

# Mechatronik

Willi Bruns  
artecLab  
Bruns@artec.uni-bremen.de  
<http://arteclab.uni-bremen.de/>

SS 2006  
Do 13-15 MZH 1380  
Do 15-17 MZH 1380  
3-806.02 6 CP

Mechanik : Elektrotechnik : Informatik

Physik : Logik

Kybernetik

# Mechatronik

Willi Bruns  
artecLab  
Bruns@artec.uni-bremen.de  
<http://arteclab.uni-bremen.de/>

SS 2006  
Do 13-15 MZH 1380  
Do 15-17 MZH 1380  
3-806.02 6 CP

Einheitliche Sicht auf

physikalische Systeme

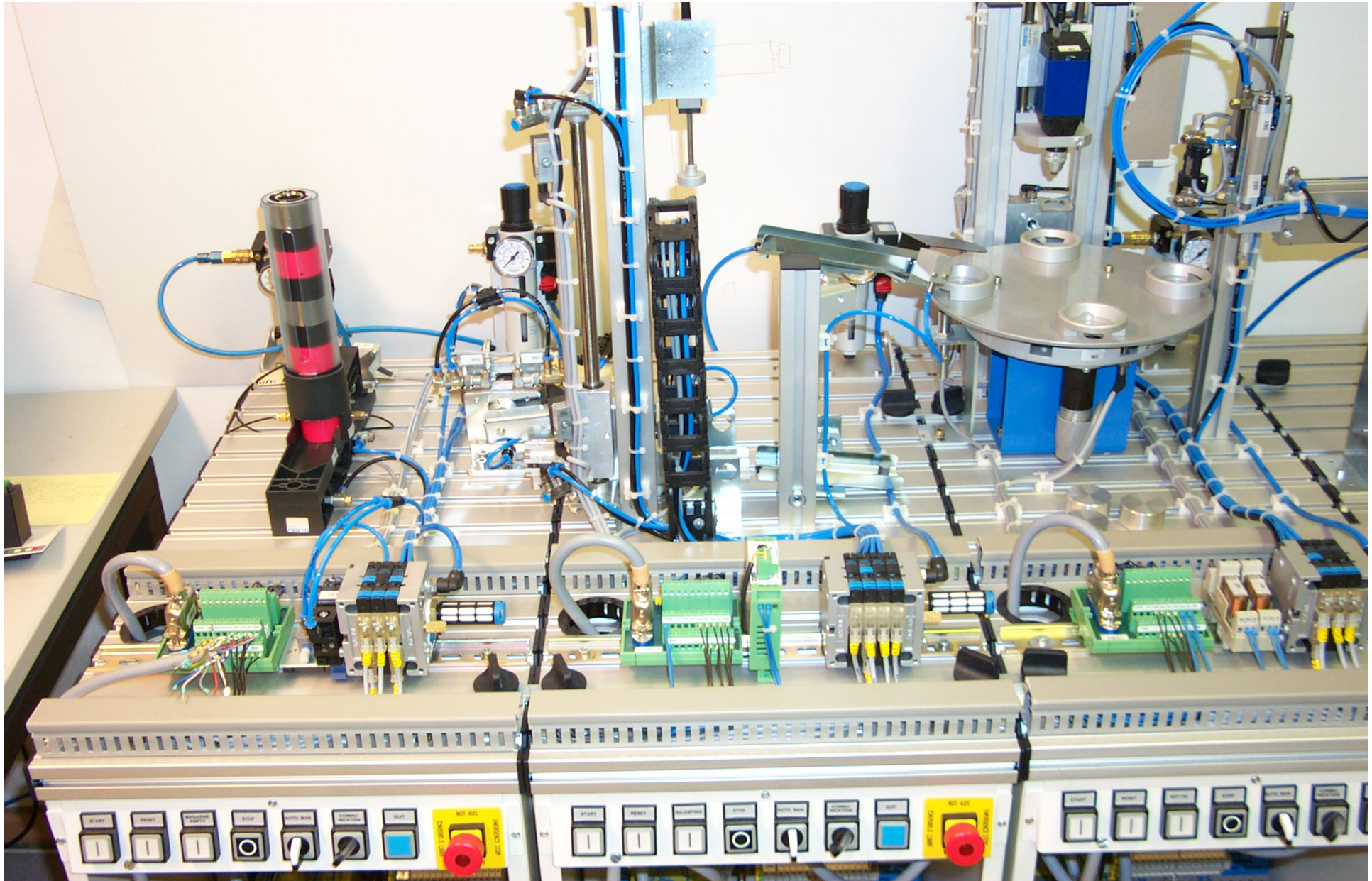
Modellierung mit

Petri-Netzen und Bond-Graphen

Integrierter Entwurf von

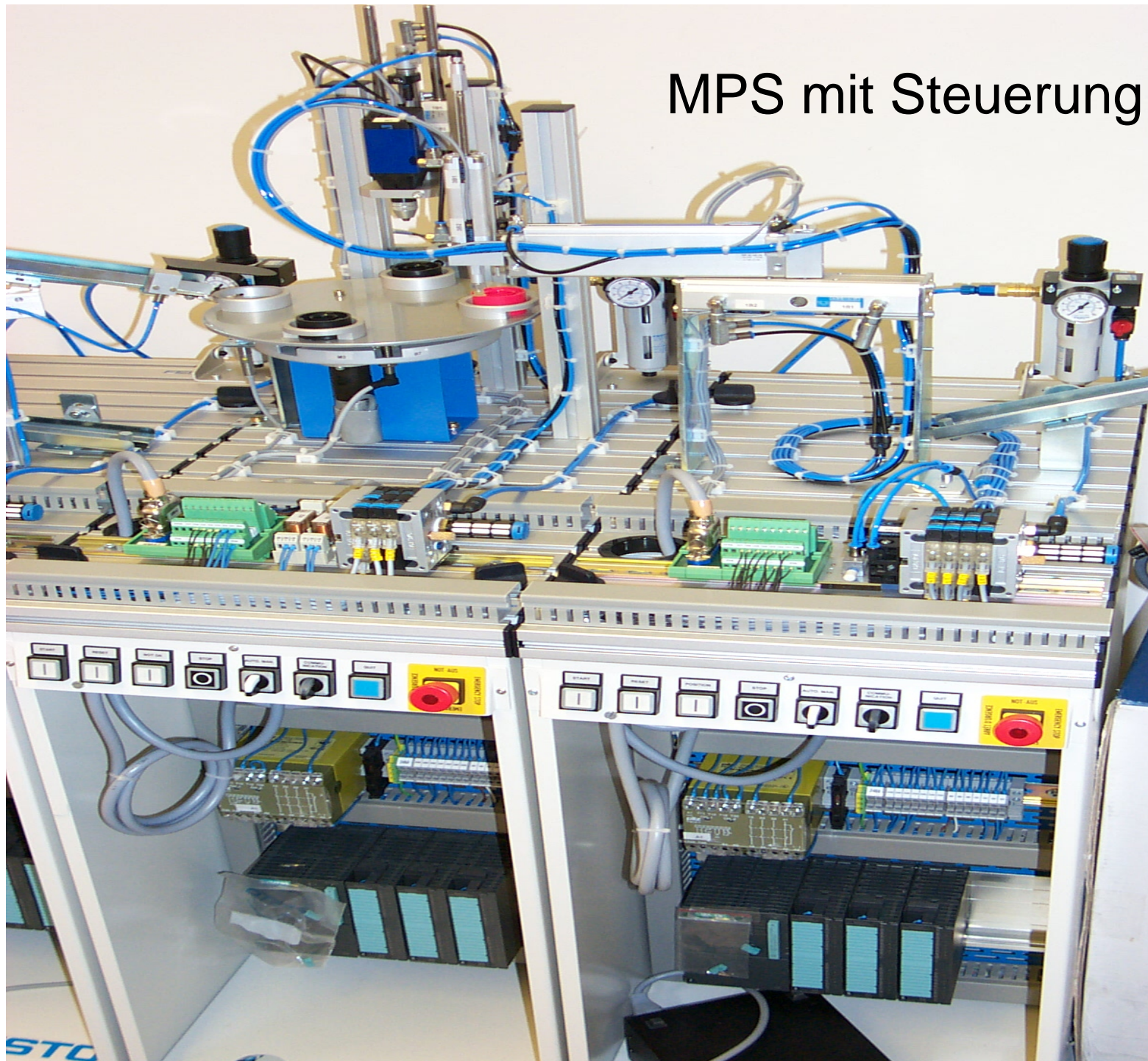
Steuerung und Gesteuertem

# Modulares Produktionssystem





# MPS mit Steuerung



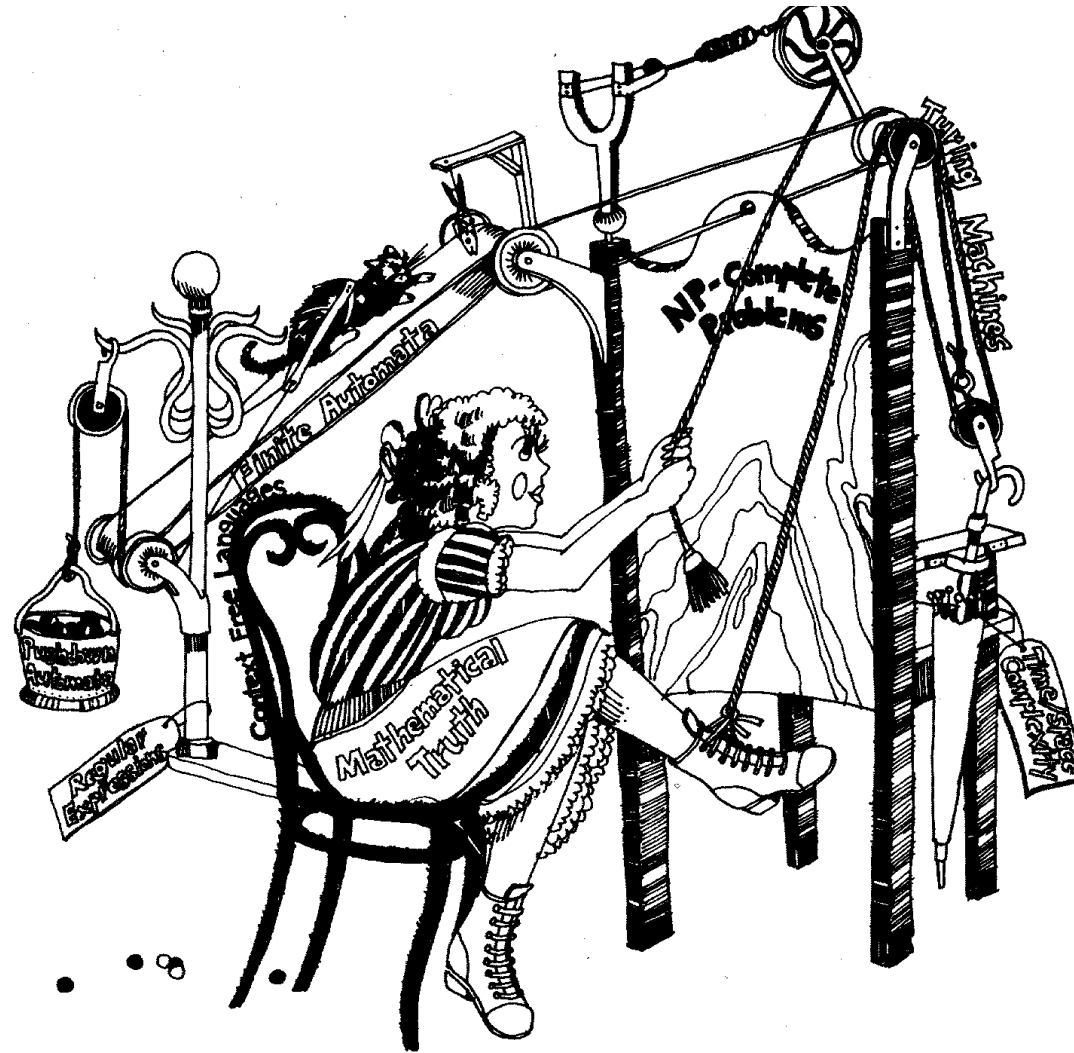
- System: Struktur, Verhalten, Zweck
- Beispiele: Elektro-Pneumatik, Servomotoren, Produktionssysteme
- Modellierung und Steuerung von Automaten
- Theorie der Bond-Graphen
- Modellierung kontinuierlicher Systeme
- Messen-Steuern-Regeln (MSR)
- Integrierter Entwurf von Steuerung und Gesteuertem
- Hyper-Bonds und *Complex Objects*

# LV Mechatronik

1.	Einführung. System: Struktur, Verhalten, Zweck	20.4.	
2.	Mechatronik. Diskrete Systeme	27.4.	
3.	Theorie der Bond-Graphen I	04.5.	$\leq Ex1 (PN)$
