

Kalibrierung Agenten-basierter Modelle: Herausforderungen und Lösungsstrategien



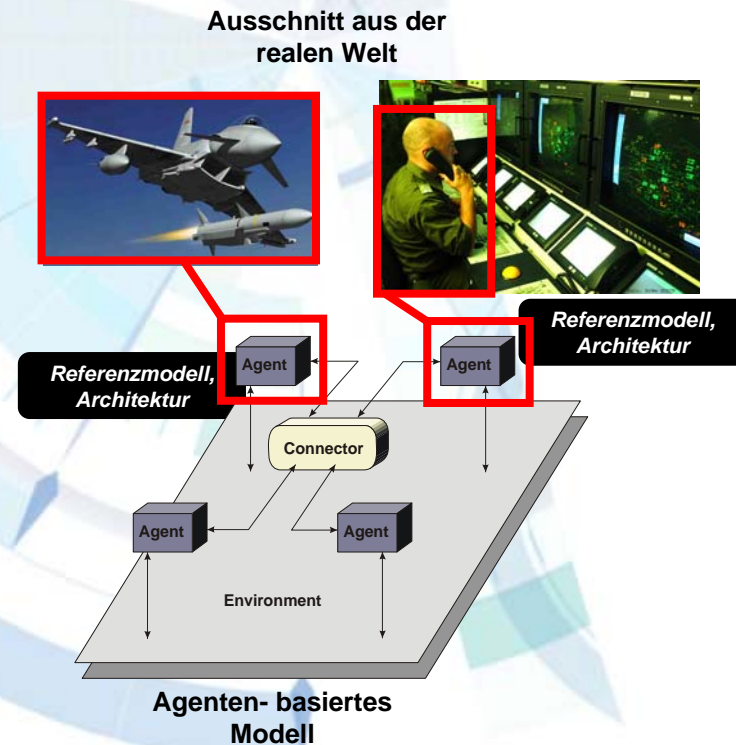
Bernd Schneider
EADS Deutschland GmbH
19. Januar 2010

Übersicht

- Übersicht und Begriffsbestimmung
 - Agent
 - Kalibrierung
- Kalibrierung
 - Herausforderungen
 - Strategien und Verfahren
 - Beispiel zur Kalibrierung aus der Praxis
- Zusammenfassung

Der Agentenbegriff

- **Agent**
 - Repräsentant eines realweltlichen Objekts im Simulationsmodell
- **Eigenschaften**
 - Individuelle Weltsicht
 - Individuelle Ziele
 - Autonomes Verhalten, Lokalität
- **Multiagenten- System**
 - Verteiltes System
 - Mikroebene
 - Makroebene
- **Vorteile**
 - Strukturähnlichkeit
 - Modularität
 - Flexibilität



