

# Modellbildung und Simulation

## 1. Einführung



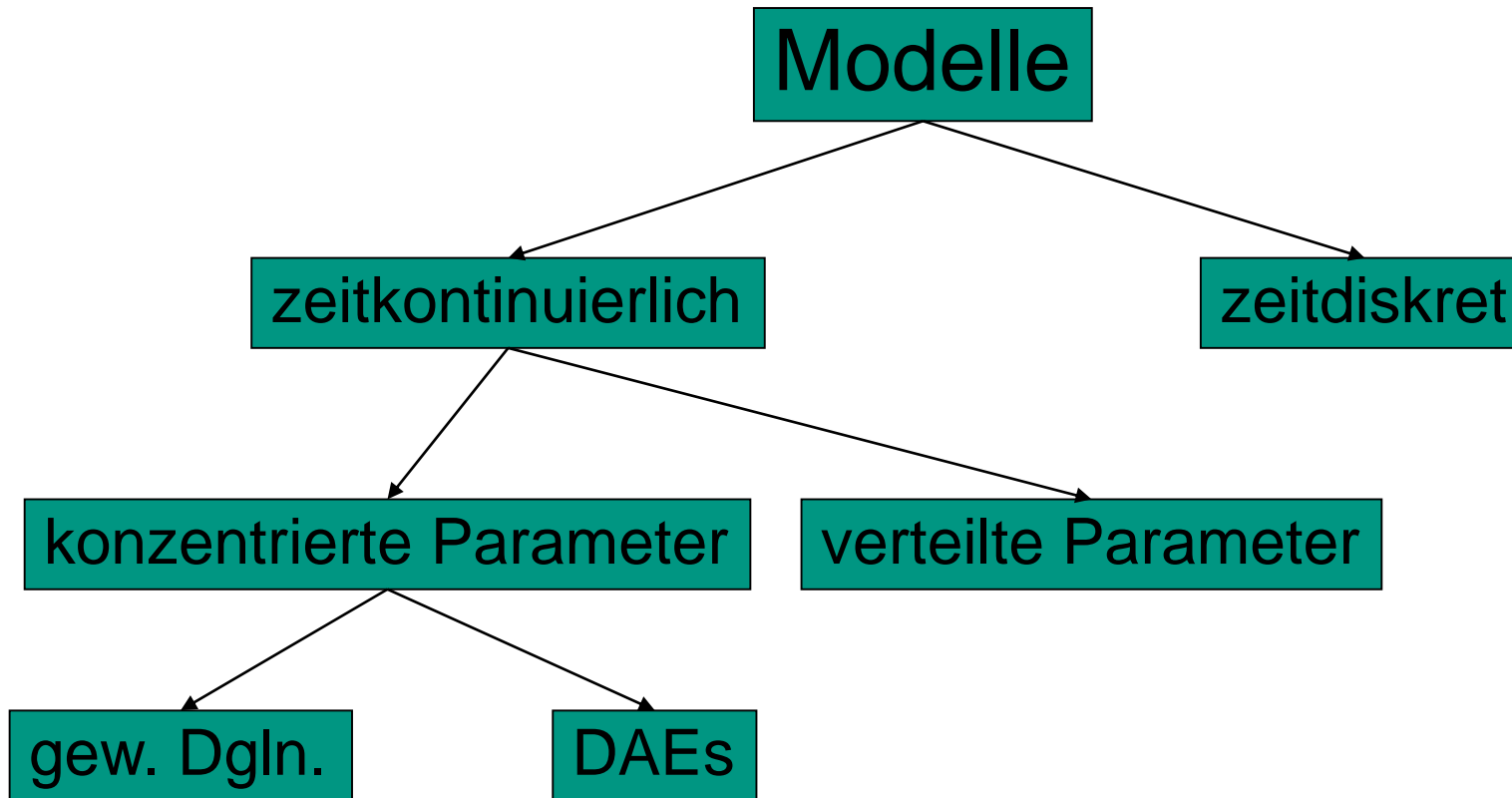
INSTITUT FÜR TECHNISCHE MECHANIK / BEREICH DYNAMIK UND MECHATRONIK