4.	Theorie der Bond-Graphen II	11.5.	
5.	Modellierung kontinuierlicher Systeme mit BG I	18.5.	$\leq Ex2 (BG)$
	----- (Himmelfahrt) -----	25.5.	
6.	Modellierung kontinuierlicher Systeme mit BG II	01.6.	
7.	Steuerung/Regelung KS I (MSR)	08.6.	$\leq Ex 3 (KS)$
8.	Steuerung/Regelung KS II (MSR)	15.6.	
9.	Integrierter Entwurf MSR + Phys.Model	22.6.	$\leq Ex 4 (MSR)$
10.	Integrierter Entwurf, Optimierung	29.6.	
11.	Hyperbonds	06.7.	$\leq Ex5 (IE Servo)$
12.	Complex Objects	13.7.	
13.	Modellierung mit <i>HB</i> und <i>Complex Objects</i>	20.7	
14.	<i>Homework</i>	27.7.	$\leq Ex6 (CO)$

*Fachgespräche/Mündliche Prüfungen 27.7. / 6.9.*

# Struktur, Verhalten, Zweck



Source: J.E. Hopcroft & J.D. Ullman, 1990

# Struktur Fehlverhalten



Source: J.E. Hopcroft & J.D. Ullman, 1990

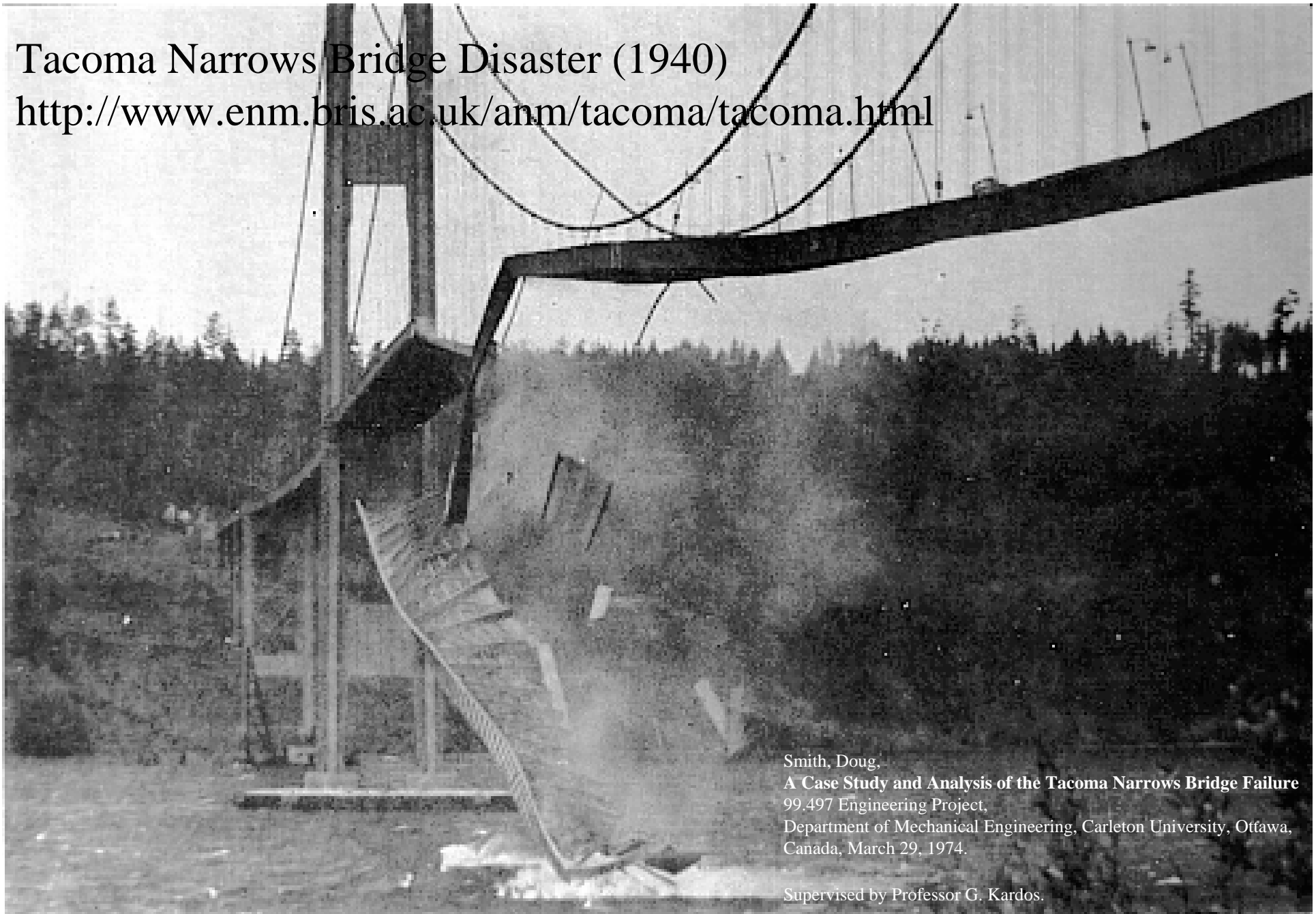


**DISASTER!**  
The Greatest  
Camera Scoop  
of all time!

**CAMU FILMS**

# Tacoma Narrows Bridge Disaster (1940)

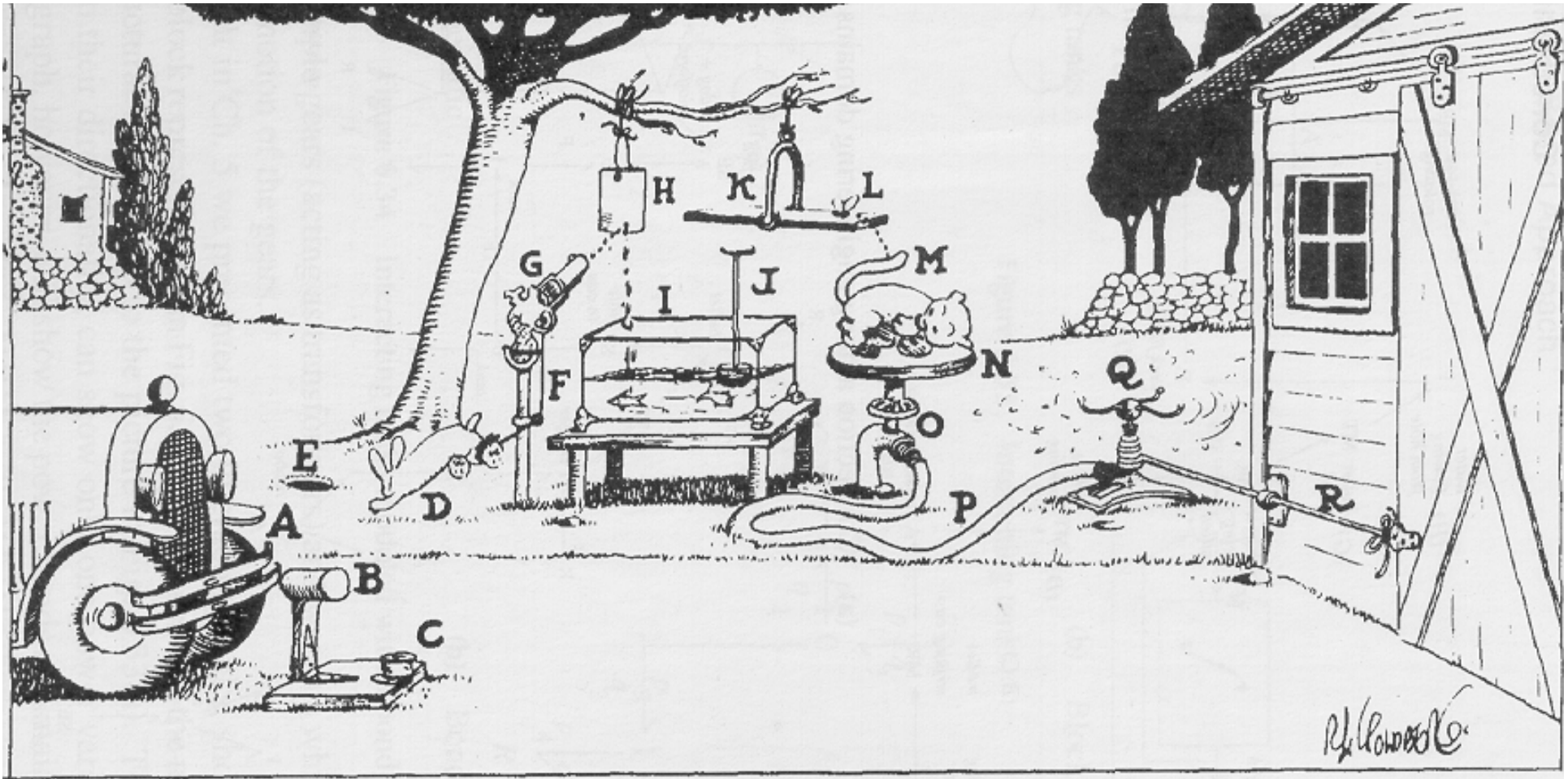
<http://www.enm.bris.ac.uk/anm/tacoma/tacoma.html>



Smith, Doug,  
**A Case Study and Analysis of the Tacoma Narrows Bridge Failure**  
99.497 Engineering Project,  
Department of Mechanical Engineering, Carleton University, Ottawa,  
Canada, March 29, 1974.

