: A Contribution to 3d-Operational Geodesy. Part 4: The Observation Equations of Satellite Geodesy in the Model of Integrated Geodesy. 190 S.

Heft 18/1985
Oberholzer, Gustav: Landespflege in der Flurbereinigung, Teil II. 116 S.

Heft 19/1986 *(vergriffen)*
Landau, Herbert / Eissfeller, Bernd / Hein, Günter W.: GPS Research 1985 at the Institute of Astronomical and Physical Geodesy. 210 S.

Heft 20/1985
Heft 20-1
Welsch, Walter / Lapine, Lewis A. (Hrsg.): International Federation of Surveyors – FIG. Proceedings „Inertial, Doppler and GPS Measurements for

National and Engineering Surveys". Joint Meeting of Study Groups 5B and 5C, July 1-3, 1985. Band 1. 310 S.

Heft 20-2

Welsch, Walter / Lapine, Lewis A. (Hrsg.): International Federation of Surveyors – FIG. Proceedings „Inertial, Doppler and GPS Measurements for National and Engineering Surveys". Joint Meeting of Study Groups 5B and 5C, July 1-3, 1985. Band 2. S. 311-634.

Heft 21/1986

Oberholzer, Gustav: Landespflege in der Flurbereinigung, Teil III. 100 S.

Heft 22/1987

Caspary, Wilhelm / Hein, Günter W. / Schödlbauer, Albert (Hrsg.): Beiträge zur Inertialgeodäsie. Geodätisches Seminar 25./26. September 1986. 386 S.

Heft 23/1987

Dorrer, Egon / Peipe, Jürgen (Hrsg.): Motografie. Symposium 11./12. März 1986. 285 S.

Heft 24/1987

Neugebauer, Gustav (Hrsg.): Brenta-Monographie – Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Hochgebirgskartographie. Mit Beiträgen von *D. Beineke, H. C. Berann, W. de Concini, G. Hell, D. Herm, H. Immel, U. Kleim, G. Neugebauer und K.* Ringle. 187 S.

Heft 25/1987

Perelmuter, Avraam: Beiträge zur Ausgleichung geodätischer Netze. 75 S.

Heft 26/1987

Ellmer, Wilfried: Untersuchung temperaturinduzierter Höhenänderungen eines Großturbinentisches. Dissertation. 109 S.

Heft 27/1988

Heister, Hansbert: Zur automatischen Kalibrierung geodätischer Längenmeßinstrumente. Habilitationsschrift. 213 S.

Heft 28/1987

Paßberger, Ernst H.: Systemstudie zur Sicherung ökologischer Vorrangflächen mittels Bodenordnung in Bayern / System study for the protection of ecological priority areas by means of Land rearrangement in Bavaria. Dissertation. 186 S.

Heft 29/1987

Glasmacher, Hans: Die Gaußsche Ellipsoid-Abbildung mit komplexer Arithmetik und numerischen Näherungsverfahren. Dissertation. 131 S.

Heft 30/1987

Zhang, Yan: Beiträge zum Entwurf von optimalen Beobachtungsplänen für tektonische Überwachungsnetze. Dissertation. 151 S.

Heft 31/1988

Lechner, Wolfgang: Untersuchung einer kreiselorientierten Landfahrzeug-Navigationsanlage im Hinblick auf geodätische Anwendungen und Möglichkeiten der Höhenübertragung. Dissertation. 165 S.

Heft 32/1988

König, Rolf: Zur Fehlertheorie und Ausgleichung inertialer Positionsbestimmungen. Dissertation. 143 S.

Heft 33/1988

Borutta, Harald: Robuste Schätzverfahren für geodätische Anwendungen. Dissertation. 161 S.

Heft 34/1988

Landau, Herbert / Hehl, Klaus / Eissfeller, Bernd / Hein, Günter W. / Reilly, Ian W.: Operational Geodesy Software Packages. 325 S.

Heft 35/1988

Oberholzer, Guistav / Paßberger, Ernst: Landespflege in der Flurbereinigung, Teil IV. 153 S.

Heft 36/1988

Landau, Herbert: Zur Nutzung des Global Positioning Systems in Geodäsie und Geodynamik: Modellbildung, Softwareentwicklung und Analyse. Dissertation. 287 S.

Heft 37/1989

Eissfeller, Bernd: Analyse einer geodätischen raumstabilisierten Inertialplattform und Integration mit GPS. Dissertation. 327 S.

Heft 38/1990 *(vergriffen)*

Heft 38-1

Schödlbauer, Albert (Hrsg.): Moderne Verfahren der Landesvermessung. Beiträge zum 22. DVW-Seminar 12.-14. April 1989. Teil I: Global Positioning System. 352 S.

Heft 38-2

Schödlbauer, Albert (Hrsg.): Moderne Verfahren der Landesvermessung. Beiträge zum 22. DVW-Seminar 12.-14. April 1989. Teil II: Nivellement. Teil III: Vermessungskreisel. S. 353-551.