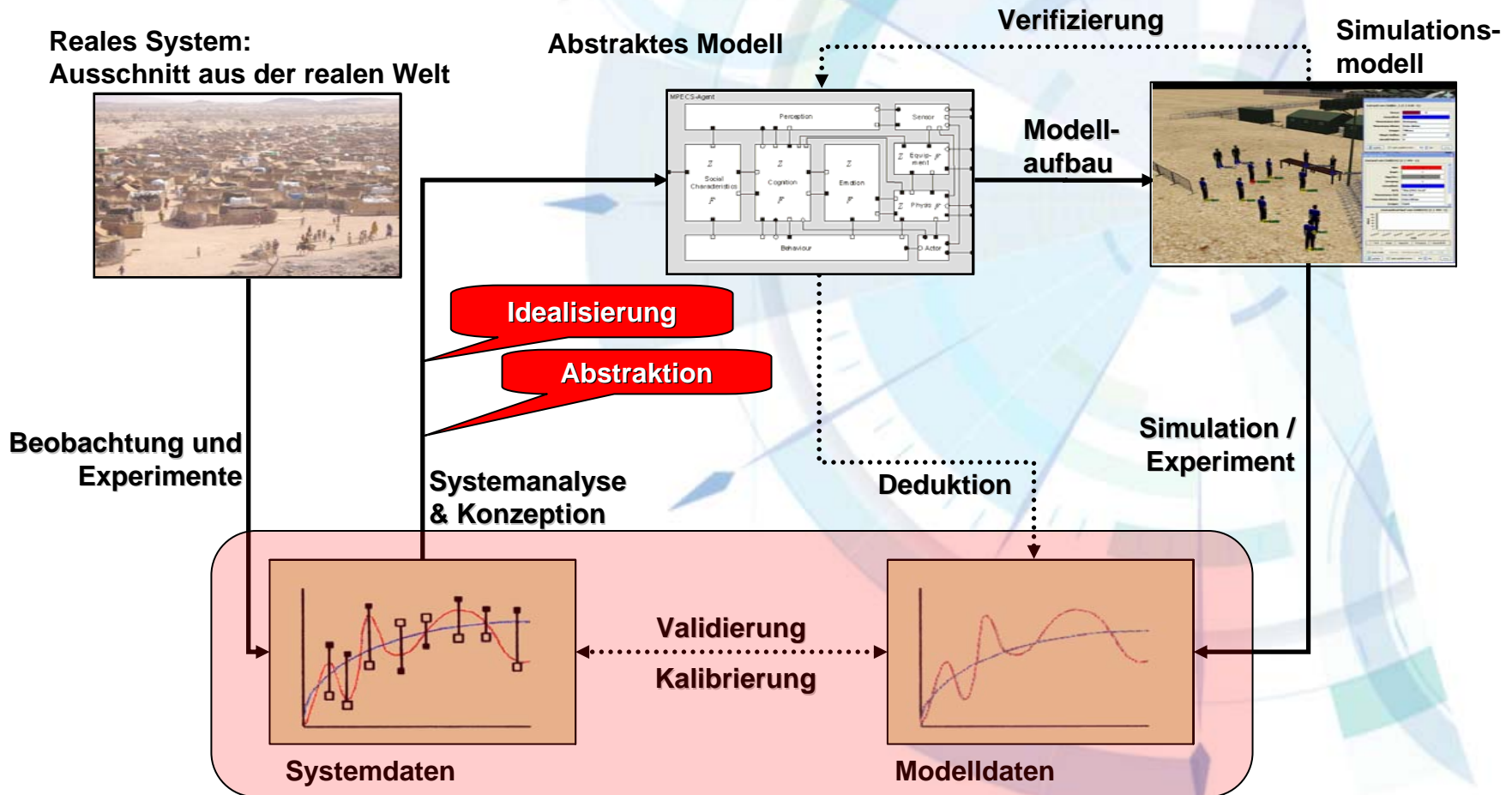
Begriffsbestimmung Kalibrierung

- *Das Kalibrierlexikon, 2003, S. 31:*
 - "Vergleich eines Messwertes mit dem **richtigen Wert** bei **vorgegebenen Bedingungen**, das Dokumentieren der Abweichung, die Berechnung der Messunsicherheit und das Erstellen eines Zertifikats."



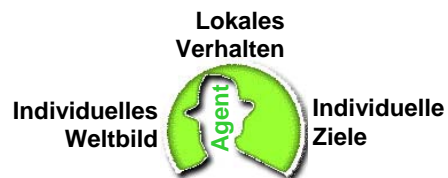
- **Optimierungsproblem**
 - Ziel:
 - Minimierung von Verhaltensabweichungen zwischen Modell und Realsystem
 - Iterative Vorgehensweise:
 - Variation von Parameterwerten (manuell, automatisch)
 - Bewertung von Simulationsergebnissen
 - Anpassung des Modells