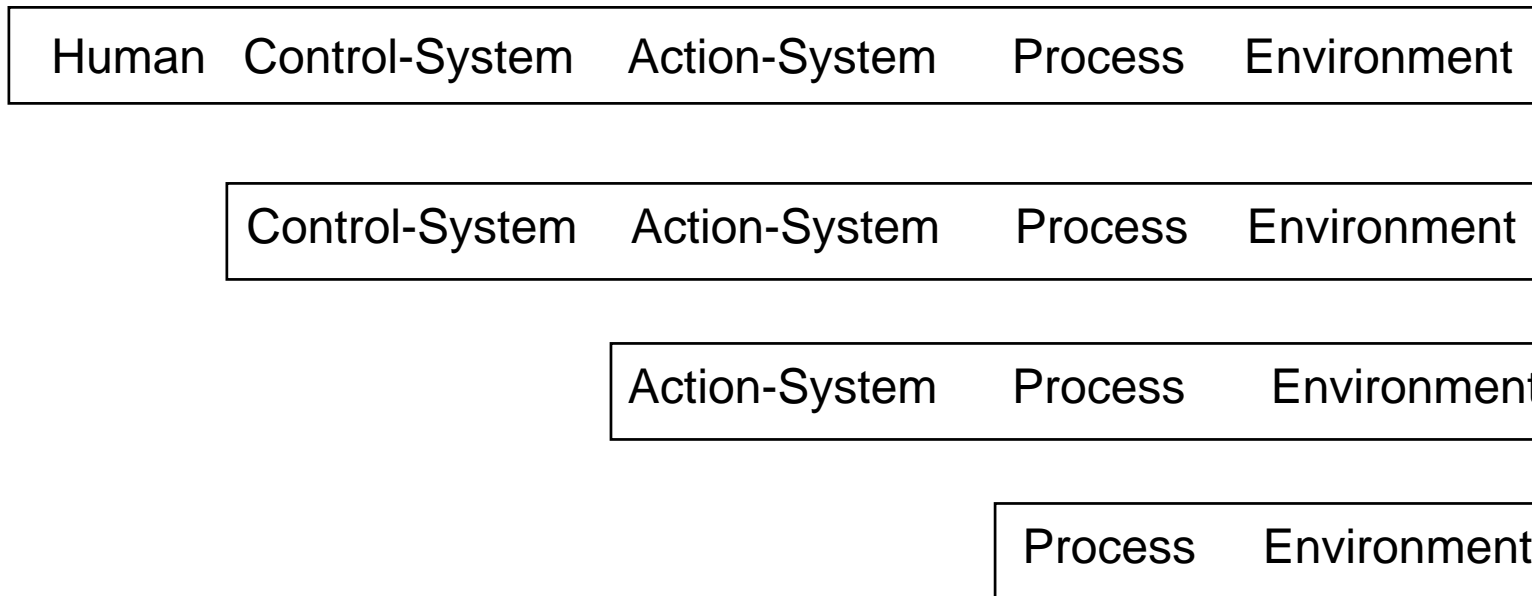
Supervised by Professor G. Kardos.

# Physikalisch-Biologisches System



Source: P. A. Fishwick, 1995, Marzio, 1973

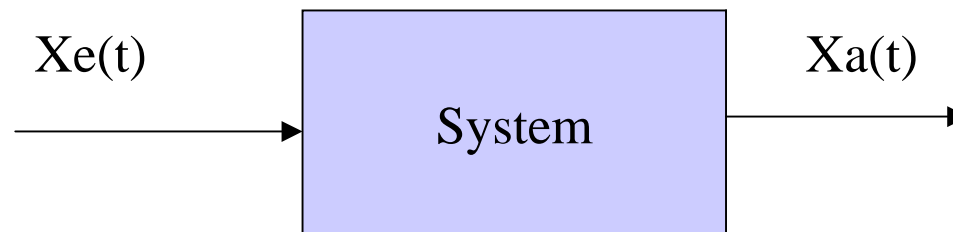
# Systeme und Grenzen



Different Model-Boundaries

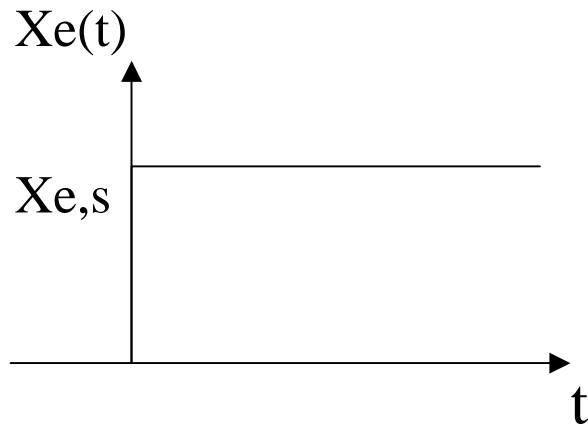
# Systemeigenschaften und ihre Modellierung

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| • Linear                  | Nichtlinear    |
| • Parameter: konzentriert | verteilt       |
| • Zeit: invariant         | variant        |
| • diskret                 | kontinuierlich |
| • deterministisch         | stochastisch   |
| • stabil                  | instabil       |

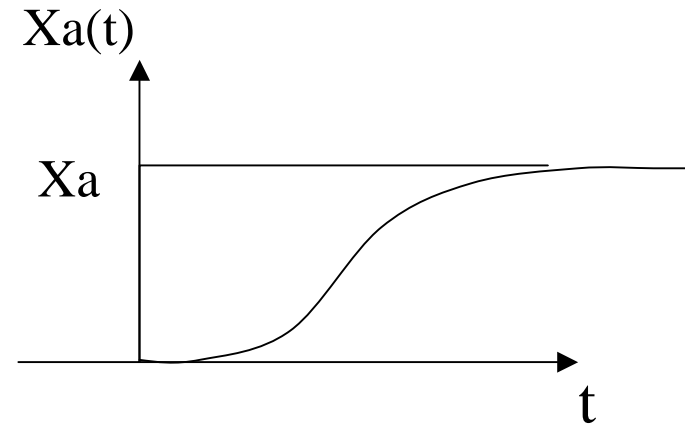




# Statisches Verhalten (Beharrungsverhalten)



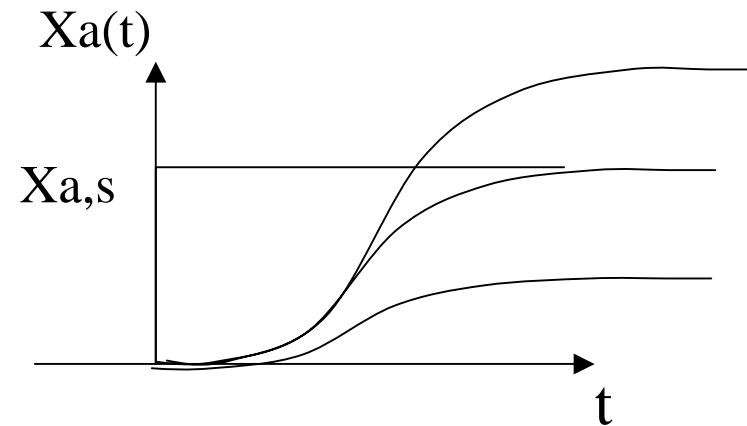
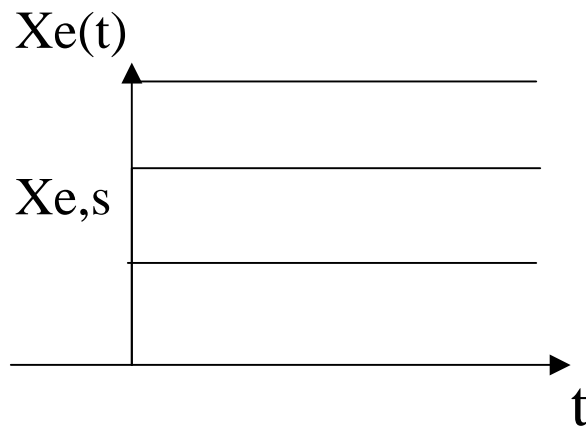
Sprungfunktion als Eingang



Statischer Endzustand

Eingangsgröße  $X_e(t)$   
Ausgangsgröße  $X_a(t)$

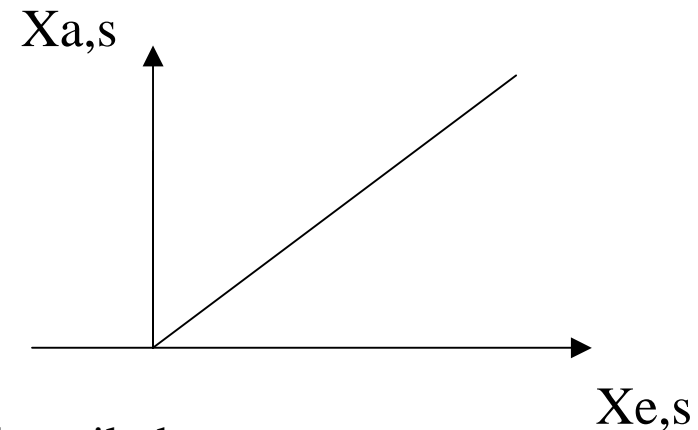
Sprungfunktion versch. Amplituden  
Stationärer Zustand  $X_{e,s}$   $X_{a,s}$



# Linearität

Die statische Kennlinie

$$X_{a,s} = f(X_{e,s})$$



beschreibt statisches Verhalten des Systems.