1. Ziel und Aufbau der Vorlesung
2. Organisatorisches
3. Grundbegriffe:
  - Was ist Simulation?
  - Was ist ein System?
  - Was ist ein Modell?
4. Umfang und Ablauf einer Simulationsstudie

## ■ Die Studierenden

- sind in der Lage, die zur Lösung technischer Fragestellungen erforderlichen Probleme zu formulieren, entsprechende konzeptionelle und mathematische Modelle zu erstellen und zu analysieren.
- Sie können Algorithmen zur Lösung der mathematischen Modelle entwickeln und implementieren.
- Sie können umfassende, auch interdisziplinäre Simulationsstudien durchführen, die Simulationsergebnisse beurteilen und die Qualität der Simulationsergebnisse kritisch bewerten.

# 1. Ziel und Aufbau der Vorlesung



**Beachten Sie für Ankündigungen und den Zeitplan für das Wintersemester 2020/21 die Datei „Ankündigungen und Zeitplan“ im ILIAS-Kurs.**

### 3. Lernziele der heutigen Vorlesung

#### ■ Die Studierenden

- sind mit den Begriffen System und Modell vertraut,
- kennen den prinzipiellen Ablauf einer Simulationsstudie,
- können ausgehend vom Systembegriff konzeptionelle Modelle für technische Sachverhalte entwickeln,
- können für technische Problemstellungen eine Simulationsstudie planen.

# Was ist Simulation?

- Ihre Meinung ist gefragt!

### 3.1 Was ist Simulation?

Simulation is the process of

- designing a model of a real system and
  - conducting experiments with this model
- for the purpose either
- of understanding the behavior of the system and its underlying causes or
  - of evaluating various designs of an artificial system or strategies for the operation of the system.

R. E. Shannon: Introduction to the Art and Science of Simulation, 1998



## 3.1 Was ist Simulation?

Simulation ist ein Verfahren zur **Nachbildung eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen** in einem **experimentierbaren Modell**, um zu Erkenntnissen zu gelangen, **die auf die Wirklichkeit übertragbar sind**.

Im weiteren Sinne wird unter Simulation das **Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell** verstanden.

Mit Hilfe der Simulation kann das **zeitliche Ablaufverhalten komplexer Systeme** untersucht werden.

VDI-Richtlinie 3633

## 3.1 Was ist Simulation?

Simulation = Nachbilden des Verhaltens von Systemen durch Modelle

- auf einem Digitalrechner
- auf einem Analogrechner
- durch in ihrem Verhalten ähnliche, z.B. maßstabsverkleinerte, Modelle (z.B. Objekte im Windkanal)

# Und warum machen wir das?



## 3.1 Was ist Simulation?

### ■ Warum Simulation?

→ Erkenntnisse über Systeme erlangen, die in der Realität nicht oder nur mit hohem Aufwand experimentierbar sind:

- Zeitskala zu klein/groß (Kernreaktionen, Klima)
- Raumdimensionen zu klein/groß (Atome, Galaxien)
- reale Systeme (noch) nicht verfügbar (Produktentwicklung)
  - zu teuer (Crash, Luftfahrt)
- reales System würde gestört/zerstört werden
  - zu gefährlich (Kraftwerke, Ökosysteme, Börse)

## 3.1 Was ist Simulation?

- Möglichkeiten der Simulation:
  - Entscheidungshilfen
  - Erfassung der Systemkomplexität
  - Alternative zu Experimenten
  
- Risiken der Simulation:
  - Datenmangel
  - Fehleranfälligkeit
  - hoher Aufwand der Modellerstellung
  - Realitätsferne
  - Vermischung von Modell und Realität
  - mangelnde Transparenz

## 3.2 Was ist ein System?

Ein System ... ist eine abgegrenzte Anordnung von aufeinander einwirkenden Gebilden. Solche Gebilde können sowohl Gegenstände als auch Denkmethode und deren Ergebnisse ... sein. Diese Anordnung wird durch eine Hüllfläche von ihrer Umgebung abgegrenzt oder abgegrenzt gedacht.

