

# 1. Systeme und Modelle

Begriff "Simulation" in verschiedenen Bedeutungen (nicht einheitlich) verwendet

so: Monte-Carlo-, dynamische, diskrete, kontinuierliche, Rechner-, ... , Simulation  
 Simulatoren verschiedenster Art, ...

**Für uns:** **wesentliche Schlagworte:**

- Simulation ist eine (eine der Techniken) **Technik**
- zur "Behandlung" von Systemen (Beschreibung, Verständnis, Studium, Analyse, Synthese, ...)
- mit Interesse an Beurteilung ihrer Funktion(sweise) ihres Verhaltens
- mittels Untersuchungen / Studien an einem (System-) **Modell**

Simulation ist bedeutsame Technik wegen breiten (und wachsenden) Einsatzes

- in der Informatik: Rechen- und Kommunikations-Systeme
- in Anwendungen der Informatik: Fertigungs-, Transport-, Organisations-, Verwaltungs-, Dienstleistungs-, Logistik-Systeme

**Künstliche** (Mensch-geschaffene) **Systeme** werden zweckbestimmt entworfen / verwirklicht / betrieben.

Ihre Planer / Organisatoren: "Systemanalytiker" stellen typischerweise Fragen der Art:

- Wie schnell / wie groß / wie gut / ... **ist** System / Systementwurf / Systemversion?
- **Was** geschieht (mit System), **wenn** ... ?
- **Was** ist **wie** einzurichten, zu ändern, ... , **damit** ... ?

## Arbeitsweise des Systemanalytikers (Acko71):

Interessiere ein (reales, hypothetisches) System S, dessen So-Sein / Verhalten beeinflusst wird von

- einer Menge C "kontrollierbarer" Größen (diese sind "einstellbar", willkürlich "veränderbar")
- einer Menge U "unkontrollierbarer" Größen (diese "ändern sich potentiell", ohne einstellbar zu sein)

Mit  $W_C$  bzw.  $W_U$  als (i. allg. vektoriellen) Wertebereichen der Größen aus C bzw. U wird sich das System für jede "Einstellung"  $w_C$   $W_C$  für jedes "Eintreten"  $w_U$   $W_U$  anders darstellen / verhalten

Sei P eine Menge (zumindest im Prinzip) beobachtbarer Größen mit Wertebereich  $W_P$  die als Grundlage einer Beurteilung (des So-Seins / Verhaltens) von S dienen

# Was ist ein "System"?

Sehr allgemeiner Begriff; ohne (potentiell schädliche!) Einschränkungen nur vage "definiert / definierbar":

Ein System besteht aus einer Menge von Untereinheiten / Teilen: "Objekten", "Komponenten"; Objekte haben gewisse Eigenschaften; (alle!) Objekte (bzw. ihre Eigenschaften) stehen untereinander in gewissen Zusammenhängen / Abhängigkeiten, üben aufeinander Wechselwirkungen aus.

## Wesentlich:

System { Objekte }  
 und: System ist, was wir als solches verstehen (Klir91) (incl. Abgrenzung !)

## Beispiele:

- Feuerwache
- öffentlicher Nahverkehr
- Maschinensaal
- Insekt / Insektenvolk / Ökologie eines Gebiets  
 Beachte: Wechsel der Objekte, Eigenschaften, Abhängigkeiten  
 aufgrund: Wechsel von Betrachtungszweck, Umgebung / Abgrenzung

"Beeinflussung" von S drückt sich aus in "Beziehung" zwischen C-, U-Größen und P-Größen

z.B. Funktion oder Relation  $f: (W_C, W_U) \rightarrow W_P$   
 $f: W_C \times W_U \rightarrow W_P$

Systemanalytiker ist (zweckorientiert) interessiert an der

- Beurteilung gewisser Güte- (oft: "Leistungs-") Kriterien anhand zugeordneter Güte- / "Leistungs-" Maße etwa:  $V = \{v_i; i=1,2,\dots,n\}$  die aus Beobachtungsgrößen ableitbar / errechenbar seien gemäß  $v_i = g_i(w_P) \quad i=1,2,\dots,n$
- Einhaltung gewisser Güte- (oft: "Leistungs-") Grenzen
- Optimierung von Gütekriterien ("Leistungs"-Maßen)

Wesentliches "Problem" also:

Funktion / Relation f "in den Griff zu bekommen", d.h. den Einfluß der "controllables" C und "uncontrollables" U auf das "Sein / Verhalten" P des Systems S und damit auf seine "Güte" V

zu verstehen und (zweckorientiert) nutzen zu können

Für reales System S:

**f ist durch S repräsentiert**

f also durch Beobachten, Ausprobieren, Experimentieren "studierbar"

(für Größen aus C: "systematisch einstellen" aus U: "wartend beobachten" )

Dies empirische Vorgehen oft nicht wünschenswert, nicht durchführbar

- in Planung befindlicher Flughafen: unmöglich
- kritische Betriebszustände eines Atomreaktors: gefährlich
- unterschiedliche Bus-Routen: zeitaufwendig, teuer