Ist  $f()$  linear, dann ist das System LINEAR und es gilt das

Superpositionsprinzip: Summe Eingänge  $\Rightarrow$  Summe Ausgänge

Lineare kontinuierliche Systeme sind modellierbar durch  
Lineare DGL

$$\sum_i a_i(t) \frac{d^i}{dt^i} X_a(t) = \sum_j b_j(t) \frac{d^j}{dt^j} X_e(t)$$

Linearisierung ist oft lokal möglich

# Linearisierung

Linearisierung einer statischen Kennlinie

Betrachtung in einem interessierenden Punkt als

Taylorreihenentwicklung

$$X_a = f(X_{e0}) + df/dX_e (X_e - X_{e0}) + 1/2! \dots$$

Linearisierung nichtlinearer Differentialgleichungen

mit  $X_e(t) = U(t)$ ,  $X_a(t) = Y(t)$  und DGL

$$DY(t) = f(Y(t), U(t))$$

In Nähe einer Ruhelage ( $DY(t) = 0$ ) mit Abweichung  $Y^*$  gilt

$$Y(t) = Y_0(t) + Y^*(t), \quad U(t) = U_0(t) + U^*(t)$$

Taylor 1. Term mit  $A = df(Y,U)/dY$ ,  $B = df(Y,U)/dU$

$$DY^*(t) = AY^*(t) + BU^*(t)$$

# Konzentrierte Parameter

## **Konzentriert**

Übertragungssystem mit endlich vielen idealisierten einzelnen Elementen (Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten),  
durch gewöhnliche DGL beschreibbar

## **Verteilt**

Unendlich viele, unendlich kleine Einzelelemente (Strömung in Rohr)  
durch partielle DGL beschreibbar

# Zeitinvarianz

Systemparameter ändern sich nicht mit der Zeit

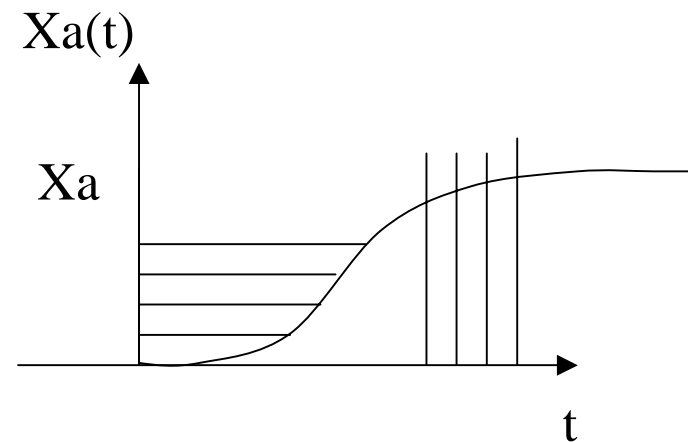
## Kontinuierlich/Diskret

Kontinuierliche Signale

quantisiert

zeitdiskret

zeitdiskret und quantisiert





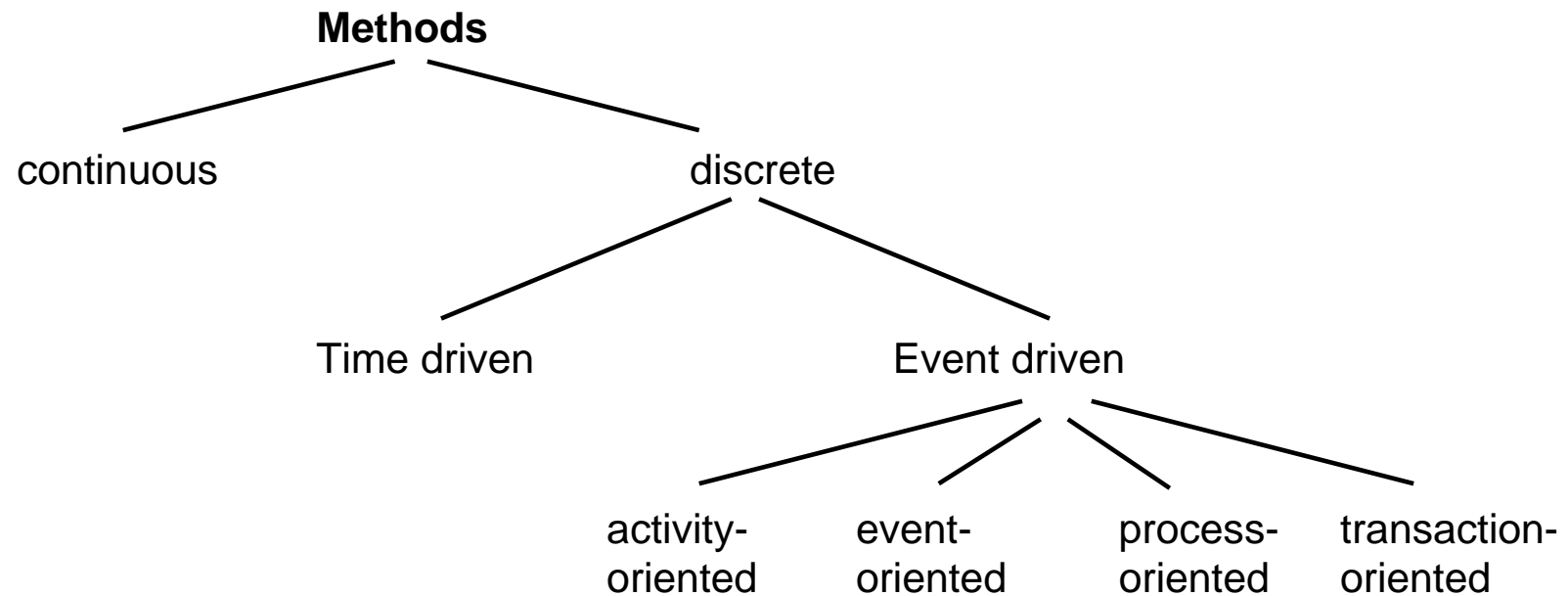
# Deterministisch, Kausal, Stabil

D – eindeutig bestimmbar

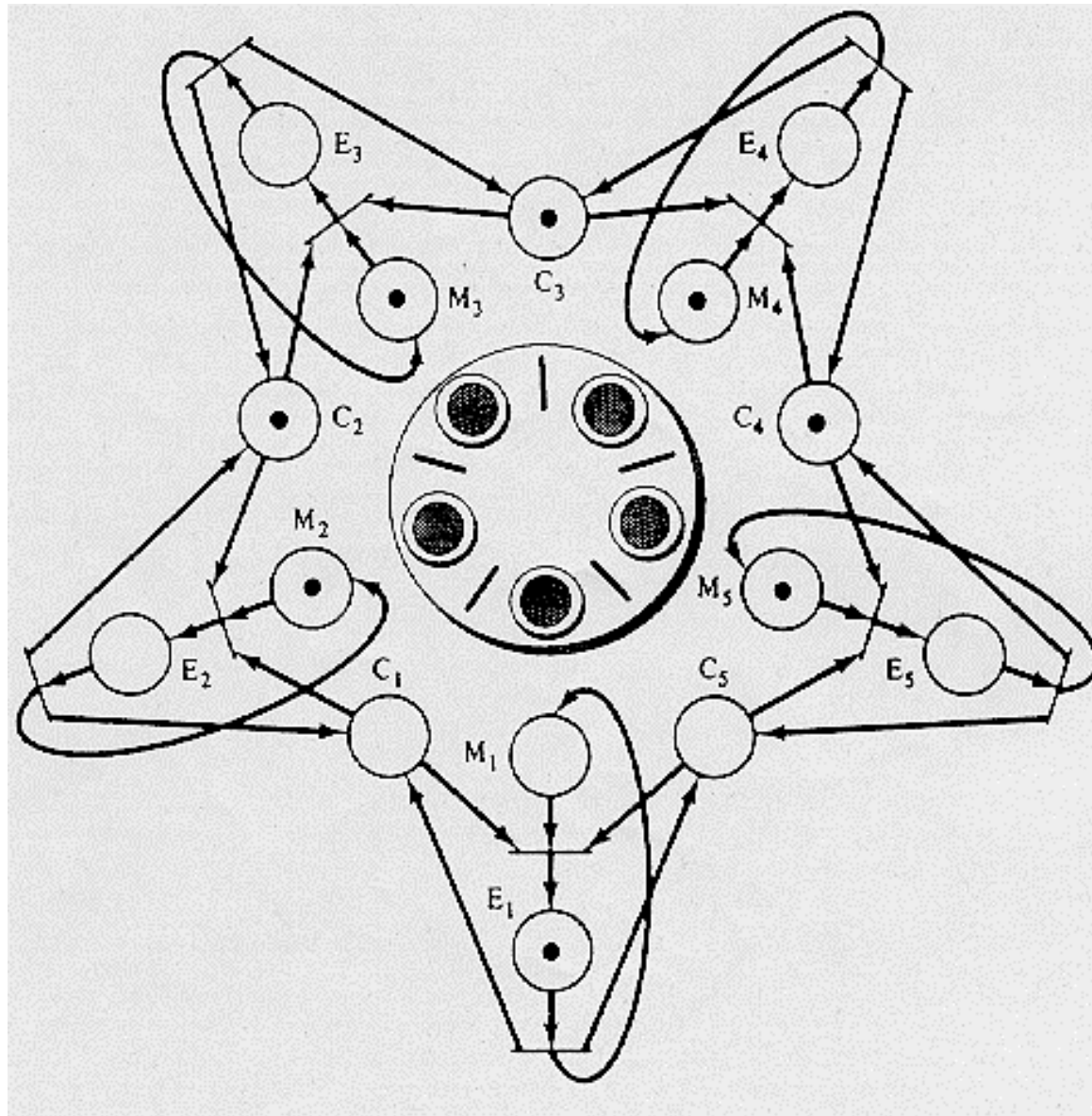
K – Ausgangsgröße  $X_a(t_1)$  hängt nur von  $X_e(t)$  bis  $t_1$  ab

