

Vorlesung Modellierung und Simulation

VORLESUNGSGLIEDERUNG

MOTIVATION: WARUM MODELLIERUNG UND SIMULATION ?

- Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis
- Einbettung in den Informatik-Studiengang

KAPITEL 1: EINFÜHRUNG UND GRUNDBEGRIFFE

- 1.1 Systemanalyse und Systemtheorie
- 1.2 Systeme
- 1.3 Vom System zum Modell
- 1.4 Simulation
- 1.5 Modellbildungszyklus
- 1.6 Anwendungsfelder der Simulation

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

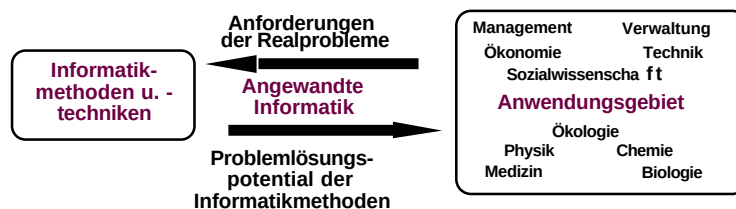
- **Computersimulation** bedeutendes Instrument zur Analyse und Modellierung **komplexer Systeme**
- **Umgang mit komplexen Systemen** typische Aufgabe der Informatik
- **Einordnung der Simulation in die Systemanalyse**
 - Prinzipien des Aufbaus und des Verhaltens von Systemen aus der **Systemtheorie**
 - Allgemeingültig für alle Systeme unabhängig vom Anwendungsbereich
 - **Systembegriff** als Basis für einheitliches interdisziplinäres Vorgehen
 - **Systemanalyse** = Systematische Analyse des Systemverhaltens über die Zeit mit mathematischen Modellen

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Enge Beziehungen zwischen Modellierung, Simulation und Operations Research**
 - s. Abb. 11, *Simulation von Produktionssystemen* (1995), S. 16
- **OR dient der Vorbereitung von Entscheidungen im Rahmen von Planungsprozessen**
 - Verarbeitung von quantifizierbaren Informationen unter Einbeziehung von operationalen Zielen
 - OR arbeitet mit Modellierung bzw. mit **Modellen**
 - » Optimierungsmodelle
 - » aber auch Simulationsmodelle
 - Lösung der Modelle mit mathematischen **Optimierungsmethoden**
 - » aber auch mit **algorithmischen** Simulationsmethoden
 - » aus Sicht des OR Simulation als OR-Teilgebiet
 - » Abgrenzung OR/ Simulation nicht eindeutig

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Simulation typische Methode der Angewandten Informatik**
 - Nutzung von Informatikmethoden in den Anwendungsgebieten
 - Brücke zwischen Informatikmethodik und Anwendungsgebiet



- Transfer, anwendungsspezifische Anpassung und Weiterentwicklung von Informatikmethoden

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Einsatz der Simulationstechnik in zahlreichen Fachgebieten ("Interdisziplinäre Methodik")**
 - Natur- und Ingenieurwissenschaften
 - Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
 - Medizin und Umweltforschung ...
- **Anwendungen in der Informatik**
 - Rechen- und Kommunikationssysteme
 - Informations- und Datenbanksysteme
 - Chip Design
 - Wirtschaftsinformatik
 - » Logistik, Produktion, Lagerhaltung ...

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Informatikmethoden für die Simulation**
 - Sprachen und Werkzeuge
 - Entwurfsmethoden
 - Datenbanktechniken
 - Visualisierung
 - Parallelrechner
 - Simulationshardware ...

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Bedeutung für die Berufspraxis**
 - Modellierungsmethoden relevant für andere Informatikgebiete
 - » Rechen-, Kommunikationssysteme, Verteilte Systeme, Mikroelektronik (s.o.) ...
 - Systemanalytische Modellierungsmethoden wichtig in zahlreichen Informatikanwendungsgebieten
 - » Betriebswirtschaft, Produktionstechnik, Materialwirtschaft, Logistik (s.o.) ...
 - => **Wichtige Berufsfelder für InformatikerInnen**
- **Modellgestützte Analysen in zahlreichen Tätigkeitsfeldern immer häufiger erforderlich**
 - » Systemanalyse, -entwurf, Produktion, Management, Beratung..