**Alternative ?? Modell !!**

Studium eines "Ersatzsystems" S' (anstatt Systems S) wo

- S' irgendwie "einfacher" zu manipulieren als S
- S' aber imstande, das Sein/Verhalten von S im gewünschten Kontext: Zweck! zu repräsentieren, also f "nachzubilden"

**Churchman / Ackoff / Arnoff (ChAA57)**

ikonisch	analog	symbolisch
bildliche Nachahmung	Erfassung Eigenschaften mittels "anderer" physikalischer Eigenschaften	Darstellung durch mathematische, logische Verknüpfungen von Symbolen

**Sayre / Crosson (CrSa63)**

Replikationen	Formalisierungen	Simulationen
physikalische Ähnlichkeit	keine physikalische Ähnlichkeit: Symbole mittels "wohldefinierten Kalküls" manipulierbar	keine physikalische Ähnlichkeit: Symbole nicht (völlig) innerhalb Kalküls manipulierbar

In diesem allgemeinen Sinn viele Modelltypen existent und in Gebrauch

Einige Klassifikationen (Mih72, Evan88):

**Rosenblueth / Wiener (RoWi45)**

materiell (aus Materie)	formal (aus Symbolen)
	closed box: beschreibt I/O-Zusammenhang
	open box: beschreibt "Mechanik" des I/O-Zusammenhangs
	brauchbar für Vorhersage bei ungeändertem System
	nötig für Einschätzung von System-Veränderungen, "Verständnis"

Für uns naheliegend (ausschließlich betrachtet)

**symbolische / formale Modelle**

Modellformen in diesem Bereich:

**Ideal:** f liegt als geschlossene, explizite Formel vor Beurteilung, Veränderung, Optimierung "mit Bleistift und Papier" möglich: **analytisches Vorgehen**

**Nächstbest:** f liegt als implizite Formel vor. Beurteilung, Veränderung, Optimierung durch systematisches "Abtasten" von f für verschiedene Werte der Einflußgrößen aus C, U u.U. "Überblick", Grenzen/Schranken durch Formelmanipulation: **numerisches Vorgehen**

**Schwierig:** Nur (Menge von) Zusammenhängen, Abhängigkeiten formal notierbar. Beurteilung, Veränderung, Optimierung durch schrittweises "Konsistent-Machen" der Zusammenhänge "Durchspielen" der Abhängigkeiten: **simulatives Vorgehen**

Außer bei "Ideal": f immer nur "punktweise" (numerisch) erforscht

**Warnung:** wegen methodischer "Unterlegenheit" sollte Simulation letzter Ausweg sein (wenn "alles andere" versagt!)

**Aber:** Dies ist (auch) subjektiver Gesichtspunkt ("Wissen" über alternative Techniken)

Feinere orthogonale Klassifizierung symbolischer Modelle (Fish73):

<p><b>(i) analytisch</b></p> <p>Ergebnisgrößen sind Funktionen der Einflußgrößen</p> <p>z.B. "Gesetze" Physik: Newton, Ohm Wartesysteme: Little</p>	<p><b>numerisch</b></p> <p>Ergebniswerte können für jeden Wertesatz der Einflußgrößen ermittelt werden</p> <p>Implizite Formeln Simulator</p>
<p><b>(ii) statisch</b></p> <p>zeitliche Veränderungen nicht beschrieben</p> <p>z.B. Aufstellungsplan Maschinensaal</p>	<p><b>dynamisch</b></p> <p>Prozeßbeschreibungen, "Zustands"-Veränderungen über der Zeit beschrieben</p> <p>Vorgänge an Bankschalter, Nationalökonomie</p>
<p><b>(iii) deterministisch</b></p> <p>alles ist / geschieht "mit Sicherheit"</p> <p>oft reine Beschreibungsentscheidung, wobei Unwissen, auch Unwillen zum Detail wesentliche Rolle spielen</p> <p>z.B. Rechenzentrum, Montage</p> <p>a) feste Montagezeit: b) variierende Montagezeit: c) Kaffeepause etc. d) variierende M.zeiten:</p>	<p><b>stochastisch</b></p> <p>Zufallsvariable beschreiben (Regelmäßigkeiten der Unsicherheit / Variabilität)</p> <p>Beschreibungs-"Ökonomie"</p> <p>Magnetbänder</p> <p>deterministisch stochastisch deterministisch stochastisch</p>

Weitere Beispiele (Fish73):  
numerisch + dynamisch auch "prozedural" genannt  
(Beschreibung Entwicklung über Zeit, schrittweise Analyse):  
**Simulator / Simulation**

	analytisch numerisch		statisch dynamisch		determinist. stochastisch	
Beispiele	a	n	s	d	d	s
Ohm'sches Gesetz	x		x			x
Normalverteilung	x		x			x
Newton's Gesetz	x			x	x	
Markoff-Prozeß	x			x		x
Polynom, Ordnung > 4		x	x			x
Nichtlineare Differentialgleichung in der Zeit		x		x	x	
Maximum-likelihood-Schätzer		x	x			x
Reparaturwerkstatt-Simulator		x		x		x

