

# UniBw München: Die Wiege des autonomen Fahrens

**Dipl.-Ing. Thorsten Lüttel**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Wünsche**

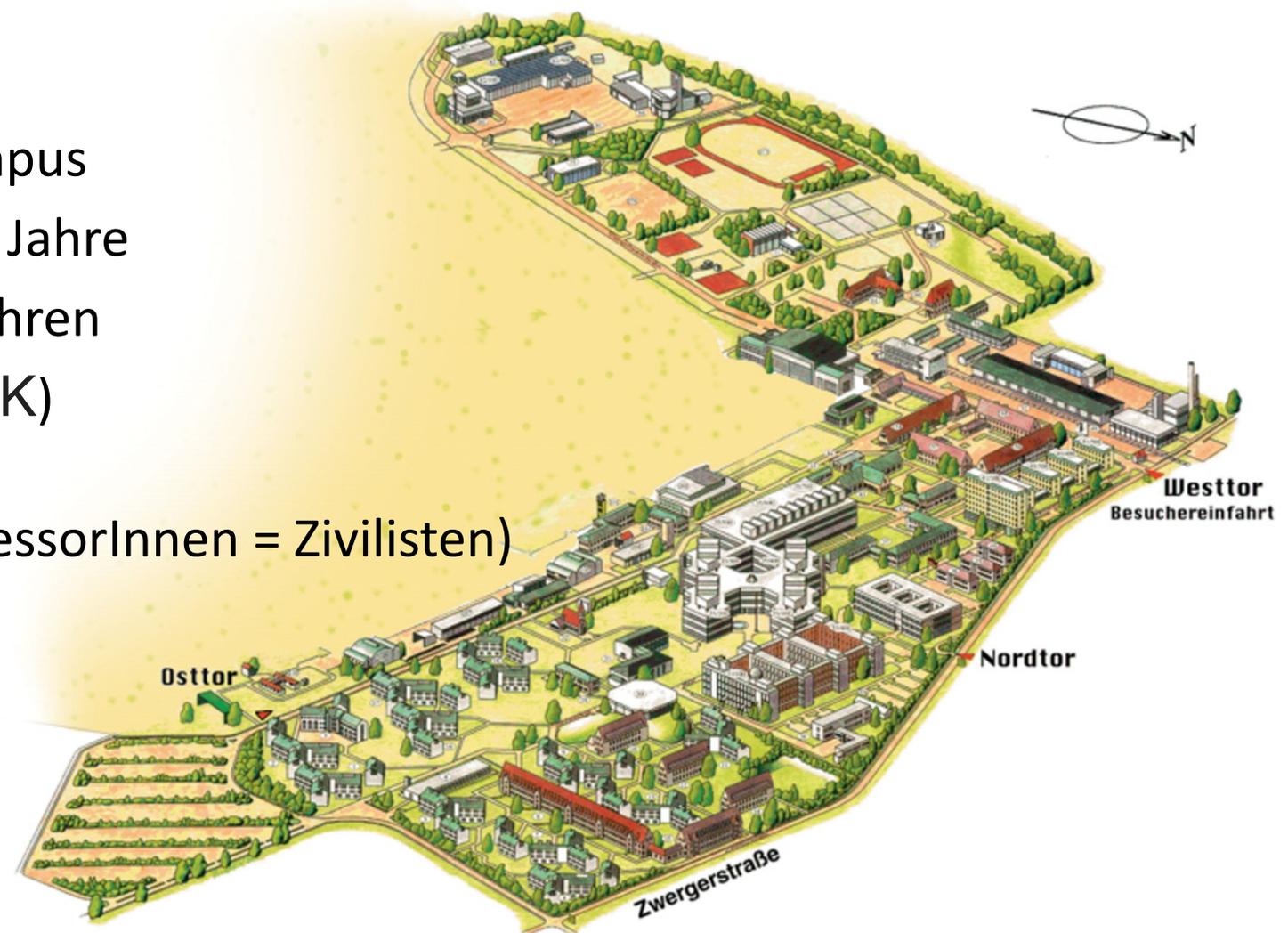
Institut für Technik Autonomer Systeme  
Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik  
Universität der Bundeswehr München