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Bedeutung für die Berufspraxis**
 - Innovative Lösungsansätze ohne vorherige Modellstudien der zu analysierenden Systeme in vielen Bereichen nicht mehr möglich

“Viele Probleme, mit denen industrielle Unternehmen zu kämpfen haben, die breite Palette der Simulationswerkzeuge und leistungsfähige, preisgünstige Computer bilden die Bedingungen für eine breitere Anwendung der Simulationstechnik. “
- **Stellenwert der Simulation in der Produktion**
 - » *“Häufig hört man folgende falsch gestellte Frage:
“Können wir uns die Simulationstechnik leisten ?”*
 - » *Die richtige Formulierung der Frage ist aber:
“Wie lange können wir es uns leisten, auf die Simulation zu verzichten ?”*
 - » *Aus: Simulation von Produktionssystemen (1995), Vorwort*

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Fachliche Anforderungen aus der Berufspraxis**
 - Solides Informatikwissen und Bereitschaft, sich in vielfältige Anwendungskontexte schnell einzuarbeiten
 - Fähigkeit erlerntes Informatikwissen in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Anwendern einzubringen und zu vermitteln
 - » Überwindung der Kommunikationsbarriere !
 - Informatikkompetenz bei Simulationsstudien in Unternehmen
 - » Beitrag zur Modellentwicklung
 - » Modellimplementierung
 - Simulationswerkzeuge
- **Voraussetzungen für Modellierung/ Simulation eines Anwendungssystems**
 - fundiertes Verständnis des fachlichen Anwendungskontextes
 - Verstehen der grundsätzlichen Terminologie, Strukturen und Abläufe im System

Prof.Dr.-Ing. Bernd Page, FB Informatik

- 9 -

VL Modellierung und Simulation WS 98/99

Modellierung und Simulation: Fachlicher Hintergrund - Bedeutung für Studium und Praxis

- **Simulationsausbildung trägt Anforderungen der Angewandten Informatik Rechnung hinsichtlich**
 - informatikspezifischen Fachkenntnissen *und*
 - Fähigkeit zur systematischen Einarbeitung in typische Anwendungskontexte
 - » **interdisziplinäre Zusammenarbeit** mit Spezialisten anderer Fachgebiete
 - » **Systemansatz als Leitlinie** für strukturierte Herangehensweise
 - **Vermittlung von Fachkenntnissen aus**
 - Systemanalyse / Systemtheorie
 - Angewandter Statistik/ Wahrscheinlichkeitsrechnung
 - Softwaretechnik
 - » Entwurf, Werkzeugentwicklung, graph. Programmierung, OOP
 - Operations Research/ Optimierungsmethoden
- jeweils in Verbindung mit Anwendungsgebieten**

Prof.Dr.-Ing. Bernd Page, FB Informatik

- 10 -

VL Modellierung und Simulation WS 98/99

Motivation: Warum Modellierung und Simulation

- **Einsatz der Modellierung und Simulation**

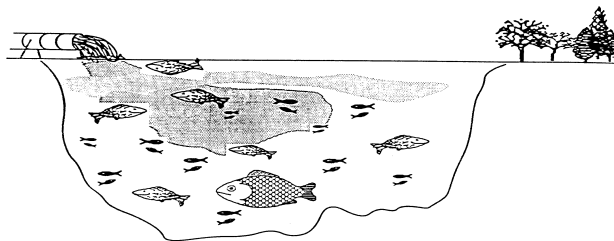
- Immer dann, wenn ein System oder Vorgang zu komplex ist, um rein gedanklich nachvollzogen zu werden
- Für Experimente, die am realen System nicht durchführbar sind

