

# Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme

## Vorlesung: Systemdynamik und Regelungstechnik

### Kapitel 1

Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme, Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann



- Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann  
Sprechstunde: Do 11:30-12:15 (nach vorheriger Anmeldung)  
soeren.hohmann@kit.edu
- M. Sc. Patrick Sauter  
Sprechstunde: Do 14.00-15.00 (bitte Termin vereinbaren)  
patrick.sauter@kit.edu  
0721/608-4 2471
- Vom Allgemeinen zum Speziellen:

**Vorlesung**

**Übung**

**Tutorium**

**Anwendung**



- Aktuelle Informationen und Materialien zu Vorlesung und Übung:

<http://www.irs.kit.edu/1561.php> bzw. <http://www.irs.kit.edu/414.php>

- Vorlesungsfolien
- Aufgabenblätter
- Kurzlösungen
- Matlab-Demos und sonstige zusätzliche Materialien
- Diskussionsforum für SRT bei der Fachschaft

<https://fachschaft.etec.uni-karlsruhe.de/forum/systemdynamik-und-regelungstechnik>

- Angebot der Vorlesungsfolien in gedruckter Form
  - Dazu bitte in Online-Formular eintragen bei „Unterlagen zur Vorlesung“ bis **21.04. 17<sup>00</sup> Uhr**
  - Ausgabe der Folien: **22.04. 13<sup>00</sup> Uhr**

- Übung:
  - Vertiefung von Vorlesungsinhalten anhand von Beispielen
  - Demonstration der Verfahren „von Hand“ ↔ „MATLAB/SIMULINK“
  - Vorbereitung von Tutoriumsaufgaben, „Komplettaufgaben“ mit Themen bis zum aktuellen Stand (UE)
  
- Tutorium:
  - Weitere Vertiefung und Rechenttraining durch Aufgaben (TU)
  - Eigenständige Anwendung von MATLAB/SIMULINK in 3 MATLAB-Labs
  
- Training:
  - Elementare Aufgabenstellungen (TR)
  - Verschiedene Schwierigkeitsgrade: ⊕ bis ⊕⊕⊕(⊕)

# Organisation Tutorium

- 15 Gruppen
- Anmeldung über *YouSubscribe* von 14.04.2014, 13.00 Uhr  
bis 23.04.2014, 23.59 Uhr

weitere Informationen auf der SRT-Website

- Termine:

	MO	DI	MI	DO	FR
8.00-9.30					
9.45-11.15					
11.30-13.00					
14.00-15.30					
15.45-17.15					
17.30-19.00					

- Ankündigungen/Änderungen im Internet
- 4 Tutorien im Seminarraum 003 des IRS
- 3 MATLAB-Labs im Seminarraum 003 des IRS
- Freies Üben und Ausprobieren im SCC (Studentenlizenz)
  - MATLAB-Kompendium im Internet

# Zeitplan

April 2014	Mai 2014	Juni 2014	Juli 2014
01	01	01	01 T 5 M
02	02 SRT 4	02 Ü 3 T 3	02 T 5 M
03	03	03 T 3	03 T 5 M
04	04	04 T 3	04 SRT 13 T 5 M
05	05 Ü 1 T 1	05 T 3	05
06	06 T 1	06 SRT 10 T 3	06
07	07 T 1	07	07 SRT 14 T 6 M
08	08 T 1	08	08 T 6 M
09	09 SRT 5 T 1	09	09 T 6 M
10	10	10	10 T 6 M
11	11	11	11 Ü 6 T 6 M
12	12 SRT 6	12	12
13	13	13	13
14 SRT 1	14	14	14 Ü 7 T 7
15	15	15	15 T 7
16	16 SRT 7	16 SRT 11	16 T 7
17	17	17	17 T 7
18	18	18	18 T 7
19	19 Ü 2 T 2 M	19	19
20	20 T 2 M	20	20
21	21 T 2 M	21	21
22	22 T 2 M	22	22
23	23 SRT 8 T 2 M	23 Ü 4 T 4	23
24	24	24 T 4	24
25 SRT 2	25	25 T 4	25
26	26 SRT 9	26 T 4	26
27	27	27 SRT 12 T 4	27
28 SRT 3	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30 Ü 5 T 5 M	30
	31		31 Klausur