Einordnung der Modellkalibrierung in den wissenschaftliche Erkenntnisprozess

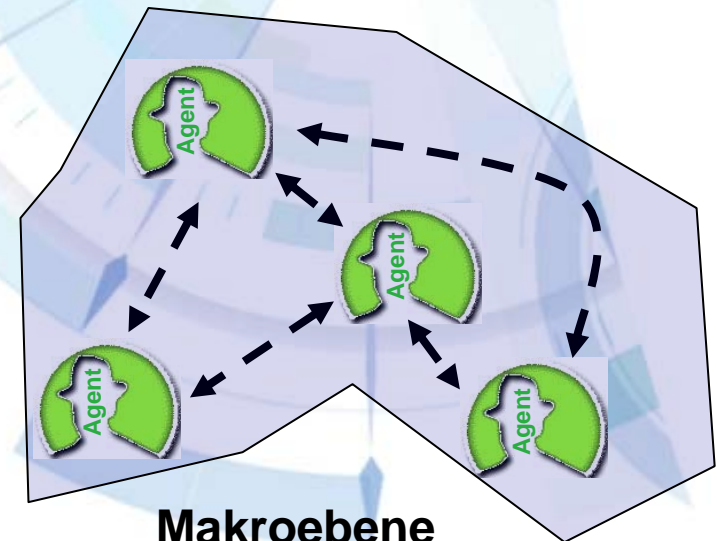


Herausforderungen

- **Parameter**
 - Parameterselektion, Parameterklassifikation
 - Art der Kalibrierung
- **Vergleich und Bewertung**
 - Vergleichsdaten
 - Domänenexperten
- **Verfahren**
 - Verfügbarkeit & Anwendbarkeit von Kalibrierungsverfahren
 - Verfügbarkeit von Kalibrierungswerkzeugen
- **Modellstruktur**
 - Komplexität der Modelle
 - Mikroebene - Makroebene



Mikroebene



Makroebene

Verfahren und Strategien

Manuelle Kalibrierung

- **Parameterbasiert**
 - Vergleich grafischer Parameterverläufe
- **Kontextbasiert**
 - Vergleich simulierter Szenarverläufe
- **Unterstützende Verfahren**
 - Face Validity
 - Turing- Test
 - Ereignisvalidierung
 - Statistische Tests
 - Sensitivitätsanalyse
 - ...

Verfahren und Strategien (Manuelles) Divide & Conquer

- Verfahren
 - Kalibrierung von Teilmodellen (→ lokale Situationen)
 - Kalibrierung reduzierter Szenarien
 - Kalibrierung mikroskopischer Submodelle
 - Modellaggregation und –abstraktion
- Probleme
 - Ohne Gegenprüfung im Gesamtkontext keine Aussage über die Güte der Kalibrierung möglich – iterative Verfahren

Verfahren und Strategien

"Automatische" Kalibrierung: Optimierung

- Vorgehen
 - Definition zu erreichender Werte für Ausgabeparameter
 - Definition variierbarer Eingabeparameter
- Grundprinzip: Beispiel für eine Zielfunktion

