

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

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
("experimental frame": ZePK00)

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

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

z.B. Funktion
oder Relation

$$f: (W_C, W_U) \rightarrow W_P$$

$$f: W_C \times W_U \times W_P$$

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"

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

open box:
beschreibt

I/O-
Zusammenhang

I/O-
Zusammenhangs

brauchbar für
Vorhersage bei
unverändertem
System

nötig für
Einschätzung
von System-
Veränderungen,
"Verständnis"

(
"hierarchy of system specifications":
ZePK00
)

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

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):

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

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 Modell"bildung":

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 : Zeitinkremente
- 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 einer von vielen Systemtypen,
die als stochastisch verstanden
und experimentell untersucht werden
andere: Laborexperiment,
Experiment mit realem System

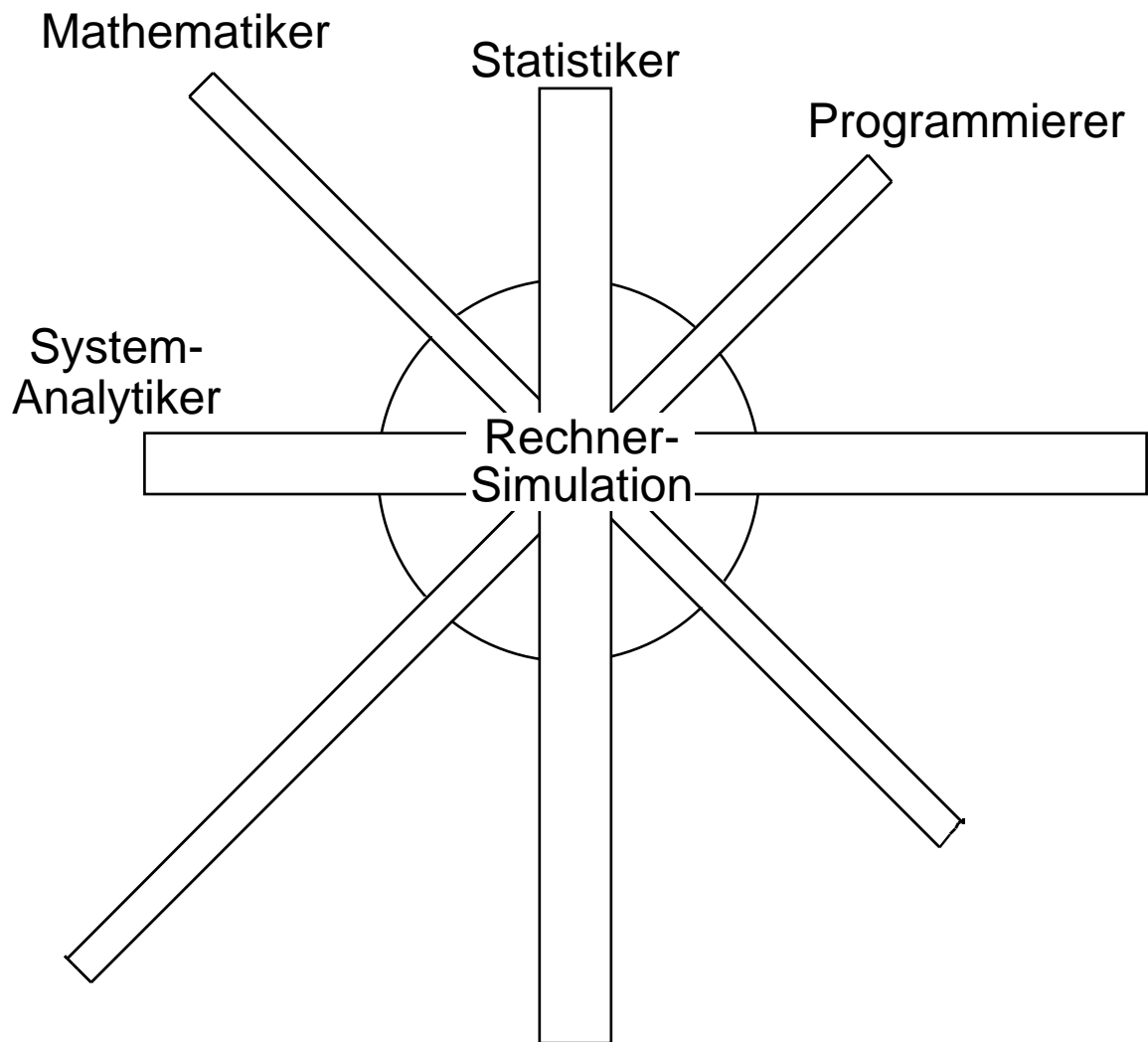
Programmierer:

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 für ein System
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!