Durch die Hüllfläche werden Verbindungen des Systems mit seiner Umgebung geschnitten. Die mit diesen Verbindungen übertragenen Eigenschaften und Zustände sind die Größen, deren Beziehungen untereinander das dem System eigentümliche Verhalten beschreiben.

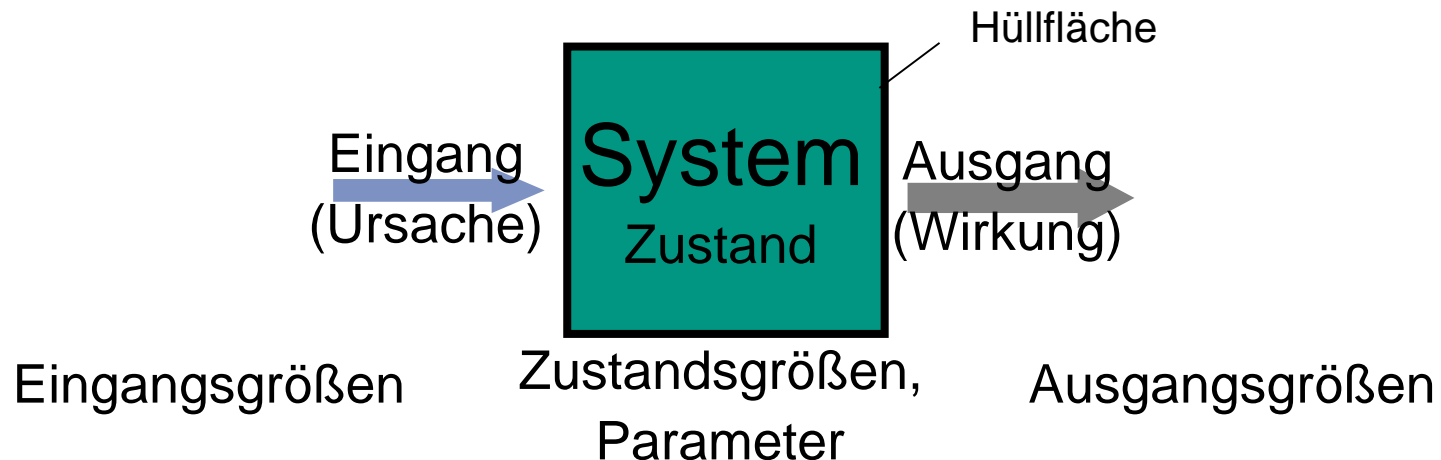
Durch zweckmäßiges Zusammenfügen und Unterteilen von solchen Systemen können größere und kleinere Systeme entstehen.

DIN 19226

## 3.2 Was ist ein System?

äußere Struktur:

- abgegrenzte Menge von Objekten
- Einflüsse von außen (Eingänge, Störungen)
- Wirkungen nach außen (Ausgänge)



Die Wahl der Systemgrenze erfolgt nach

- Absicht (Abgrenzung) und
- Möglichkeiten (Ausgrenzung)

## 3.2 Was ist ein System?

### Innere Struktur

- Systeme sind strukturiert
- Strukturierung über mehrere hierarchische Ebenen möglich
- Wechselwirkung der Teilsysteme

Dekomposition: Zerlegung eines Systems in Teilsysteme.

Aggregation: Zusammenfügen eines Systems aus Teilsystemen, dadurch u. U. zusätzliche Parameter.

Elementare Systeme sind nicht weiter zerlegbare Systeme. Sie bestimmen die Granularität der Systembeschreibung.

Wahl der Granularität/Strukturierung: zielorientiert

- Übersichtlichkeit, Aufwandminimierung → grobe Granularität
  - Transparenz, Ausdrucksstärke → feine Granularität
- so grob wie möglich, so fein wie nötig strukturieren!