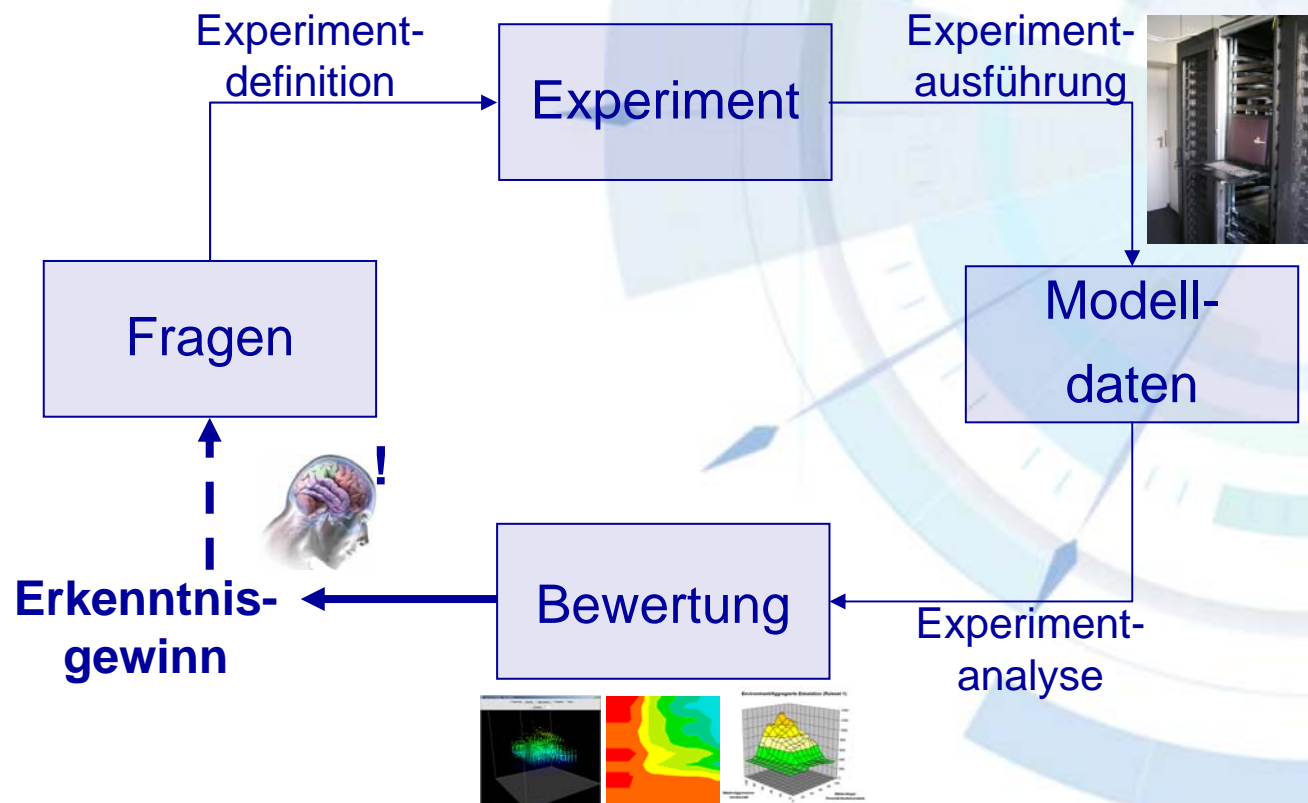
$$G(x) = \sum_{i=1}^n w_i * |f_i(x) - y_i| \rightarrow MIN$$

- Herausforderungen
 - Bestimmung sinnvoller Werte für Gewichtungsfaktoren
 - Erfahrung von Domänenexperten
 - Aufwand: Rechenkapazität
 - Verteilte Simulation
- Vorteil
 - Optimierung ist grundsätzlich werkzeuggestützt durchführbar (z.B. DISMO)

Verfahren und Strategien

"Automatische" Kalibrierung: Data Farming

- Grundprinzip: "intelligentes experimentieren"
 - Verwendung von Versuchsdesigns
 - Iterativer Ansatz



Kalibrierung in der Praxis

Das Modell PAX



- Hintergrund: Leitfaden zur Kalibrierung des Modells PAX
- Ziele / Anforderungen
 - Qualität
 - Robustheit
 - Durchführbarkeit
- Einbeziehung von Experten
 - Militärische Expertise
 - Z.B. VNAusbZBw
 - Psychologische Expertise
 - Universität Zürich
 - In-House



Das Modell PAX

Modell zur kollektiven Aggressionsentstehung



- Grundlage: Modell PAX
 - Agenten-basiertes Modell für die Analyse von Stabilisierungsoperationen
- Modellierungsaspekte
 - Modellierung der Zivilbevölkerung
 - Unterschiedliche Gruppierungen
 - Abbildung menschlicher Motive (Emotionen & Willensakte)
 - Aggressionsentstehung, soziale Beeinflussung, etc.
 - Unterschiedliche Verhaltensweisen
 - Empirische Grundlage: sozialpsychologisches Modell
 - Modellierung militärischer Kräfte
 - Nicht nur Waffeneinsatz, auch Fähigkeiten zur Deeskalation
 - Unterschiedliche Verhaltensregeln
- Exemplarische Fragestellungen
 - Welche Technik/Prozedur/Verhalten ist der jeweiligen Lage angepasst?
 - Wie kann Eskalation vermieden / reduziert werden?
 - Wie können Bedrohungen frühzeitig identifiziert werden?