21.09.2021



# Die Universität der Bundeswehr München (UniBwM)

- 2 Bundeswehr-Universitäten:  
Hamburg und München
- UniBw München: 10 Fakultäten
- ca. 3800 Studierende auf dem Campus
- 98% Offiziere (auch Frauen) auf 13 Jahre
- 7+4 Trimester, B.Sc. & M.Sc. in 4 Jahren
- Akkreditierte Studiengänge (StMUK)  
→ gleichwertige Abschlüsse
- Keine Militärakademie (MA & ProfessorInnen = Zivilisten)
- Frei in der Forschung und der  
Einwerbung von „Drittmitteln“





# Erste Anfänge in den 70er und 80er Jahren ...



## Hans Moravec:

- Stanford Cart (1974-80): 4m / h
- CMU Rover (1981-84): 20m / h
- Terregator (1984-87): 1km / h



## CMU NavLab 1: 10 km/h (1987)

(Takeo Kanade, Chuck Thorpe)

... trotz extremer Rechenleistung:

- WARP Rechner 10\* 10 MFLOPS
- 4\* SUN-3 Workstation



## Professur für Regelungstechnik an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik

- Dickmanns hatte für seine Forschung die folgende „verrückte“ Idee:
  - 1975 dauerte die Auswertung eines Satellitenbildes 1 Stunde = 3600 Sekunden
  - Zum Autofahren benötigt man eine Reaktionszeit von 0,1s → Faktor 36.000
  - „Moore's Law“ besagte:
    - alle 18 Monate verdoppelt sich die Rechenleistung, d.h. alle 5 Jahre verzehnfacht sie sich.
    - In 25 Jahren bis zu seiner Pensionierung müsste die Rechenleistung also 100.000 mal so hoch sein
  - Das heißt, von damals gerechnet in 20-25 Jahren, müsste ein mit Videokameras ausgestattetes Auto autonom fahren können.
- Also startete Prof. Dickmanns diese damals wahrlich verrückte Idee...
- Heute gilt Prof. Dickmanns als DER Pionier autonomen Fahrens **weltweit**

### Erstes Projekt:

- **1982:** Stabilisierung eines Stabes auf einem Elektrowagen
    - Noch heute ein Standardversuch im Regelungstechnik Praktikum
    - Einfache Szene, aber instabil und hochdynamisch (Regelung im 40ms-Takt)
- Entwicklung der Grundprinzipien des 4D-Ansatzes zum maschinellen Sehen



- **1986: Aufbau des ersten Fahrzeugs VaMoRs**  
(Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen)
  - Lenkung, Gas und Bremse computergesteuert
  - 5 kW Stromaggregat, großes Hydraulikaggregat, Klimaanlage
  - 2 Schränke voll mit Rechnern
  - die gesamte Bildverarbeitung erledigten 10x Intel 8086 (mit 8 MHz) plus ein 80286
  
- **1987 dann der erste Erfolg:**
  - 20 km Fahrt mit bis zu 96 km/h auf der schon markierten, aber für den öffentlichen Verkehr noch gesperrten Autobahn München – Dingolfing (A92)





VIDEO: <https://dyna-vision.de/wp-content/uploads/2021/03/1987-VaMoRs-AB-Dingolfing.mp4>



- 1993/94: Ausrüstung von zwei Mercedes 500 SEL
  - 1x für Daimler Benz und 1x für UniBw München
  - vorne und hinten je 1 Kameraplattform mit 2 Kameras
  - Erkennung von je 6 anderen Fahrzeugen vorne & hinten
- 1994: Prometheus-Abschlusspräsentation in Paris:
  - Im normalen Verkehr auf der 3-spurigen Ringautobahn
  - autonomes Spurhalten bei bis zu 130 km/h
  - autonomes Halten des Abstands (ACC)
  - Autonome Spurwechsel wenn Nachbarspur frei ist
- 1995: Erste Langstreckenfahrt München – Dänemark
  - 1.750 km mit bis zu 180 km/h
  - mehr als 400 Spurwechsel (vom Sicherheitsfahrer getriggert)
  - „nur“ zu 95% autonom (Baustellen, Tunnel, ...)
- ... und alles nur mit Kameras, kein GPS, kein Radar, kein Laserscanner, ...
- seit 2006 steht das Fahrzeug im Deutschen Museum (Verkehrszentrum Theresienhöhe)