Heft 39/1989

Kersting, Norbert / Welsch, Walter (Hrsg.): Rezente Krustenbewegungen. Seminar 8./9. Juni 1989. 307 S.

Heft 40/1989

Oberholzer, Gustav: Ländliche Kulturgeschichte und Landentwicklung. 214 S.

Heft 41/1990

Hein, Günter W. / Hehl, Klaus / Eissfeller, Bernd / Ertel, Michael / Jacoby, Wolfgang / Czerek, Dirk: On Gravity Prediction Using Density and Seismic Data. 148 S.

Heft 42/1992

Kersting, Norbert: Zur Analyse rezenter Krustenbewe-

gungen bei Vorliegen seismotektonischer Dislokationen. Dissertation. V, 246 S.

Heft 43/1992
Hehl, Klaus: Bestimmung von Beschleunigungen auf einem bewegten Träger durch GPS und digitale Filterung. Dissertation. XII, 206 S.

Heft 44/1992
Oswald, Wolfgang: Zur kombinierten Ausgleichung heterogener Beobachtungen in hybriden Netzen. Dissertation. 128 S.

Heft 45/1993
Institut für Geodäsie (Hrsg.): Das Global Positioning System im praktischen Einsatz der Landes- und Ingenieurvermessung. Beiträge zum Geodätischen Seminar 12.-14. Mai 1993. 314 S.

Heft 46/1994
Brunner, Kurt / Peipe, Jürgen (Hrsg.): Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Egon Dorrer zum 60. Geburtstag. 254 S.

Heft 47/1994
Heft 47-1
Thiemann, Karl-Heinz: Die Renaturierung strukturarmer Intensivagrargebiete in der Flurbereinigung aus ökologischer und rechtlicher Sicht. Dissertation. Teil I: Renaturierungsleitbild, Naturschutzverfahren. XXXVI, 384 S.

Heft 47-2
Thiemann, Karl-Heinz: Die Renaturierung strukturarmer Intensivagrargebiete in der Flurbereinigung aus ökologischer und rechtlicher Sicht. Dissertation. Teil II: Planungsrechtliche Aspekte. XXXVI, S. 385-572.

Heft 48/1994
Schwiertz, Christian: Experimente zur GPS-gestützten Aerotriangulation unter besonderer Berücksichtigung systematischer Einflüsse. Dissertation. VIII, 192 S.

Heft 49/1995
Scheuring, Robert: Zur Qualität der Basisdaten von Landinformationssystemen. Dissertation. 126 S.

Heft 50/1997
Welsch, Walter M. / Lang, Martin / Miller, Maynard M. (Hrsg.): Geodetic Activities, Juneau Icefield, Alaska, 1981-1996. 268 S.

Heft 51/1996
Blomenhofer, Helmut: Untersuchungen zu hochpräzisen kinematischen DGPS-Echtzeitverfahren mit besonderer Berücksichtigung atmosphärischer Fehlereinflüsse. Dissertation. X, 168 S.

Heft 52/1997
Wang, Jian Guo: Filtermethoden zur fehlertoleranten kinematischen Positionsbestimmung. Dissertation. XV, 138 S.

Heft 53/1996
Chen, Guoping: Robuste Verfahren zur Analyse linearer stochastischer Prozesse im Zeitbereich. Dissertation. III, 128 S.

Heft 54/1997
Dold, Jürgen: Ein hybrides photogrammetrisches Industriemeßsystem höchster Genauigkeit und seine Überprüfung. Dissertation. 140 S.

Heft 55/1997
Eissfeller, Bernd: Ein dynamisches Fehlermodell für GPS Autokorrelationsempfänger. Habilitationsschrift. XII, 182 S.

Heft 56/1997
Sutor, Thomas: Robuste Verfahren zur Analyse linearer stochastischer Prozesse im Spektralbereich. Dissertation. 123 S.

Heft 57/1997
Oberholzer, Gustav: Ländliche Kulturgeschichte und Landentwicklung, Teil II. 186 S.

Heft 58/1997
Zhong, Detang: Datumsprobleme und stochastische Aspekte beim GPS-Nivellement für lokale Ingenieurnetze. Dissertation. 160 S.

Heft 59/1997
Jiang, Ting: Digitale Bildzuordnung mittels Wavelet-Transformation. Dissertation. II, 136 S.

Heft 60/2000
Heft 60-1
Caspary, Wilhelm / Heister, Hansbert / Schödlbauer, Albert / Welsch, Walter (Hrsg.): 25 Jahre Institut für Geodäsie. Teil 1: Wissenschaftliche Beiträge und Berichte. 331 S.

Heft 60-2
Caspary, Wilhelm / Heister, Hansbert / Schödlbauer, Albert / Welsch, Walter (Hrsg.): 25 Jahre Institut für Geodäsie. Teil 2: Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen. 113 S.