## 3.2 Was ist ein System?

mögliche Klassifizierungen:

- diskretes System: Wertebereich der Zustandsvariablen ist diskret (Gegenteil: analoges System)
- kontinuierliches System: Zustandsänderungen können zu jedem beliebigen Zeitpunkt erfolgen (Gegenteil: diskontinuierliches System)
- statisches System: Eigenschaften der Glieder und Verknüpfungen zeitlich konstant (Gegenteil: dynamisches System)
- linear/nichtlinear

Ebenso wie bei den Systemen gibt es diskrete oder analoge, kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozesse.

Der Digitalrechner kann nur diskret-diskontinuierliche Modelle verarbeiten!

## 3.2 Was ist ein System?

### ■ Komplexe Systeme:

- bestehen aus vielen Teilsystemen unterschiedlichen Typs mit vielfältigen Wechselwirkungen
- können unstrukturiert sein  
(→ statistische Beschreibung)

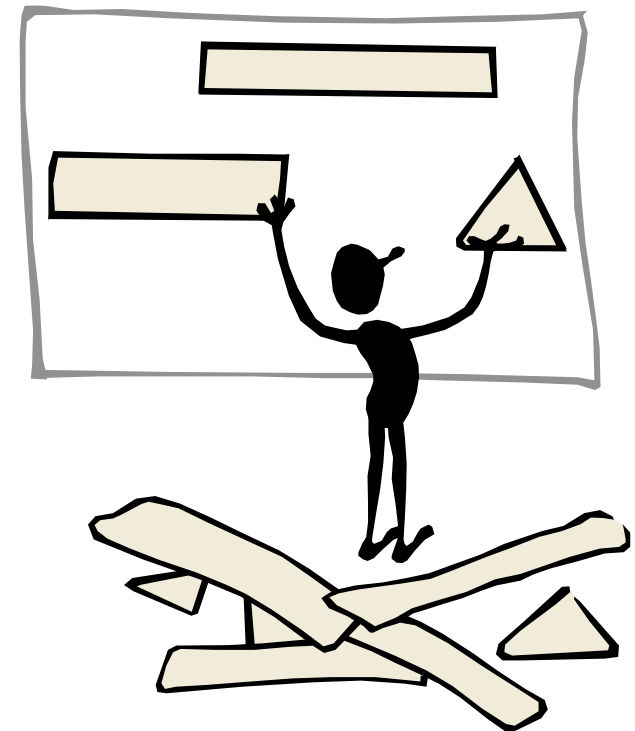
### ■ Komplizierte Systeme:

- wenige Teilsysteme, viele Zustandsgrößen/Parameter

## 3.2 Was ist ein System?

### Aufgaben:

- Systemanalyse (Systemidentifikation):  
Aus bekanntem Systemverhalten auf die Struktur des Systems schließen.
- Systemsynthese:  
Bei bekannter Struktur des Systems auf die Funktion des Systems schließen.



### 3.3 Was ist ein Modell?

- Ein **Modell** eines Originals ist ein System, das als Abbild wesentlicher Eigenschaften und Beziehungen des Originals genutzt wird, um eine bestimmte Aufgabe lösen zu können, deren Durchführung am Original nicht möglich, zu aufwändig oder zu langwierig ist.
- Man kommt zu einem Modell, indem man aus der in der Wirklichkeit vorhandenen Vielfalt von Faktoren und Beziehungen die für das zu lösende Problem wesentlichen herausgreift und in einem Abbild widerspiegelt.
- Man unterscheidet u.a. konzeptionelle und algorithmische Modelle.