S - jedes beschränkte  $X_e$  hat beschränktes  $X_a$  zur Folge

# Klassifikation von Simulationismethoden



# Speisende Philosophen



Quelle: EuroSim

# Problem

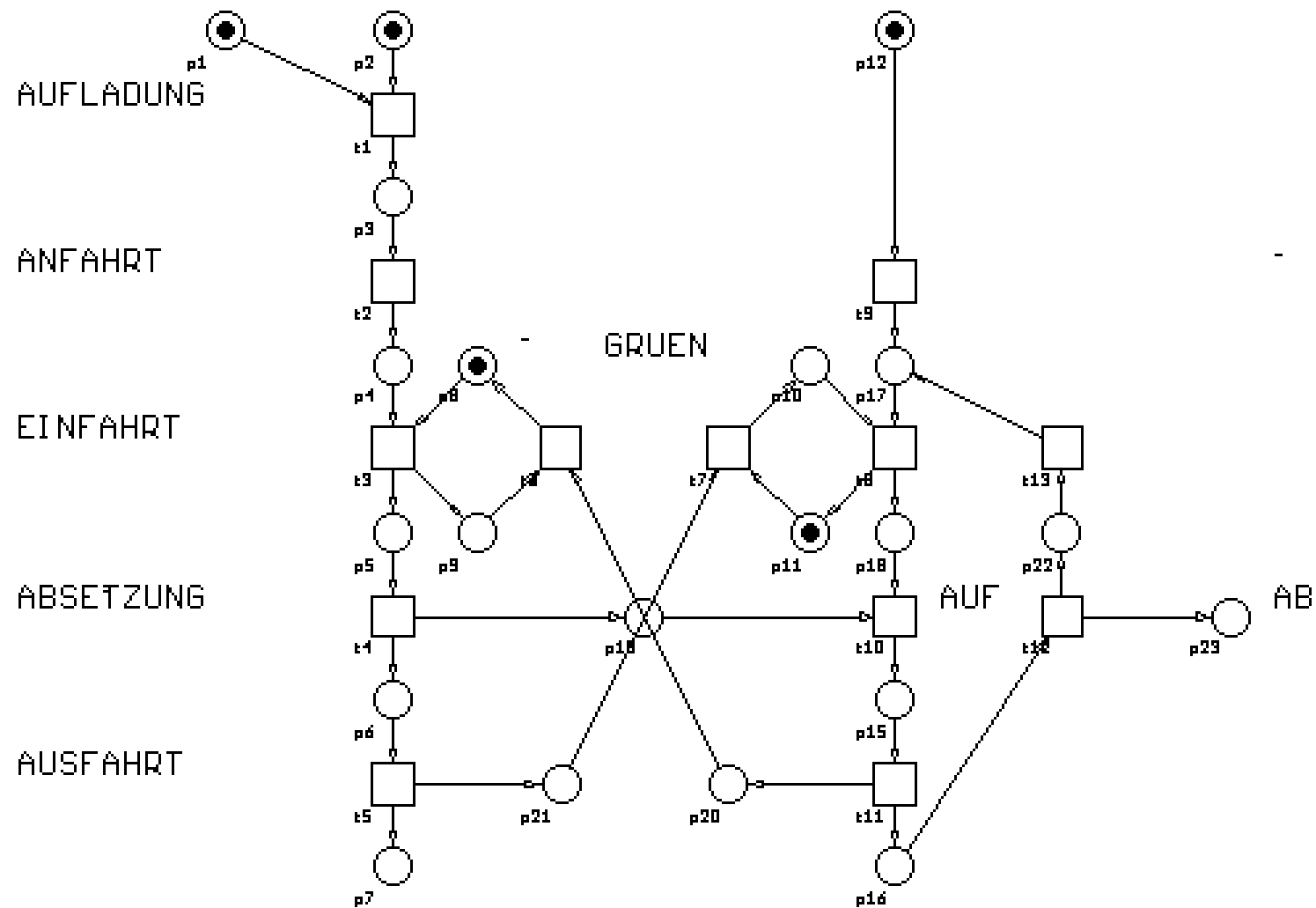
Model a Crane-System  
with landside and seeseide traffic  
with a Petri-Net

-

CONTAINER

VAN-CARRIER

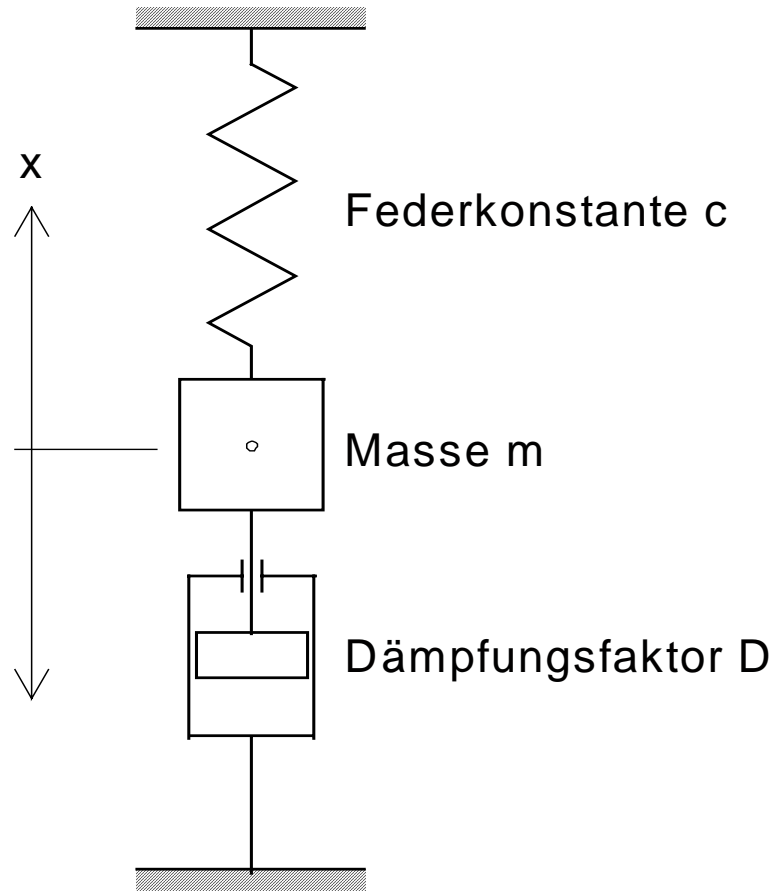
KATZE



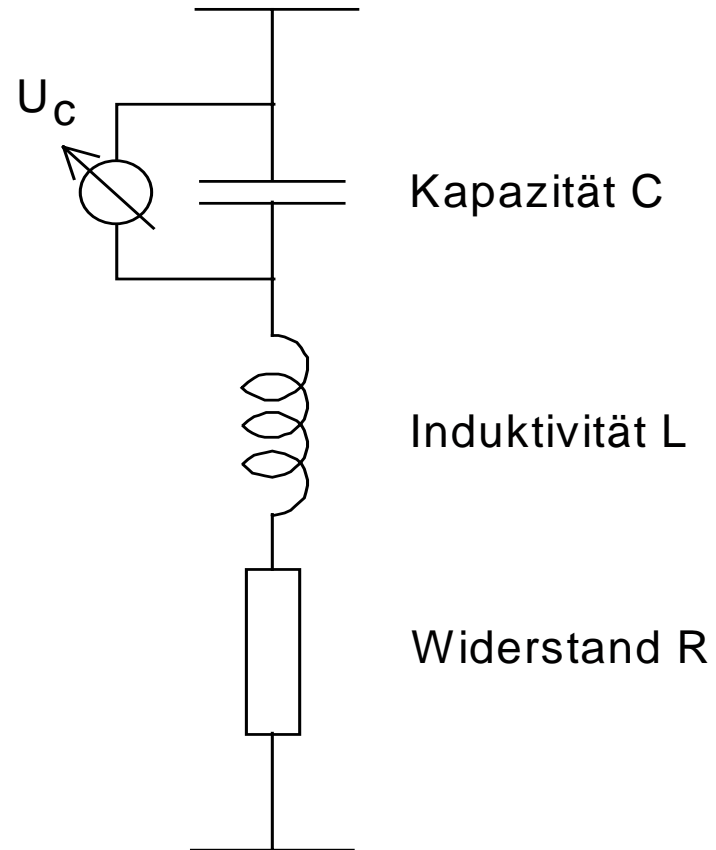
BRUECKENBETRIEB: VAN\_CARRIER \* EINFACHKATZE