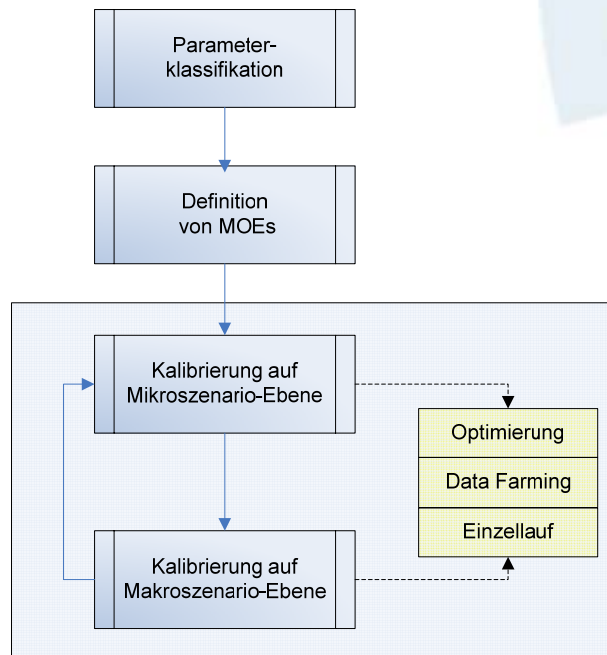


PAX
(römische
Friedensgöttin)

Kalibrierung am Beispiel des Modells PAX

Gesamtprozedur

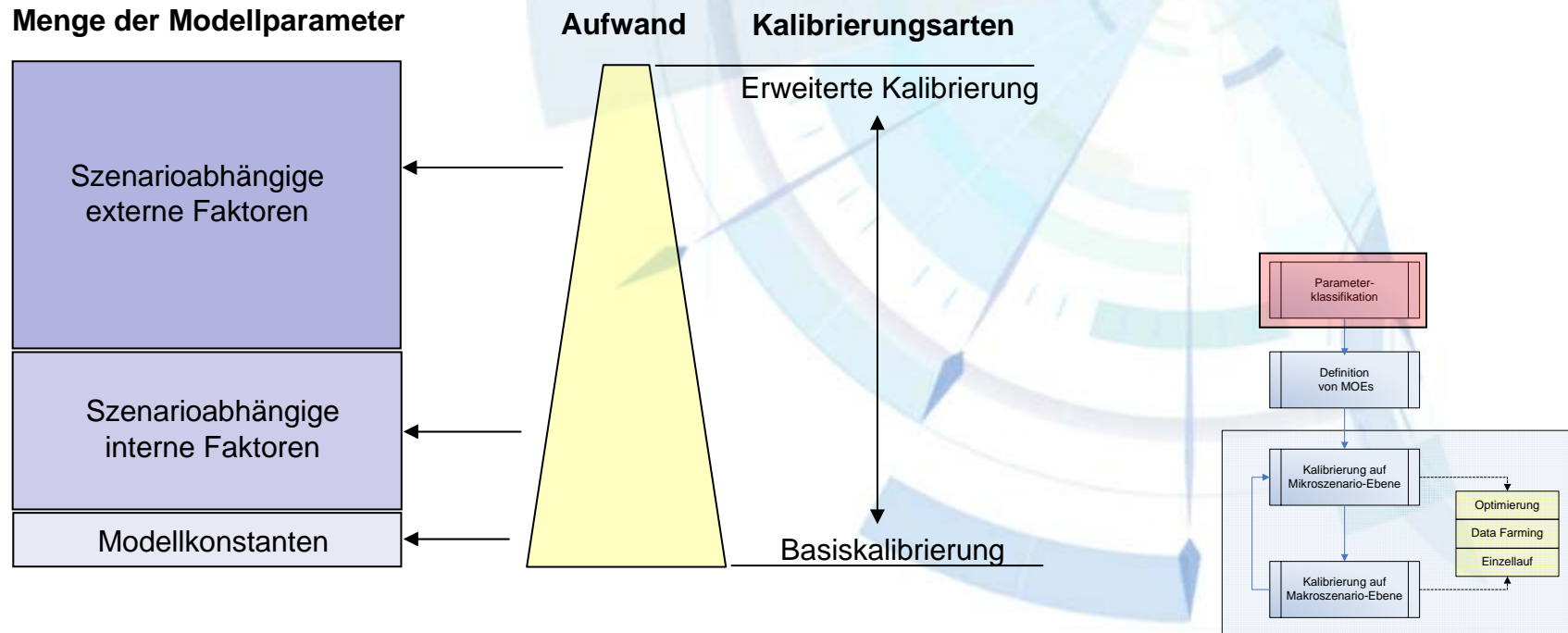
- Leitfaden zur Kalibrierung von PAX: modulare Schritte
 - Parameterklassifikation
 - Definition von MOEs
 - Kalibrierung
 - auf Mikroszenario-Ebene
 - auf Makroszenario-Ebene