### 3.3 Was ist ein Modell?

- konzeptionelles Modell nicht direkt experimentierbar  
→ benötige ausführbare Form (z.B. Software)
- Ein **Algorithmus** ist eine geordnete endliche Folge von elementaren Operationen und Bedingungen zur Umformung von Eingangsgrößen in Ausgangsgrößen, wobei nach Ausführung einer Operation eindeutig feststeht oder an Hand einer Bedingung entschieden werden kann, welche Operation beim nächsten Schritt auszuführen oder ob das Verfahren abubrechen ist.
- Ein **algorithmisches Modell** (oder **Simulationsmodell**) ist ein Modell, das den originalen Prozessverlauf in Abhängigkeit von Anfangsbedingungen, Eingangsinformationen und Parametern durch algorithmische Verknüpfungen widerspiegelt.

### 3.3 Was ist ein Modell?

Implementierung: Umsetzung eines konzeptionellen Modells in ein auf einem Rechner ablauffähiges Simulationsmodell

Experimentieren: gezielte empirische Untersuchung des Modellverhaltens durch wiederholte Simulationsläufe mit systematischen Parametervariationen

#### **Kurzfassung der Definition für Simulation:**

Simulation umfasst die Implementierung und das Experimentieren von Simulationsmodellen, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.

### 3.3 Was ist ein Modell?

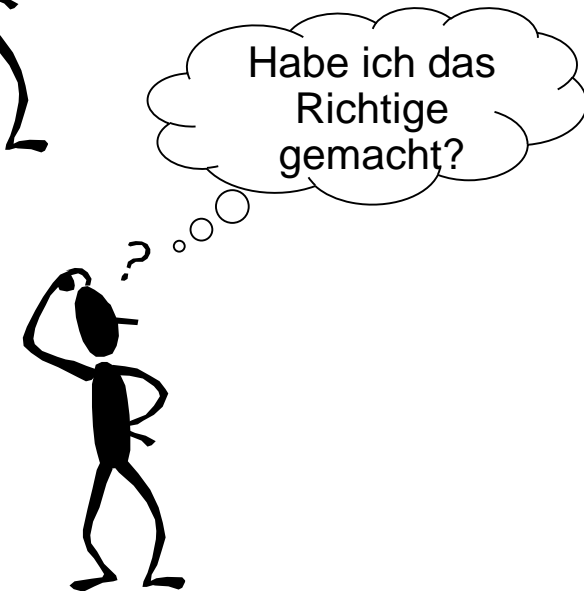
- Verifikation:

- Beschreibt das Simulationsmodell das konzeptionelle Modell richtig?



- Validierung:

- Stimmen Realität und Modell im Hinblick auf die Untersuchungsziele genau genug überein?



# „All models are wrong, but some are useful“

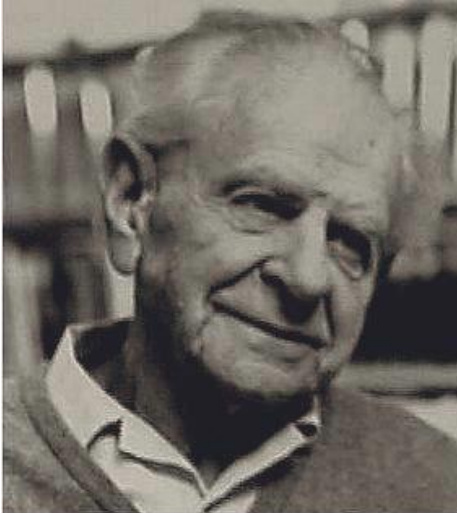
- Since all models are wrong the scientist cannot obtain a "correct" one by excessive elaboration. On the contrary following William of Occam he should seek an economical description of natural phenomena. Just as the ability to devise simple but evocative models is the signature of the great scientist so overelaboration and overparameterization is often the mark of mediocrity.