- **Warum experimentiert man mit Modellen ?**

- Unzumutbare Störung/ Zerstörung des realen Systems
 - » Beispiele: Notfallpraxis, Reaktorstörfall
- Unzugänglichkeit des realen Systems
 - » Beispiel: Spiralnebel (Astrophysik)
- Untersuchungen am realen System zu aufwendig oder zu teuer
 - » Beispiel: Fertigungssystem
- Systemabläufe zu schnell oder zu langsam für den Menschen
 - » Beispiele: Waldsterben , Kontinentaldrift (Geologie)

Motivation: Typische Fragestellungen der Modellierung und Simulation

- **Anwendungsbeispiel (1): Eutrophierung eines Sees (Ökologie)**



- **Fragestellung:**

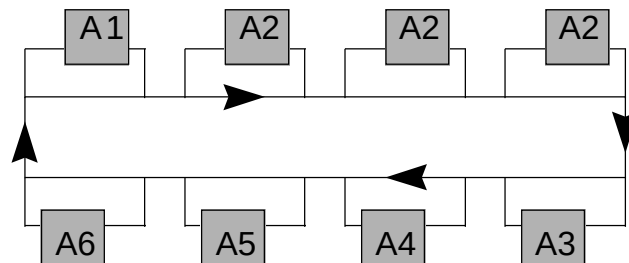
- Wie verhält sich eine Fischpopulation in einem See bei zunehmender Verschmutzung bzw. Eutrophierung ?

Motivation: Typische Fragestellungen der Modellierung und Simulation

- Anwendungsbeispiel (1): Eutrophierung eines Sees (Ökologie)
- Lösungsansatz:
 - Welche Umweltsysteme sind betroffen ?
 - Aus welchen Komponenten bestehen die Teilsysteme ?
 - Wie sind diese miteinander vernetzt ?
 - Wie reagiert das System auf die Verschmutzung?
 - » Systemansatz im Rahmen der Systemtheorie !
 - Experimente am System See können nicht durchgeführt werden
 - » Simulation !

Motivation: Typische Fragestellungen der Modellierung und Simulation

- Anwendungsbeispiel (2): Herstellung eines Produktes durch ein Fertigungssystem (Betriebswirtschaft)

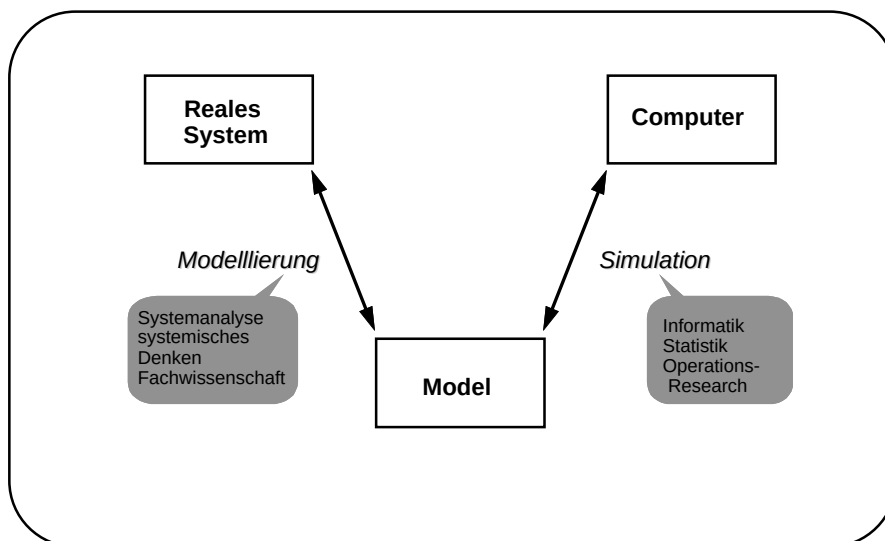


Motivation: Typische Fragestellungen der Modellierung und Simulation

- **Anwendungsbeispiel (2):**
Herstellung eines Produktes durch ein Fertigungssystem (Betriebswirtschaft)
- **Fragestellungen:**
 - Was ist die optimale Bearbeitungsreihenfolge ?
 - Wie hoch ist der Durchsatz ?
 - Wie ist die durchschnittliche Verweilzeit ?
- **Lösungsansatz:**
 - Ein Experiment bedeutet eine unzumutbare Störung des Produktionsablaufes.
 - Untersuchungen am System wären zu aufwendig oder zu teuer.