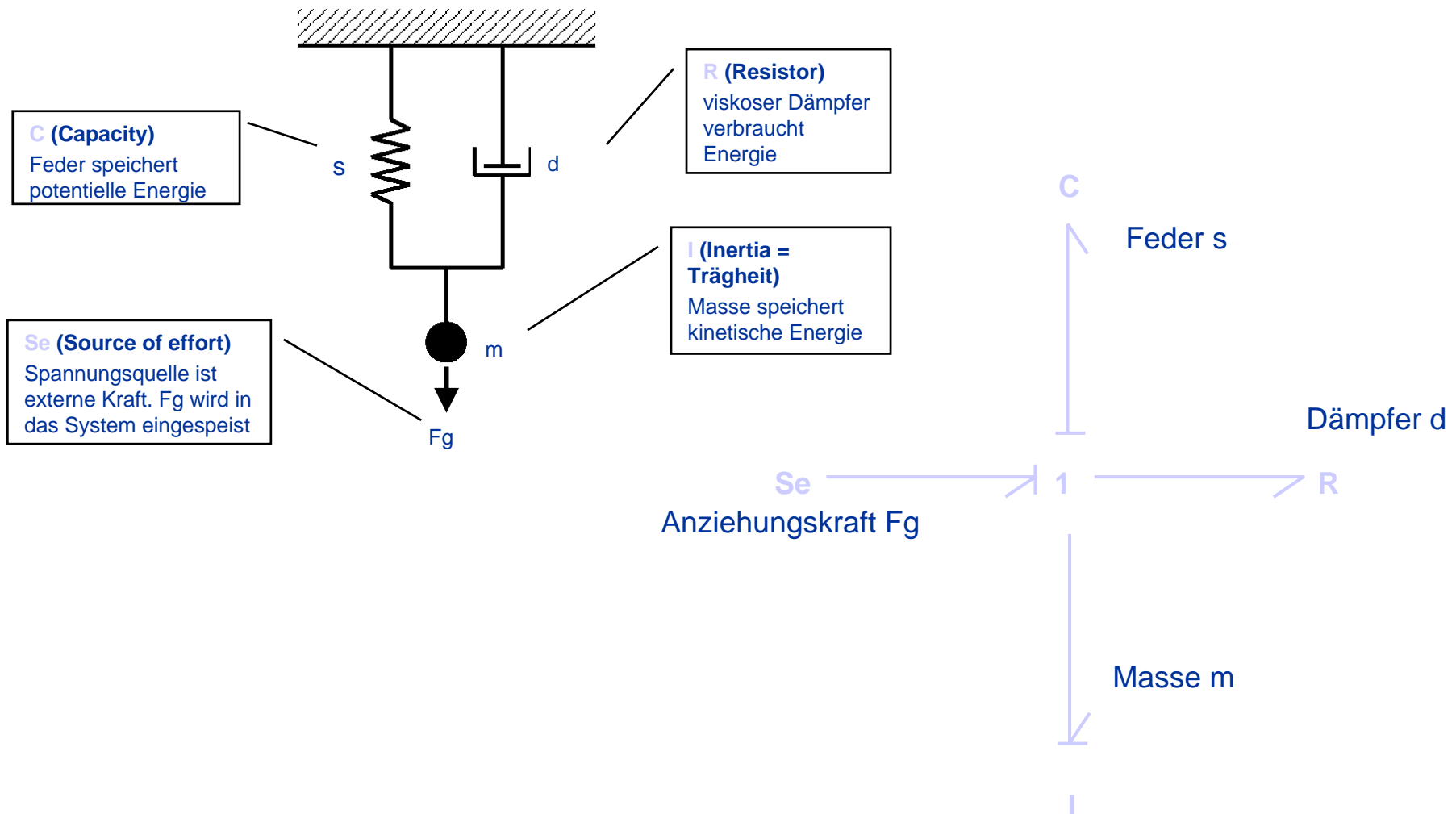
# Kontinuierliche Modelle



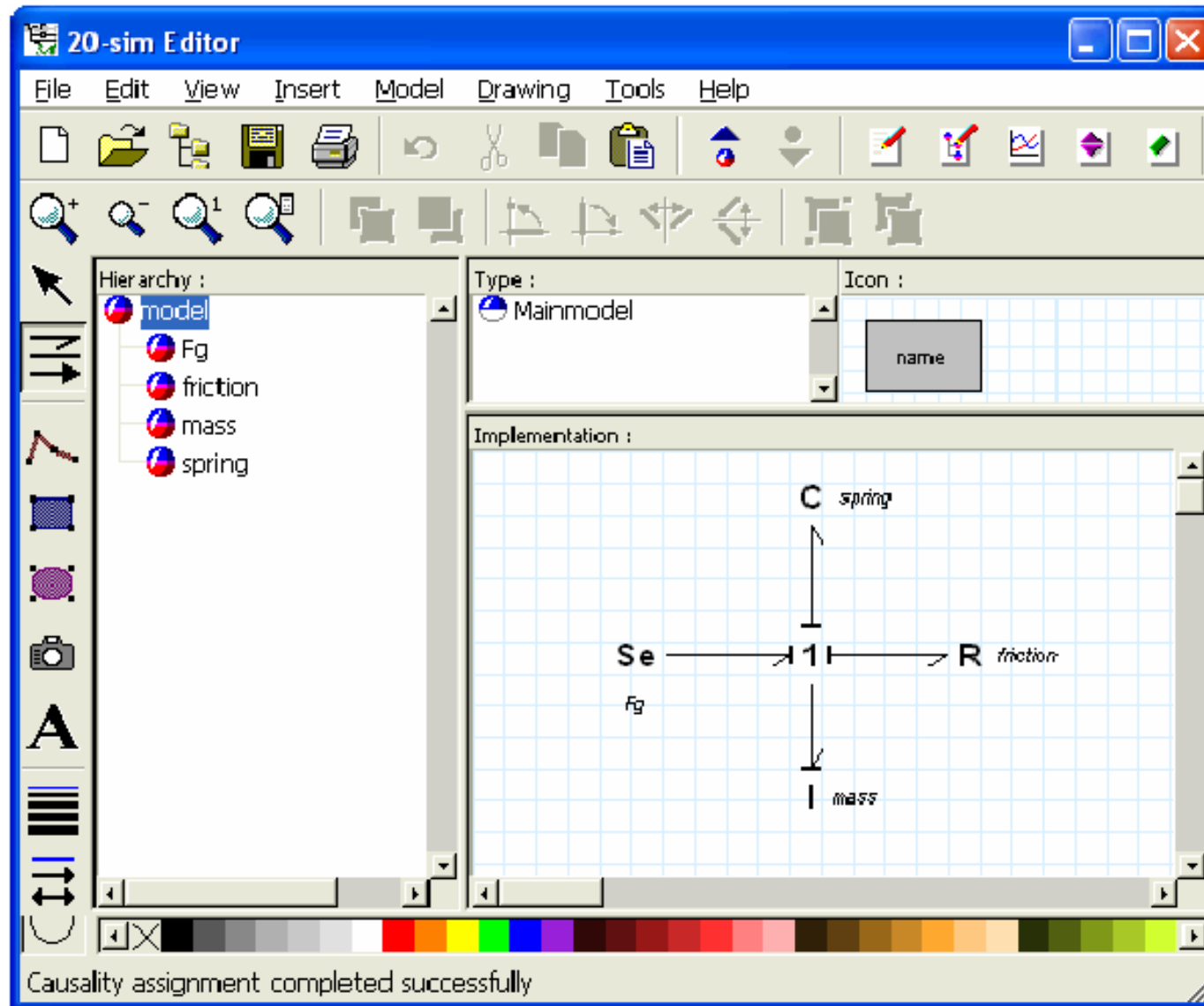
$$x''(t) + \frac{D}{m} x'(t) + \frac{c}{m} x(t) = 0$$