G. Box, Journal of the American Statistical Association, 1976

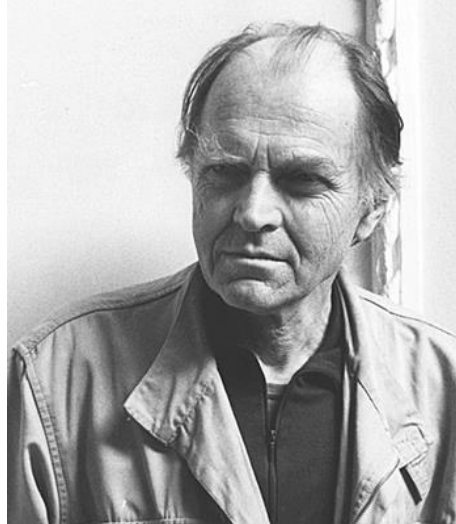


# „All models are wrong, but some are useful“

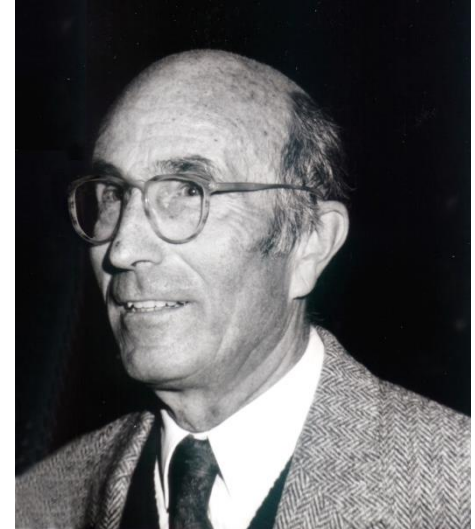
- Es gibt Modelle mit wenigen und vielen Parametern, wenigen und vielen Details
- Es gibt genaue und weniger genaue Modelle
- Entscheidend ist die Aussagekraft eines Modells im Hinblick auf ein Problem!
- Wissenschaft ist nicht objektiv, sondern hängt von Übereinkunft ab!