Kalibrierung am Beispiel des Modells PAX

Parameterklassen und Kalibrierungsarten

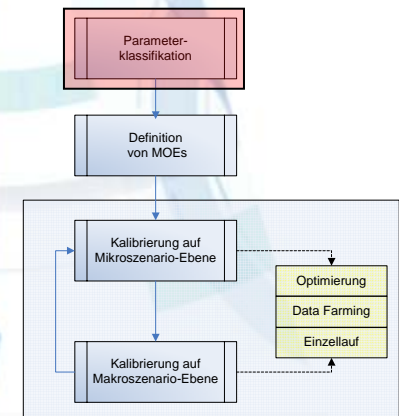
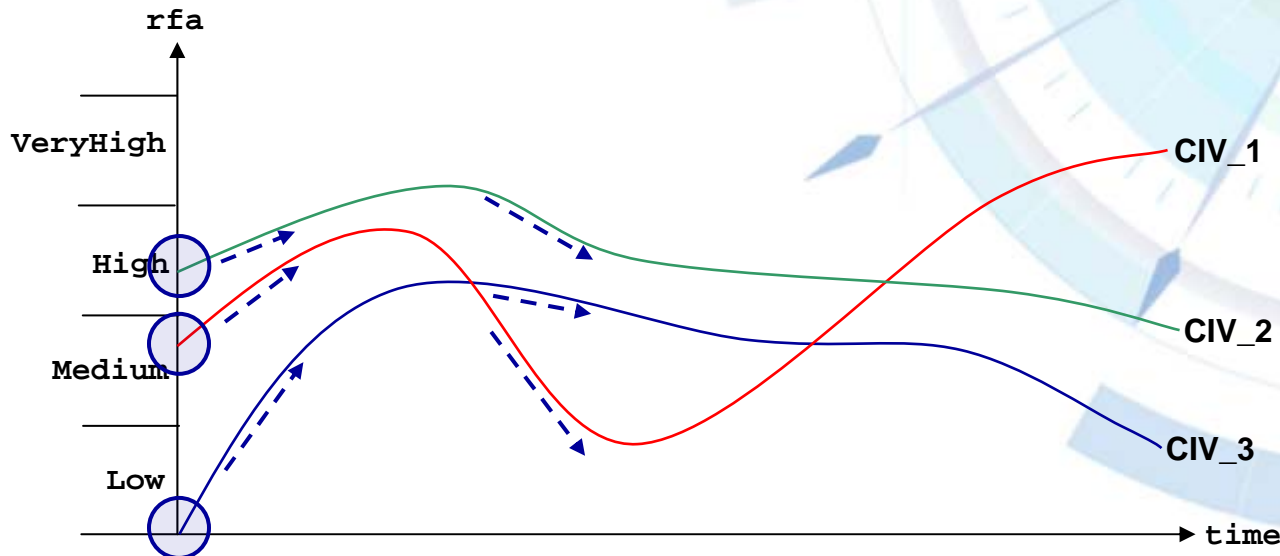
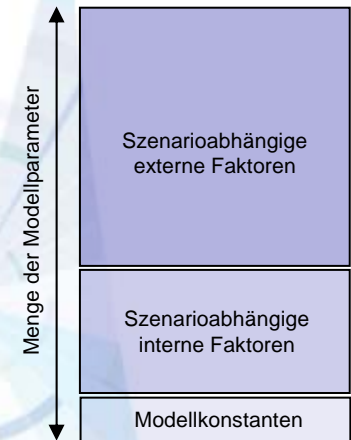
- Parameterklassen
 - Modellkonstanten
 - Szenarioabhängige interne Faktoren
 - Szenarioabhängige externe Faktoren
- Zusammenhang: Parameterklassen und Kalibrierungsarten