## ■ Hörsaal:

- Montag: Gaede
- Freitag: Gaede

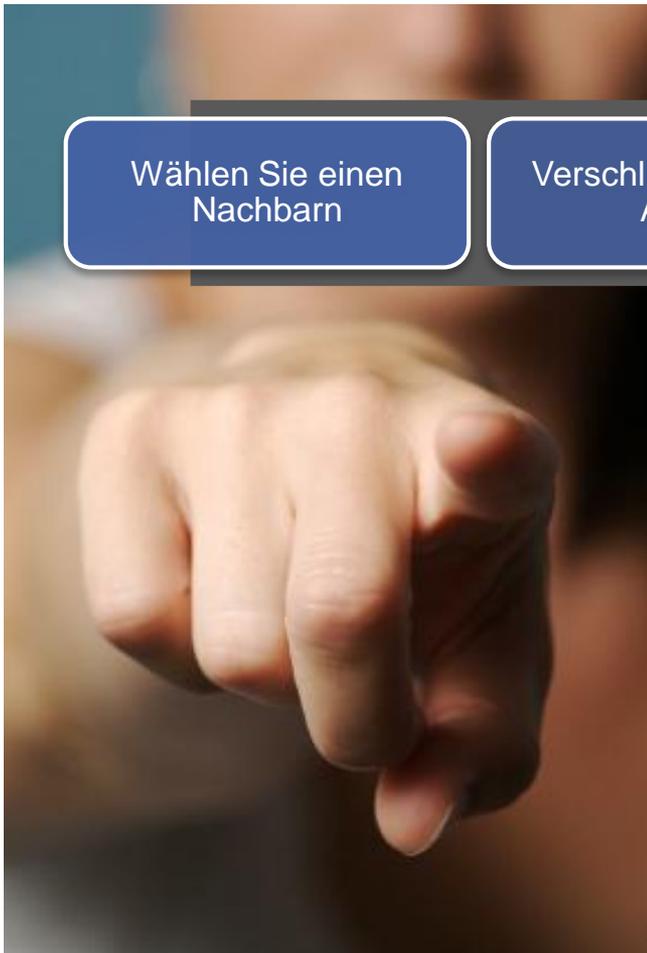
## ■ Prüfung:

- 31. Juli 2014
- 120 Minuten
- keine Hilfsmittel

\* M : MATLAB-Labs

# 1.1 Motivation

## 1.1.1 Experiment



Wählen Sie einen  
Nachbarn

Verschließen Sie die  
Augen

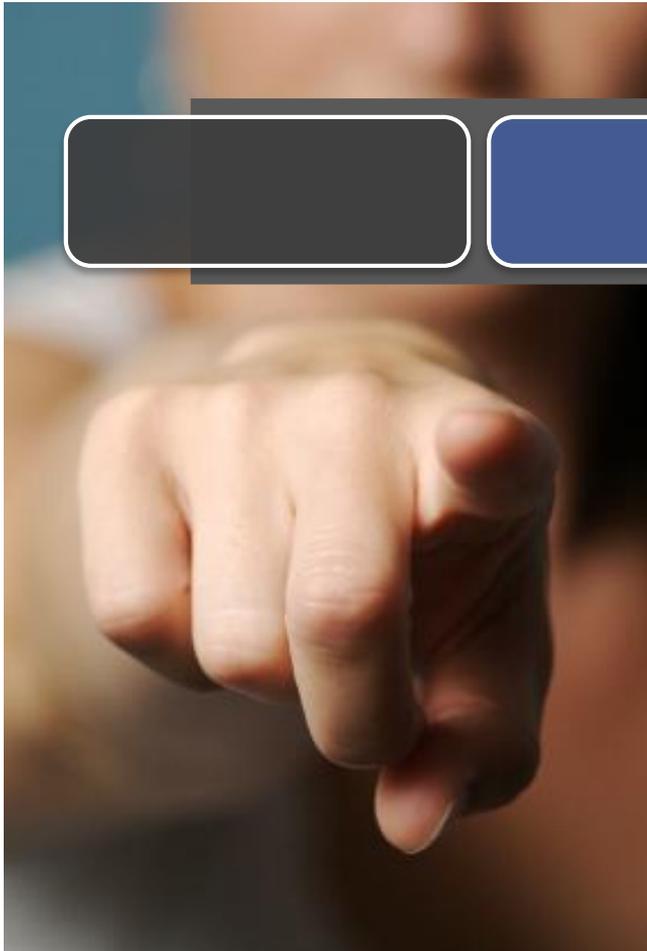
Bewegen Sie die  
Zeigefinger  
aufeinander zu

Öffnen Sie die Augen  
und messen den  
Abstand.