Karl Popper

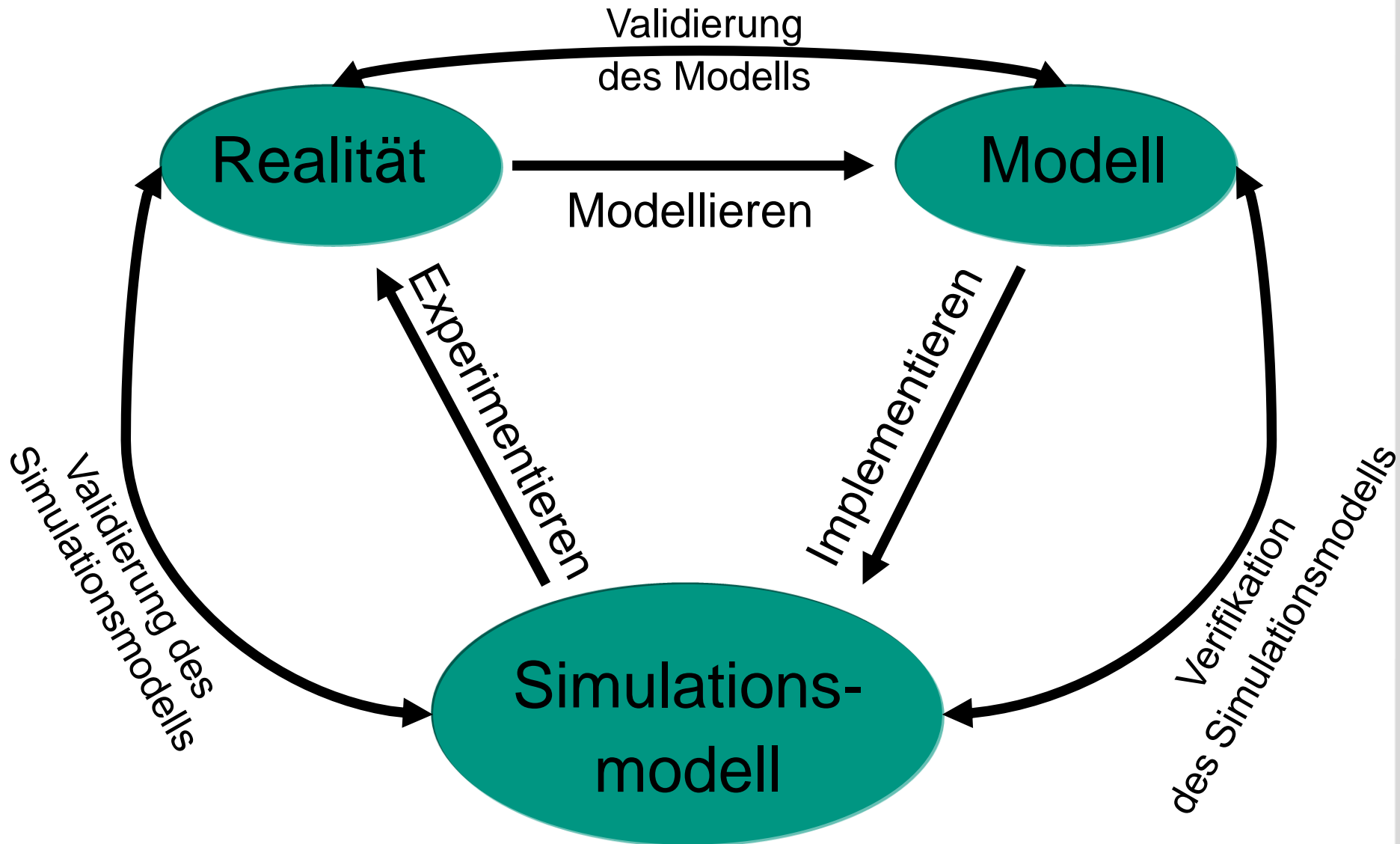


Paul Feyerabend



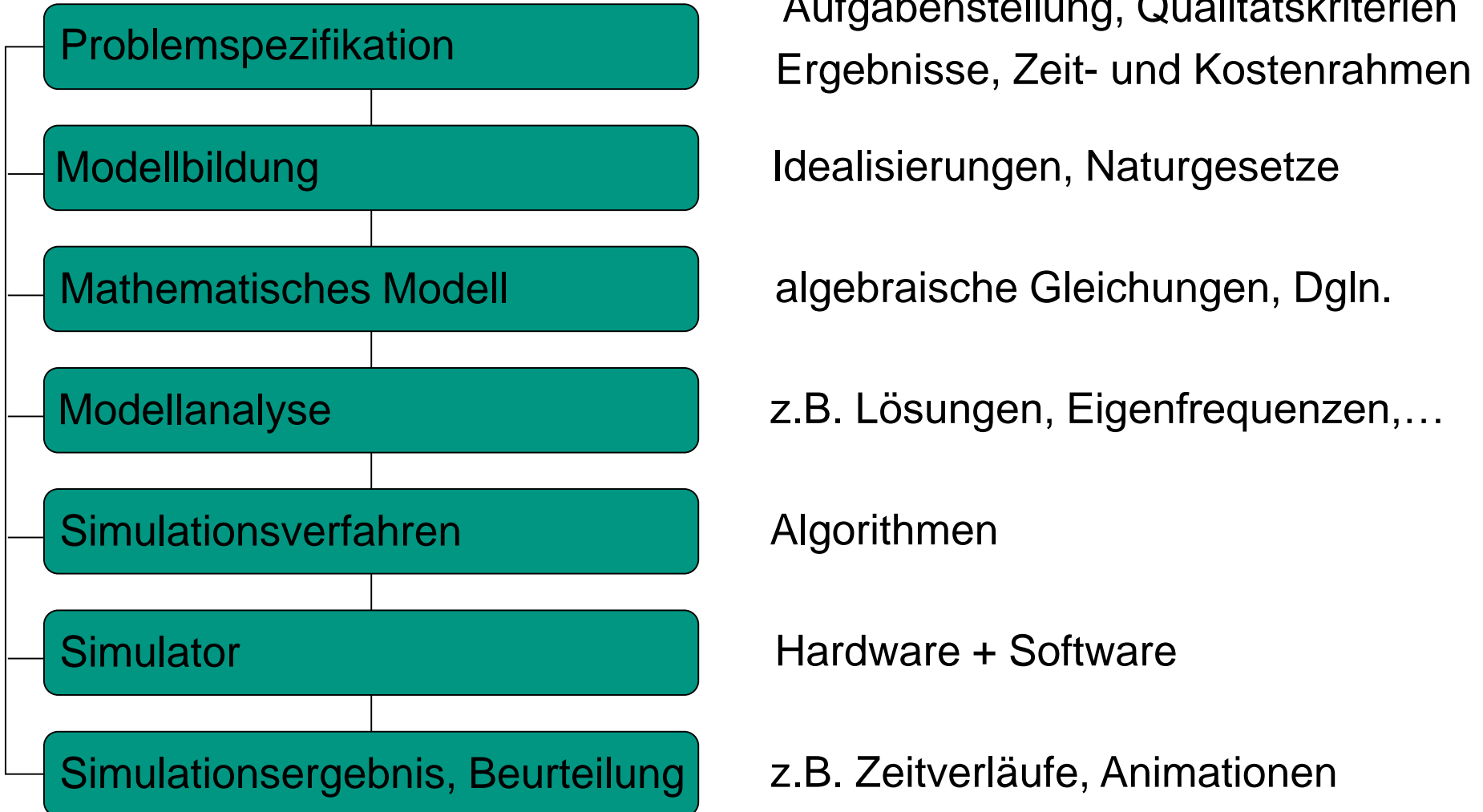
Niklas Luhmann

## 4. Umfang und Ablauf einer Simulationsstudie



## 4. Umfang und Ablauf einer Simulationsstudie

### ■ Ablauf einer Simulationsstudie



## 4. Umfang und Ablauf einer Simulationsstudie

### ■ Möglichkeiten zur Entwicklung von Simulatoren:

- direkte Programmierung unter Verwendung von Programmbibliotheken  
z.B. Matlab, C/C++, Fortran...
- Verwendung spezieller Simulationssprachen  
z.B. ACSL, Modelica
- blockorientierte Simulation  
z.B. Simulink, Dymola
- Komplettpakete für spezielle Systemklassen  
z.B. Mehrkörpersysteme: ADAMS, Simpack  
Antriebsdynamik: DRESP  
Hydraulik, Pneumatik: DSH plus  
elektrische Netzwerke: SPICE

## ■ Nächste Vorlesung:

- Wie wird konkret im Maschinenbau modelliert?
  - Modelle mit verteilten Parametern,
  - Modelle mit konzentrierten Parametern
- Netzwerke zur Modellierung mit konzentrierten Parametern

## ■ Nächste Übung:

- Einführung in Matlab (Pool)