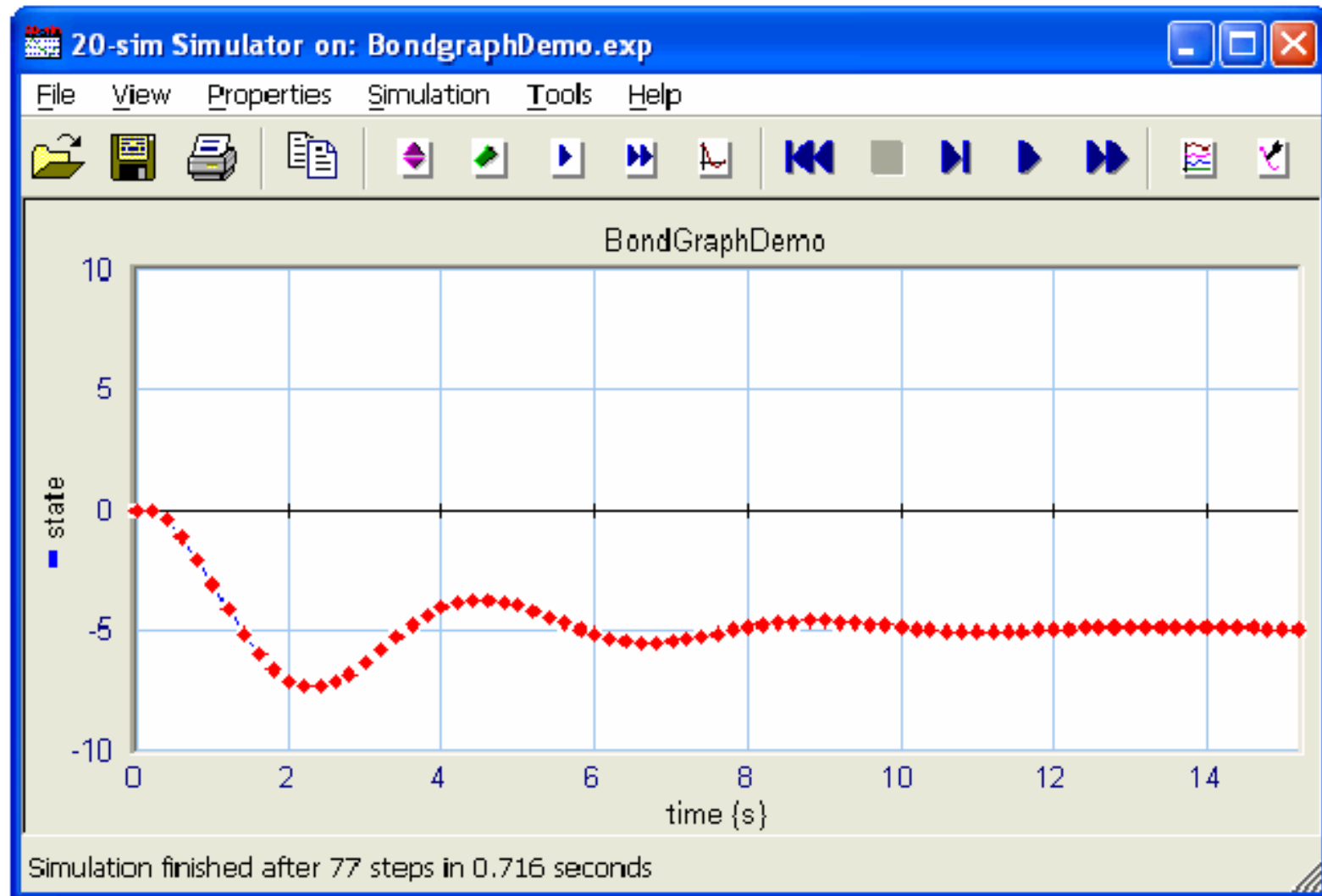
# Lineares Masse-Feder-Dämpfer-System



# Eingabe des Modells in 20-sim

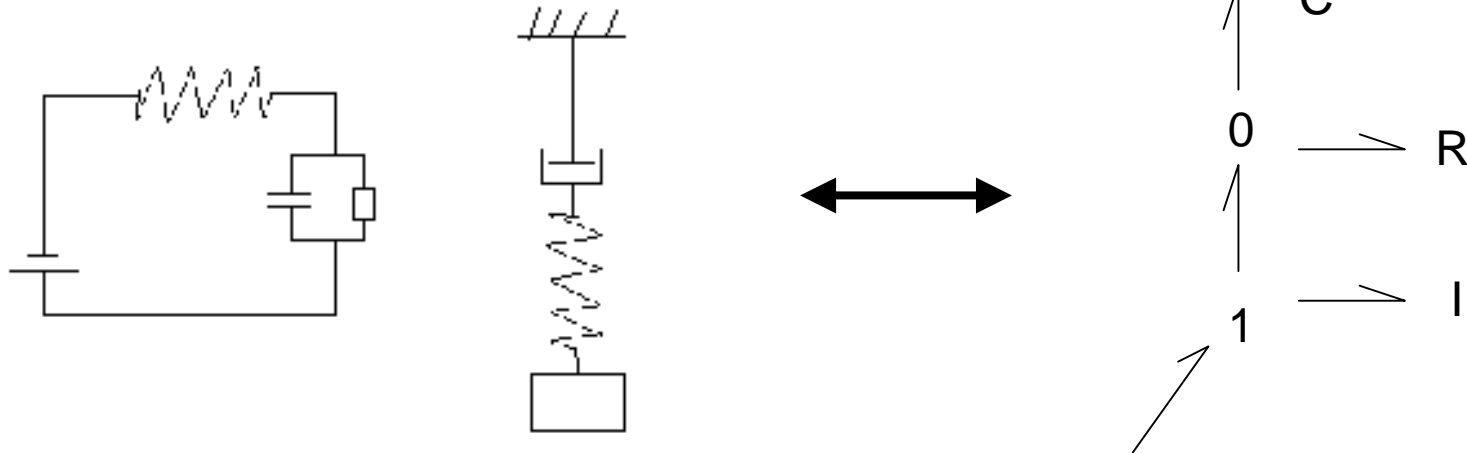


# Simulation in 20-sim

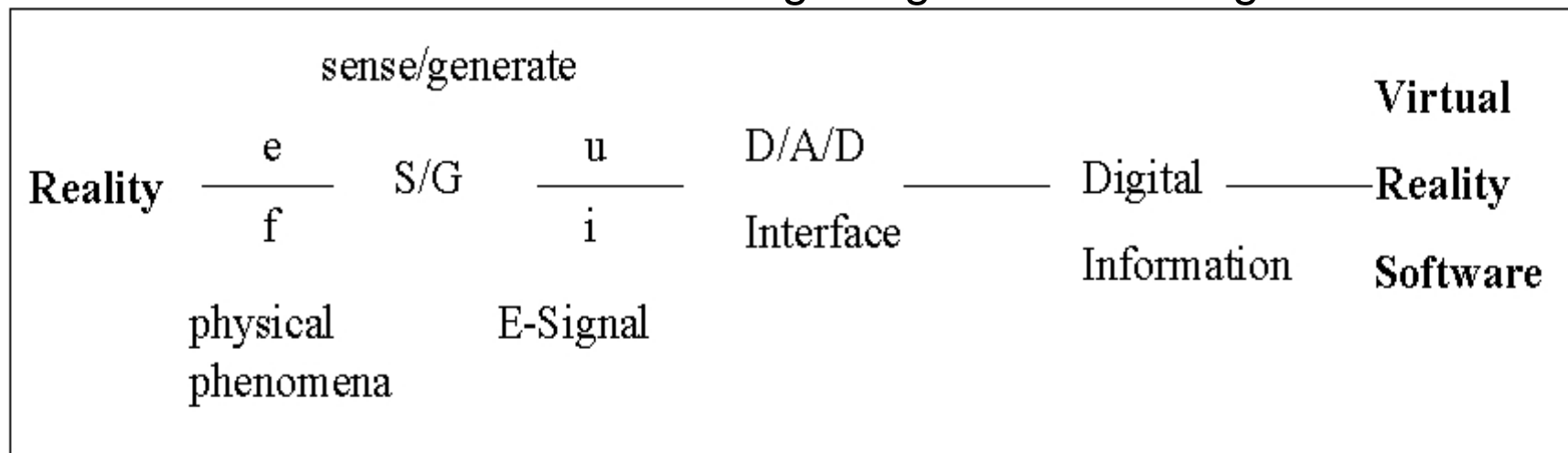


# Hyper-Bonds

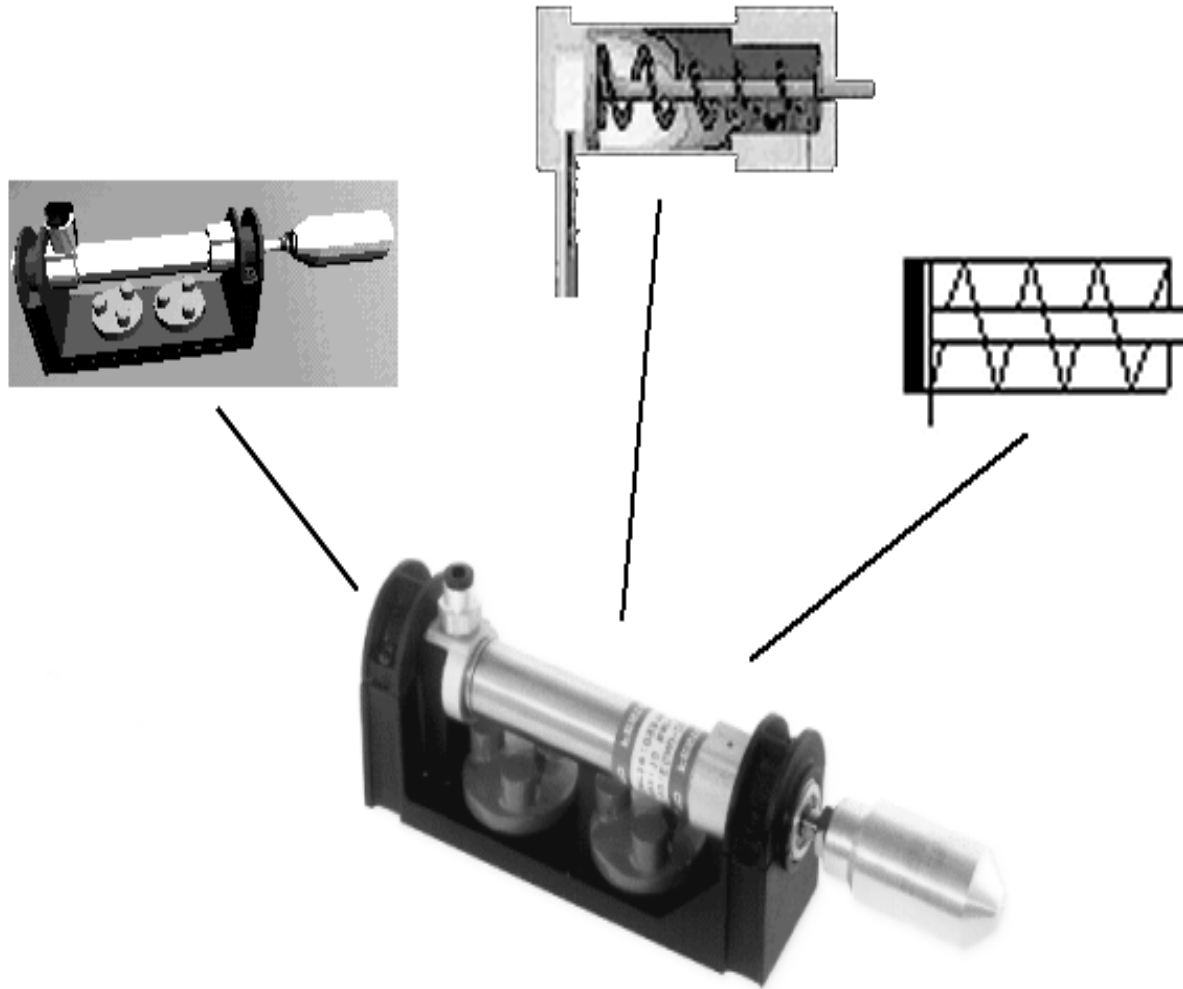
Einheitliche Sicht



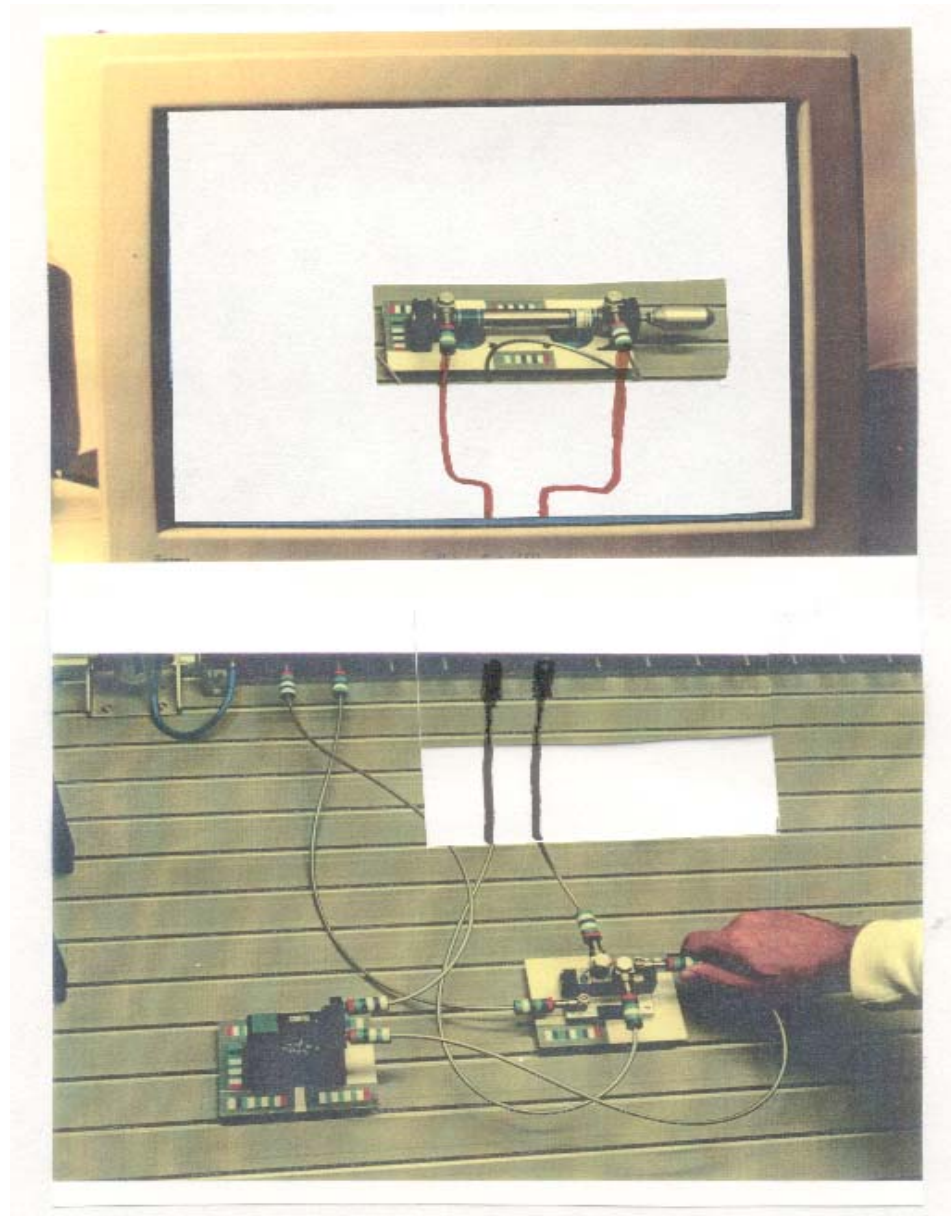
Energie/Signal Verbindung



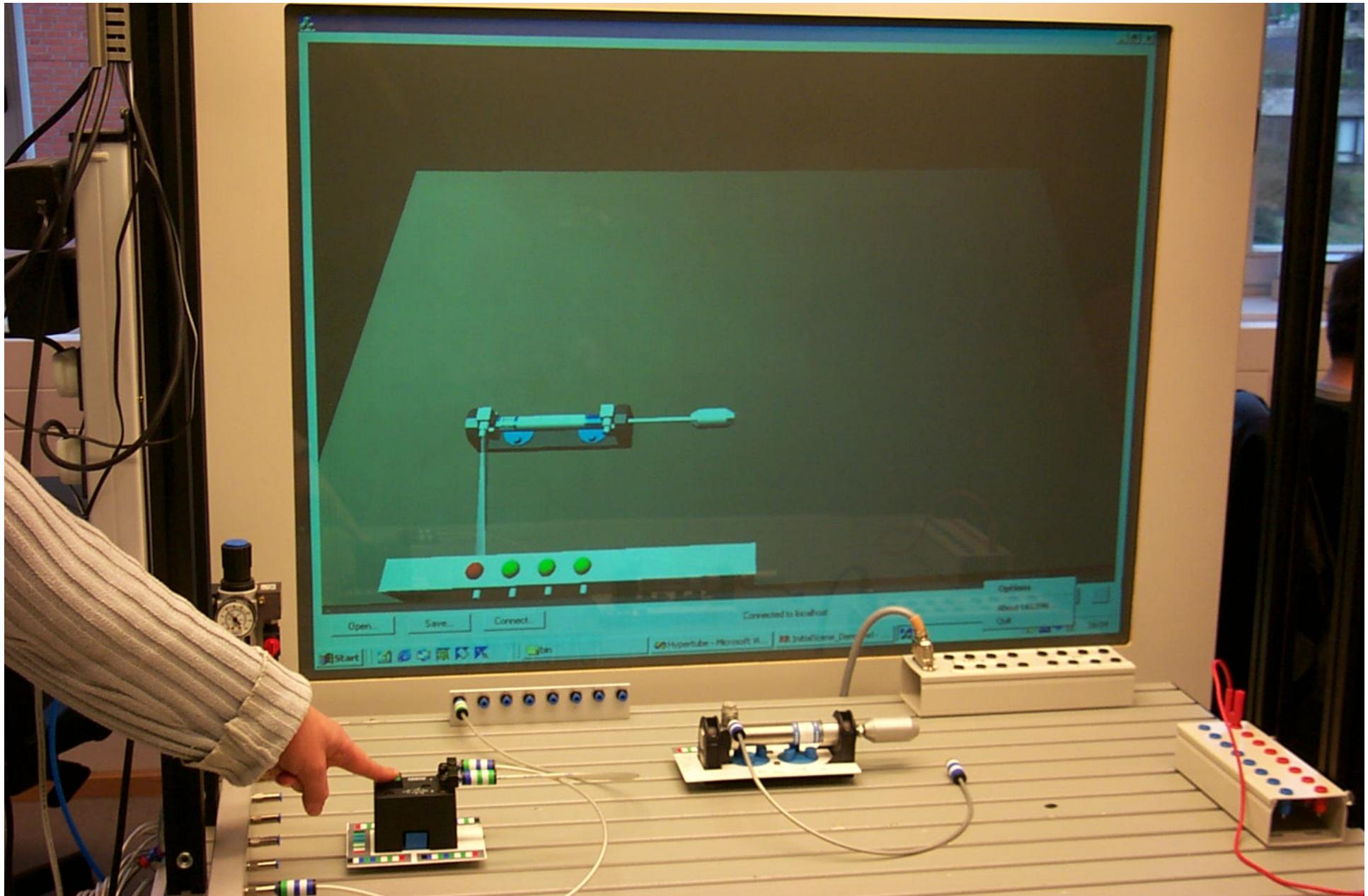
## *Complex Objects*



# Mixed Reality Interaction / Hyper-Bonds

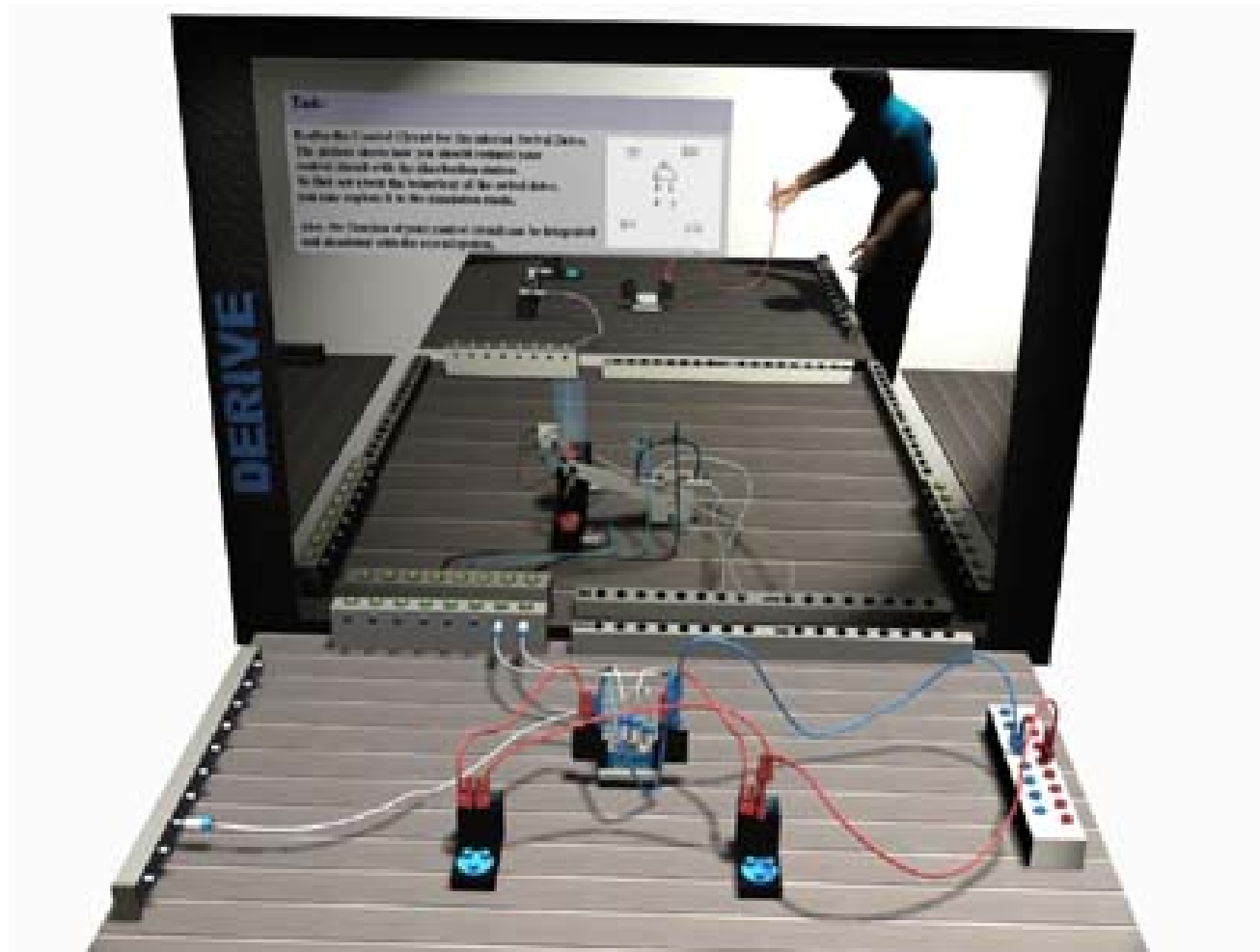


# Hyperbonds





# DERIVE – Distributed Mechatronic Environment



# Aufgaben

1. Modellierung und Simulation eines diskreten Systems mit Petri-Netzen  
**Verteilstation** mit steuerndem und gesteuertem Netz
2. Entwicklung eines Bondgraphen und Minimalisierung
3. Modellierung eines kontinuierlichen Systems mit Bond-Graphen (Mechanik und Elektrik)
4. Analyse eines Regelkreises
5. Entwurf eines integrierten Systems mit BG + BlockDG (Servo-Motor)
6. Modellierung mit Hyper-Bonds und Complex Objects (verteilte Mixed Reality Elektropneumatik-Sequenz)

# Literatur

- <http://www.artecLab.uni-bremen.de>
- [material\Amerongen036\\_R2000.pdf](#)
- [material\Engineer on a disk - main page.htm](#)
- Schröder, H. (2006): Skript zur LV Grundlagen der Informationsverarbeitung I, Uni Dortmund  
[http://www-kt.e-technik.uni-dortmund.de/m\\_siv/giv/giv\\_main.html](http://www-kt.e-technik.uni-dortmund.de/m_siv/giv/giv_main.html)
- Hütte (1989): Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften. Springer-Verlag Berlin , 29. Auflage