Heft 60-3
Caspary, Wilhelm / Heister, Hansbert / Schödlbauer, Albert / Welsch, Walter (Hrsg.): 25 Jahre Institut für Geodäsie. Teil 3: Aus dem Leben des Instituts. 149 S.

Heft 61/1998
Cui, Tiejun: Generierung hochwertiger Digitaler Geländemodelle aus analogen Karten mittels Mathematischer Morphologie. Dissertation. 188 S.

Heft 62/1999
Brunner, Kurt / Welsch, Walter M. (Hrsg.): Hochgebirgs- und Gletscherforschung. Zum 100. Geburtstag von Richard Finsterwalder. 114 S.

Heft 63/1999
Fosu, Collins: Astrogeodetic Levelling by the Combination of GPS and CCD Zenith Camera. Dissertation. 155 S.

Heft 64/1999
Werner, Wolfgang: Entwicklung eines hochpräzisen DGPS-DGLONASS Navigationssystems unter besonderer Berücksichtigung von Pseudolites. Dissertation. 226 S.

Heft 65/1999
Krack, Klaus: Dreizehn Aufgaben aus der Landesvermessung im Geographischen Koordinatensystem. 84 S.

Heft 66/2000
Joos, Gerhard: Zur Qualität von objektstrukturierten Geodaten. Dissertation. 150 S.

Heft 67/2000
Sternberg, Harald: Zur Bestimmung der Trajektorie von Landfahrzeugen mit einem hybriden Meßsystem. Dissertation. 158 S.

Heft 68/2000
Oberholzer, Gustav: Die Weiterentwicklung der Kulturlandschaft. Landespflege in der Flurbereinigung, Teil V. 150 S.

Heft 69/2000
Hollmann, Rolf: Untersuchung von GPS-Beobachtungen für kleinräumige geodätische Netze. Dissertation. 350 S.

Heft 70/2001
Roßbach, Udo: Positioning and Navigation Using the Russian Satellite System GLONASS. Dissertation. 167 S.

Heft 71/2001
Beineke, Dieter: Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten. Dissertation. 155 S.

Heft 72/2001
Oehler, Veit: Entwicklung eines „end-to-end" Simulators zur Satellitennavigation unter besonderer Berücksichtigung von Pseudolite gestützten GNSS-Landesystemen. Dissertation. 212 S.

Heft 73/2001
Schüler, Torben: On Ground-Based GPS Tropospheric Delay Estimation. Dissertation. 370 S.

Heft 74/2001
Neudeck, Stefan: Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Dissertation. 131 S.

Heft 75/2002
Shingareva, Kira B. / Dorrer, Egon: Space Activity in Russia – Background, Current State, Perspectives. 135 S.

Heft 76/2002
Tiemeyer, Bernd: Performance Evaluation of Satellite Navigation and Safety Case Development. Dissertation. 151 S.

Heft 77/2004
Shi, Wei: Zum modellbasierten Austausch von Geodaten auf Basis XML. Dissertation. 115 S.

Heft 78/2004
Plan, Oliver: GIS-gestützte Verfolgung von Lokomotiven im Werkbahnverkehr. Dissertation. 115 S.

Heft 79/2004
Ebner, Matthias: Ein Beitrag zur monetären Bewertung von digitaler Netzinformation in Versorgungsunternehmen. Dissertation. 107 S.
[nicht in gedruckter Form, nur digital]

Heft 80/2005
Forstner, Gustav: Längenfehler und Ausgangsmeridiane in alten Landkarten und Positionstabellen. Dissertation. 319 S.

Heft 81/2006
Dutescu, Eugen: Digital 3D Documentation of Cultural Heritage Sites Based on Terrestrial Laser Scanning. Dissertation. 140 S.

Heft 82/2007
Schäuble, Doris: Nutzungstausch auf Pachtbasis als neues Instrument der Bodenordnung. Dissertation. 176 S.

Heft 83/2008
Pink, Sönke: Entwicklung und Erprobung eines multifunktionalen Geo-Sensornetzwerkes für ingenieurgeodätische Überwachungsmessungen. Dissertation. 180 S.

Heft 84/2009
Gräfe, Gunnar: Kinematische Anwendungen von Laserscannern im Straßenraum. Dissertation. 177 S.

Heft 85/2010
Heichel, Wolfgang: Chronik der Erschließung des Karakorum. Teil II – Central Karakorum I. 460 S.

Heft 86/2010
Riesner, André: Möglichkeiten und Grenzen der Bewegung von Landentwicklungsprozessen und deren Nachhaltigkeit. Dissertation. 222 S.

Heft 87/2012
Beineke, Dieter / Heunecke, Otto / Horst, Thomas / Kleim, Uwe G. F. (Hrsg.): Festschrift für Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner anlässlich des Ausscheidens aus dem aktiven Dienst. 328 S.