» **Modellierung und Simulation !**

Elemente der Modellierung und Simulation und ihre Beziehungen untereinander



Der Systemansatz

- Modellierung und Simulation basieren auf dem **Systemansatz**
- Durch die Analyse von Systemen soll vernetztes (**systemisches**) **Denken** gefördert werden !
- Insbesondere soll die Fähigkeit zur Erfassung von **komplexen Zusammenhängen** verstärkt werden.
- Systemansätze in verschiedenen Wissenschaftszweigen
 - » Mathematisch-physikalischer Ansatz:
Differentialgleichungssysteme (*Newton*)
 - » Ansatz der allgemeinen Systemtheorie (*Bertalanffy, Rapoport*)

Der Systemansatz

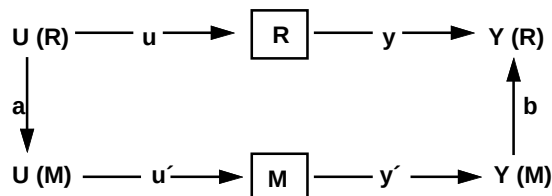
- Systemansätze in verschiedenen Wissenschaftszweigen
 - » Regelungstechnisch-kybernetischer Ansatz (*Wiener*)
 - » System Dynamics-Ansatz (*Forrester, Meadows*)
Systemdynamische kontinuierliche Simulationsmodelle auf Basis von Differenzengleichungen ("Weltmodelle", "Grenzen des Wachstums")
 - » Ökologisch-biologischer Ansatz (*Vester*)
Ökosysteme, Biokybernetik ("Ökopoli")
 - » Kommunikationstheoretischer Ansatz (*Watzlawick*)
Beziehungssysteme
 - » Sozialwissenschaftlicher Systemansatz (*Luhmann*)
Theorie sozialer Systeme
- Systemansätze sind auch für die Informatik von grosser Bedeutung !

Modelle

- **Beispiele:**
 - Architekturmodell von Gebäudekomplex (vor Neubau)
 - Modelleisenbahn
 - Fahrzeugmodell im Windkanal
 - Automatenmodell, Petri-Netze, Rechensystemmodell....
 - » Informatik stark auf Modellen aufgebaut
- **Modell = Abbild eines Ausschnitts der realen Welt**
 - » Hinreichende Realitätsnähe der Modelle gefordert !
- **Reales System R = Ausschnitt aus der Realwelt**
 - » **Direkte Analyse** von R durch Beobachtung des realen Systems

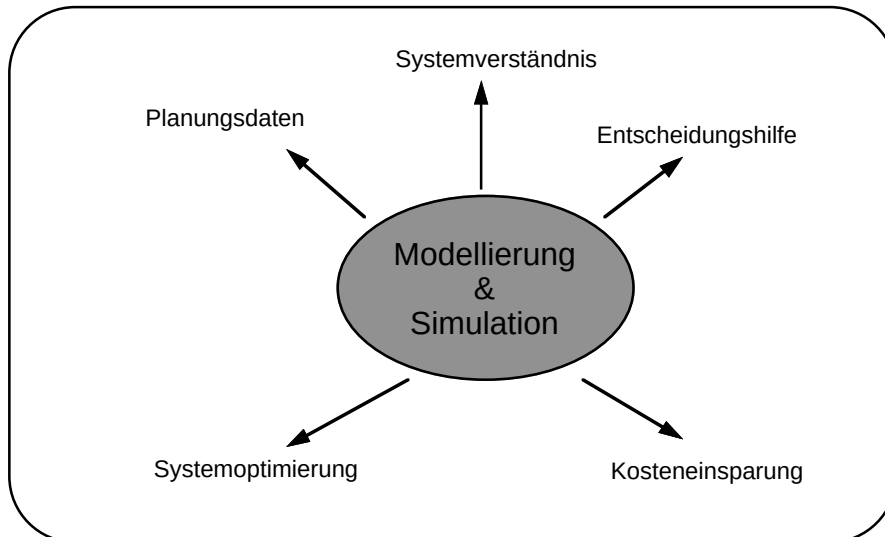
Modelle

- **Durch Abstraktion im Rahmen der Modellbildung wird Modell M mit charakteristischen (wichtigen) Eigenschaften des realen Systems geschaffen**
 - **Indirekte Analyse** von R durch Beobachtungen am Modell