Parameterklassifikation: Beispiel

Parameter Aggressionsbereitschaft (rfa)

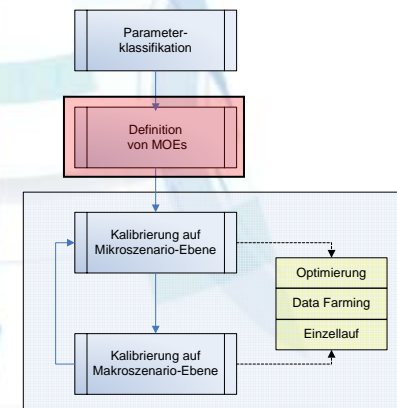
- Szenarioabhängiger externer Faktor
 - Initialwert für **rfa**
- Szenarioabhängige interne Faktoren
 - Stellschrauben in der Gleichung zur Berechnung der **rfa**
 - Persönlichkeitskonstanten (z.B. Stärke des **rfa**- Anstiegs)
- Modellkonstanten
 - Schwellwerte, die konkrete Ausprägungen des Agentenverhaltens definieren
 - **rfaThreshold{VeryHigh,High,Medium,Low}**



Definition von MOEs

Arbeitsschritte

- Zweck: MOE dient dem Vergleich Modelldaten – Realdaten
- Methodik: 4 Schritte
 - (1) Identifikation von MOEs durch SMEs (Subject Matter Experts)
 - (2) Bestimmung "gültiger" Intervalle für bestimmte MOEs durch SMEs
 - (3) Identifikation von Ausgabegrößen des Modells zur Erzeugung der MOEs
 - (4) Definition "erlaubter" Intervalle für die Ausgabegrößen
- Beispiele
 - "In > 90% der Fälle eskaliert eine bestimmte Situation nicht."
 - Weitere Beispiele für MOEs:
 - *Unscharfe* MOEs: "Ist das Verhalten plausibel?"
 - *Scharfe* MOEs: "5 Zivilisten werden verletzt."

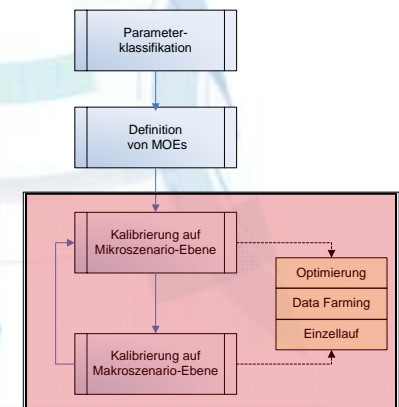


Kalibrierung am Beispiel des Modells PAX

Kalibrierung von Mikro- und Makroszenarien

- **Makroszenar**
 - Maximale Größe der simulierten Umwelt und maximale Anzahl an zu simulierenden Agenten
- **Mikroszenar**
 - Reduzierte Umwelt und Anzahl simulierter Agenten
- **Eingesetzte Methoden**
 - Einzellaufanalyse
 - Ganzheitliche Untersuchung der Modelldynamik
 - Data Farming
 - Gezielte Datengenerierung, Auswerteverfahren
 - Optimierung
 - (1) Auswahl plausibler Werte für definierte MOEs
 - Werte dienen als Zielvorgaben für Optimierungsalgorithmen
 - (2) Auswahl zu variierender Eingabeparameter
- Methoden können im Zuge der Kalibrierung von Mikro -und Makroszenarien eingesetzt werden