„VaMP“ (1994-2004)

- **Januar 2001:** Prof. Dickmanns geht in den Ruhestand
- Aufgrund der Erfolge von Prof. Dickmanns wird die Fakultät neu geordnet, und es wird ein neues **Institut für Technik Autonomer Systeme** gegründet
- **September 2004:** Prof. Dr. Hans-Joachim Wünsche wird als Leiter dieses Instituts berufen
- Prof. Wünsche fragte sich: was sollen wir die nächsten 17-20 Jahre tun?
- es war erkennbar, dass einige Autohersteller dieses Thema interessant finden würden und viel Manpower in dieses Thema stecken würden
- was wäre mit 10-15 Doktoranden spannend und noch herausfordernder als autonomes Fahren auf der Autobahn?
- Er hatte die Idee: „off-road Fahren“, bzw.  
**Autonomes Fahren in „unstrukturierten Umgebungen“**
- Also: keine weißen Fahrbahnmarkierungen, keine genauen Karten und meist schlechter GNSS-Empfang...



# TAS-Versuchsfahrzeuge „MuCAR“

- „**Munich Cognitive Autonomous Robot Car**“ Nr. 3 und 4
- 2 Versuchsträger VW Touareg und VW Tiguan, 3. im Aufbau (Audi Q8)
- Straßenzulassung für autonomes Fahren im öffentlichen Straßenverkehr



MuCAR-3 (2006 - jetzt)

MuCAR-4 (2009 – jetzt)



# ELROB 2012 – Autonomous Navigation (1<sup>st</sup> place)





## Wissenschaftliche Arbeitsschwerpunkte

- **Multimodale Wahrnehmung der Umgebung**

- Visuell (Kameras): monokular, (Multi-)Stereo, Thermal, diverse Spektralbereiche
- LiDAR (Laserscanner)
- Radar

- **Fusion heterogener Sensordaten**

- Stochastische Filterung
- Extended-Object- und Multi-Object-Tracking

- **Navigation und Trajektorienplanung**

Anstatt GNSS-basierter Lokalisierung in hochgenauen Karten:

- Topologische Karten und SLAM
  - Objektrelationale, landmarkenbasierte Navigation
  - Situationsgerechte Verhaltensentscheidung
  - Trajektorienplanung und Fahrzeugregler (Hybrid, MPC, ...)
- **Eigener Aufbau und Betrieb autonomer Fahrzeuge**



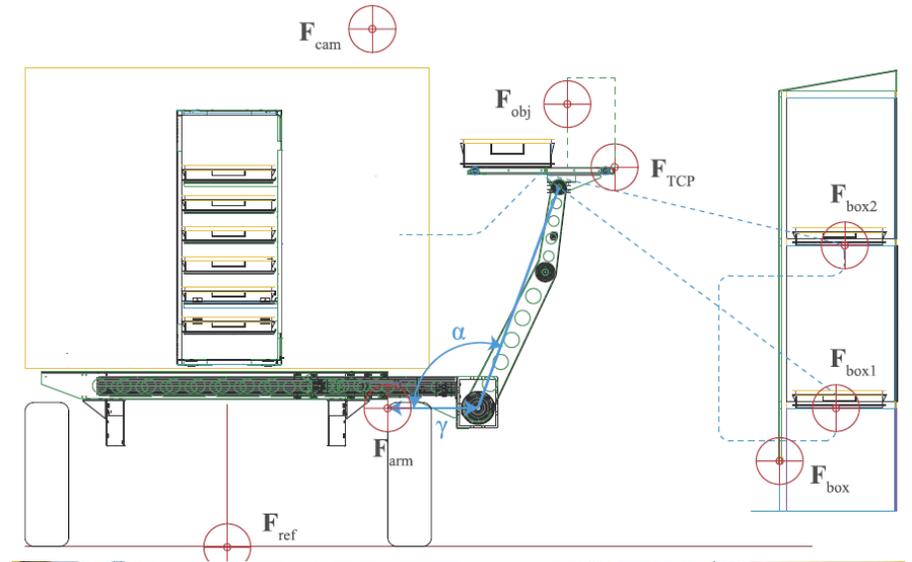
# Auch die Industrie hat daran Interesse: Beispiel StreetScooter