- **Simulation** eines Systems R durch ein zweites System M

Zusammenfassung: Nutzen der Modellierung und Simulation



Prof.Dr.-Ing. Bernd Page, FB Informatik

- 21 -

VL Modellierung und Simulation WS 98/99

Einbettung des Faches Modellierung und Simulation in das Informatik-Studium

• Grundstudium:

- Programmiererfahrungen, z.B. Modula-2, Oberon, C++, Java...
- Mathematisch-statistische Grundlagen:
 - » Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Lineare Algebra
- Proseminare über Simulation

• Hauptstudium:

- ASI: Modellierung und Simulation (Kerngebiet), Simulation II + Üb, Umweltinformatik II, Projektseminar Simulation und Umweltinformatik (Vertiefung A2)
- TIS: Optimierung und Anwendungen, Operations Research, Heuristik...
- TKN: Leistungsanalyse von Kommunikations- und Rechensystemen
- TGI: Modelle für Rechensysteme, Petrinetze

Prof.Dr.-Ing. Bernd Page, FB Informatik

- 22 -

VL Modellierung und Simulation WS 98/99

Einbettung des Faches Modellierung und Simulation in das Informatik-Studium

- **Hauptstudium:**
 - Theoretische Vertiefung:
 - » Theoret. Grundl. der Optimierung und Simulation
 - » Graphentheorie
 - » Warteschlangentheorie
 - » Systemtheorie...
 - Sinnvolle Ergänzungen:
 - » Logistik
 - » Computer Graphik
 - » Softwaretechnik, OOP
 - » Datenbanken
 - » Wirtschaftsinformatik
 - » Betriebliche Datenverarbeitung...

Lernziele der Vorlesung Modellierung und Simulation

- **Verständnis, Anwendung und Beurteilung von systemanalytischen Modellbildungsmethoden**
 - Simulationstechnik
 - Optimierung
- **Vertiefung des Anwendungsbezuges von Informatikmethoden und von methodischen Simulationskenntnissen**
- **Ansätze zum Aufbau von Simulationsmodellen**
 - Vertiefungsmöglichkeit in VL Simulation II + Üb.
- **Studenten sollen nach Beendigung der VL in der Lage sein, eigene Modelle auf der Basis des Systemansatzes zu entwerfen bzw. Simulationsmodelle und -methoden zu beurteilen**

Vorlesung Modellierung und Simulation

• Literaturempfehlungen

- (1) J. Kosturiak, M. Gregor:
Simulation von Produktionssystemen.
Springer Verlag, Wien-New York 1995
- (2) L. Oakshott:
Business Modelling and Simulation.
Pitman Publ., London 1997
- (3) B. Page:
Diskrete Simulation - Eine Einführung mit Modula-2.
Springer-Lehrbuch, Berlin-Heidelberg 1991
(auszugsweise im WWW unter <http://asi-www.informatik.uni-hamburg.de/themen/sim/lehre/simulation1/>)
- (4) W. Domschke, A. Drexl:
Einführung in Operations Research.
Springer-Lehrbuch, 3. Aufl., Berlin-Heidelberg 1995

Vorlesung Modellierung und Simulation

• Literaturempfehlungen

- (5) D. Hill:
Object-oriented analysis and simulation.
Addison-Wesley, Harlow, Mass. 1996.
- (6) M. Kaupp (Hrsg.):
Simulation im Luftverkehr. Analyse - Modellierung -
Implementierung - Ergebnisse.
Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 1996.