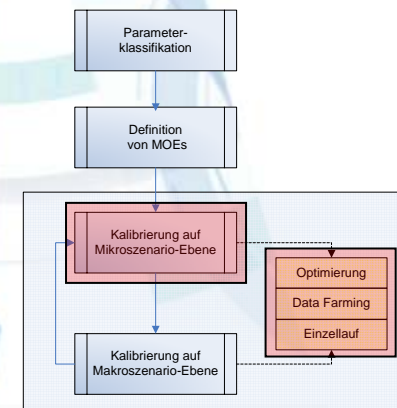
Kalibrierungs-schritt				
Makroszenar-kalibrierung				
Mikroszenar-kalibrierung				
	Einzellauf-analyse	Data Farming	Optimierung	Eingesetzte Methode



Kalibrierung am Beispiel des Modells PAX

Kalibrierung von Mikroszenarien

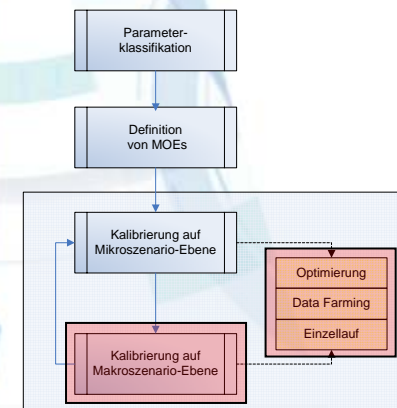
- **Zweck**
 - Gezielte Einblicke in die Modelldynamik
 - Erlangung eines tiefen Modellverständnisses
- **Methodik: 3 Schritte**
 - (1) Reduzierung des Szenarios
 - Abgebildetes Areal, Anzahl Agenten
 - (2a) Durchführung von Einzelexperimenten
 - Bewertung des Simulationsverlaufs
 - Visuell / Betrachtung der MOE- Werte
 - Vergleich verschiedener Vignetten
 - (2b) Data Farming
 - Analyse spezieller Modellgrößen
- **Folgeschritt**
 - Überprüfung ermittelter Parameterintervalle auf Gültigkeit / Plausibilität in Makroszenarien



Kalibrierung am Beispiel des Modells PAX

Kalibrierung von Makroszenarien

- **Zweck**
 - Iterative Anpassung der Intervalle zu kalibrierender Parameter
- **Methodikempfehlung: 5 Schritte in einer Iteration**
 - (1) DF- Experiment
 - (2) Datenanalyse
 - (3) Ermittlung der wichtigsten Einflussgrößen für alle MOEs
 - (4) Plausibilisierung extremer Ausgabewerte
 - (5) Anpassung der Parameterintervalle
- **Folgeschritt**
 - Ggf. Optimierung
 - Ggf. Kalibrierung auf Basis von Mikroszenaren



Zusammenfassung

- **Zahlreiche Herausforderungen**
 - Mikroebene - Makroebene
- **Kalibrierungsstrategien existieren**
 - Kalibrierungsstrategien -manuell-
 - Kalibrierungsstrategien -"automatisch"-
- **In der Praxis: Kombination mehrerer Verfahren nötig**
 - Vorarbeit nötig (z.B. Parameterklassifikation)
 - Beispiel: Basiskalibrierung des Modells PAX

Kalibrierung Agenten-basierter Modelle: Herausforderungen und Lösungsstrategien



Bernd Schneider
EADS Deutschland GmbH
19. Januar 2010