## „Lastenesel für den Postboten“

- Folge dem Postboten
- Suche den nächsten freien Parkplatz und warte dort

... bis hin zum autonomen Postfahrzeug ohne Postbote

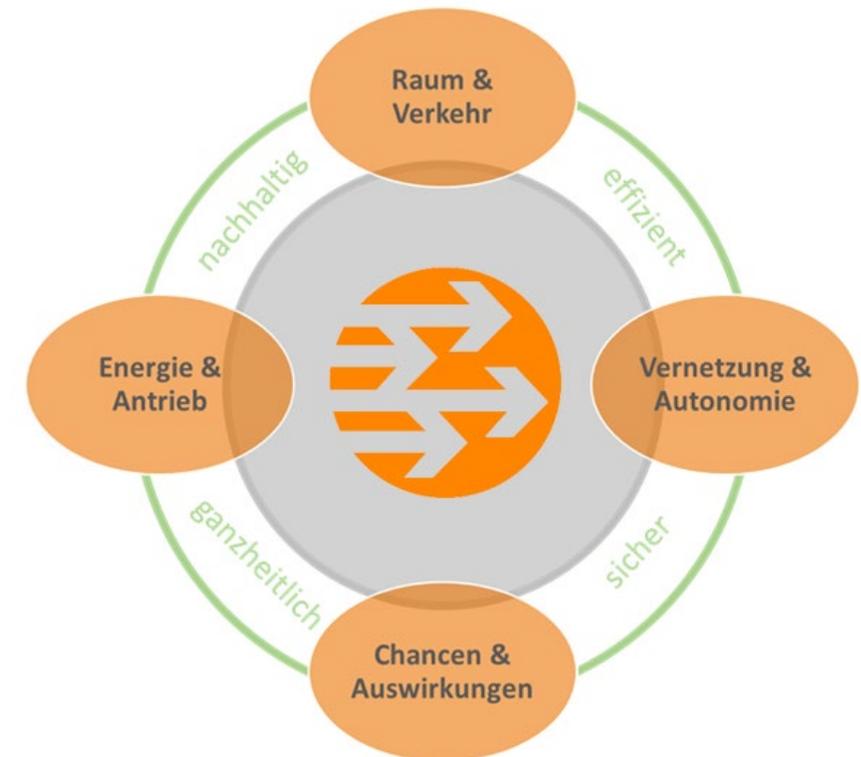
- Andocken an Packstationen oder private Postkästen
- Pakete abliefern





- Modellcampus der UniBw München – „eine kleine Stadt für sich“
- Ganzheitliche interdisziplinäre Betrachtung der Mobilität von morgen
  - Energieerzeugung & Speicherung, neuartige Antriebssysteme
  - Emissionen und Immissionen
  - Intelligente Multimodale Sharing-Konzepte, vom e-Scooter über Lastenräder bis zum PKW
  - Vernetzung von Infrastruktur, Fahrzeugen und Nutzern mit der Cloud
- Unsere Anteile in Autonomie & Vernetzung
  - Aufbau von Shuttle-Fahrzeugen für den Personen- und Güterverkehr
  - Vernetzte Wahrnehmung von autonomen Fahrzeugen und stationären Verkehrssensoren
  - Situationsanalyse und Verhaltensentscheidungen zur Interaktion in dynamischem Umfeld

gefördert durch





---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!