## Gefährliche Panne in Stuttgarter Messe

Eine gefährliche Panne gab es in der „Langen Nacht“ anlässlich der Eröffnung der Neuen Messe Stuttgart: In einer Halle stürzten Teile der Wandverkleidung aus etwa zehn Meter Höhe herab. Etwa 100 Wandplatten – jede von ihnen zwei Meter mal 40 Zentimeter groß – hatten sich gelöst. In der kleinen Kongresshalle sollen sich zum Zeitpunkt des Unglücks knapp 40 Menschen – Besucher und Messemitarbeiter – aufgehalten haben. Zum Glück wurde niemand verletzt. Der Bereich wurde abgesperrt. Bürger, die die 105 000 Quadratmeter große Landesmesse kennenlernen wollten, ließen sich von der Panne vom Freitagabend nicht beeindrucken: Zahlreiche Besucher strömten gestern auf das Messegelände in Leinfelden-Echterdingen. Auch heute haben die Baden-Württemberger noch Gelegenheit, sich kostenlos die Landesmesse (Baukosten: 806 Millionen Euro) und die Ausstellung „Innovation trifft Emotion“ anzuschauen. (Mehr auf Seite 4)

SO

Konzept für eine Simulationsstudie?

Wer macht was?

Was muss besonders beachtet werden?