Feinere Unterscheidungen Simulatoren:

- aggregiert / detailliert**  
Entscheidung bei Modellbildung:  
Bei Simulation im Prinzip jedes Detail berücksichtigbar.  
z.B.: Herstellungsprozeß
  - jede Tätigkeit jeder Person und Maschine, jede Informationsübermittlung, ...
  - Gesamt-Materialfluß (Ein- und Verkäufe), Personalbestand, Gesamt- Ein- und Ausgaben
 Niveau Detaillierung von Fragestellung (incl. Genauigkeit), Ressourcen / Aufwand diktiert  
Zumindest Größen, deren Werte in Beurteilung eingehen, müssen repräsentiert sein

- physikalisch / behaviouristisch**  
rein physikalische Prozesse (z.B. Flugbahn Körper) / menschliches Verhalten (z.B. Entscheidungsprozeß im Bundestag)  
Praktisch wesentlich: gemischter Fall
- Rechner- / Mensch-**  
bzgl. "Durchführung" Simulation, gemischte Fälle möglich
  - bei Unwissen über menschliches Verhalten,
  - in Erziehung und Ausbildung

**kontinuierlich / diskret**

zeitveränderliche Größen (Variable) können sein	können sich verändern
kontinuierlich	kontinuierlich mit der Zeit sprunghaft über diskreter Zeit
diskret	sprunghaft über kontinuierlicher Zeit sprunghaft über diskreter Zeit

diverse Kombinationen möglich

z.B.: Mann geht auf Tür zu  
kontinuierlich : kontinuierlich  
kontinuierlich : Zeitinkrement  
kontinuierlich : hier / dort  
hier / dort : hier / dort

**ereignisorientiert ereignisorientiert**

Unsere Lehrveranstaltung SIMULATION widmet sich (vorrangig) der

**ereignisorientierten (discrete event) im wesentlichen stochastischen Rechner-Simulation**

Simulation als Technik Spezialfall innerhalb verschiedener Wissensgebiete; für uns alle relevant

**System-Analytiker:**

Rechner-Simulation eine von vielen Simulations-Arten  
andere: Analog-Geräte (Schwingungen)  
Labormodelle (Windkanal)  
Testumgebung (Gesetzesauswirkung)

**Mathematiker:**

Simulationsmodell eine von vielen formalen System-Beschreibungsformen  
andere: analytische Modelle (Formeln)

**Statistiker:**

Simulator ein von vielen Systemtypen, die als stochastisch verstanden und experimentell untersucht werden  
andere: Laborexperiment, Experiment mit realem System

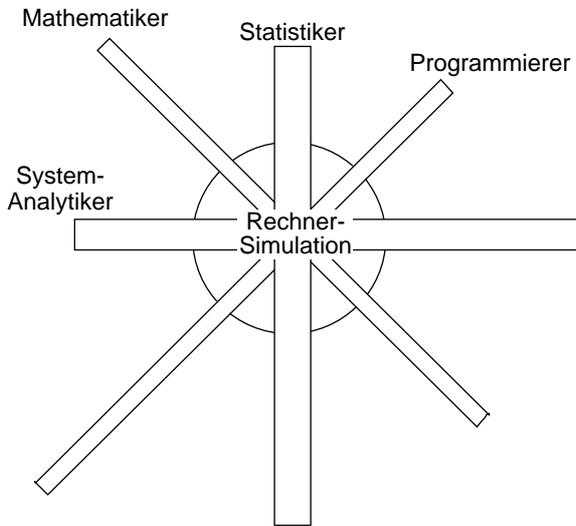
**Programmierer:**

Simulationsprogramm einer von vielen Programmtypen mit speziellen Programmier-Anforderungen, -Techniken

Also,

(ohne daß wir uns deshalb als Zentrum der Welt verstehen)

etwa so:



Frage: Wie erstellt man ein (Simulations-)Modell?

### "Technik" oder "Kunst" ?

- Modellbildung ("unvermeidlicherweise") weitgehend geprägt von Kenntnisstand des System-Analytikers "Kunst"
- nachfolgende Simulatorerstellung erlernbare Fertigkeit, vielfältig "Tool"-unterstützt "Technik"

Außerdem:

- Modellbau hat wichtige weitere (positive) Aspekte (über Erreichung von Zielen wie Einhaltung der Spezifikationen, Optimierung hinaus)
- Modelle dienen
  - der Verständigung über ein System
  - dem Verständnis eines Systems
  - der Vorhersage seines Verhaltens
  - der Einrichtung / Prägung seines Verhaltens
  - der Steuerung und Regelung seines Verhaltens

Umgangssprachlich "Modell" in zwei Bedeutungen benutzt (Evan88)

mit (für Informatiker) hilfreichen Ansatzpunkten

- Modell als "Idealbild": Spezifikation
- Modell als "Ersatzbild": Beschreibung(en) von Realisierung(en)

Mathematik: "umgekehrtes" Rollenverständnis!

LEERSEITE

LEERSEITE