# 1.1 Motivation

## 1.1.1 Experiment (2)



# 1.1 Motivation

## 1.1.1 Experiment (3)

### ■ Ergebnisse

### ■ Erkenntnisse aus dem Experiment:

- Experiment 1: Die Zielposition wird aufgrund des Vorwissens über die Position des Sitznachbarn angesteuert. Man spricht von einer **Steuerung**.
- Experiment 2: Es erfolgt eine **Rückkopplung** des aktuellen **Ist**-Abstands der Finger über das Auge und ein Vergleich mit dem **Soll**-Abstand. Ist der Ist-Abstand noch nicht 0 wird ein Signal über das ZNS gegeben, die Hand weiter zu bewegen. Hierbei können **Störungen** „kontrolliert“ werden, z.B. eine „zittrige Hand“ des Sitznachbarn.

# 1.1 Motivation

## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung

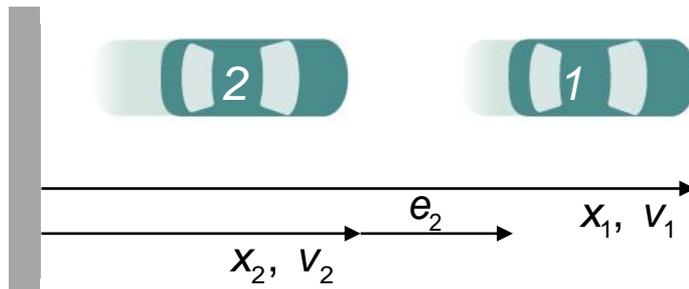
Autofahrt, Abstand halten



# 1.1 Motivation

## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung (2)

### Erkenntnisse aus dem Beispiel:



$x_i$ : Position des Fahrzeugs  $i$  in  $x$  – Richtung

$v_i$ : Geschwindigkeit des Fahrzeugs  $i$

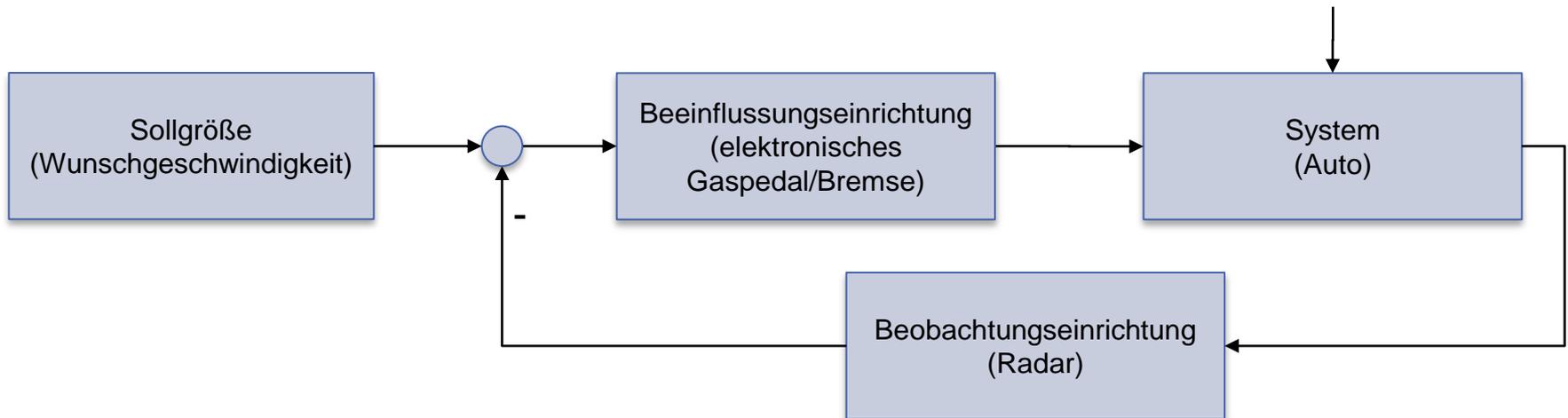
$$e_2 = x_1 - x_2 - \text{Sollabstand}$$

Gaspedalstellung/Bremspedalstellung =  $f(e_2, \dots)$

- Die **Rückkopplung** erfolgt über eine „Abstandsmessung“ über das Auge des Fahrers oder bei einem automatischen Abstandsregeltempomaten z.B. durch ein Radar. Dabei wird kontinuierlich der persönliche **Wunsch/Soll**-Abstand mit dem aktuellem **Ist**-Abstand verglichen und eine geeignete Gaspedalstellung und Bremspedalstellung gewählt.
- **Störungen** z.B. Gegenwind oder die Steigung der Fahrbahn können durch die Rückkopplung kontrolliert werden.

# 1.1 Motivation

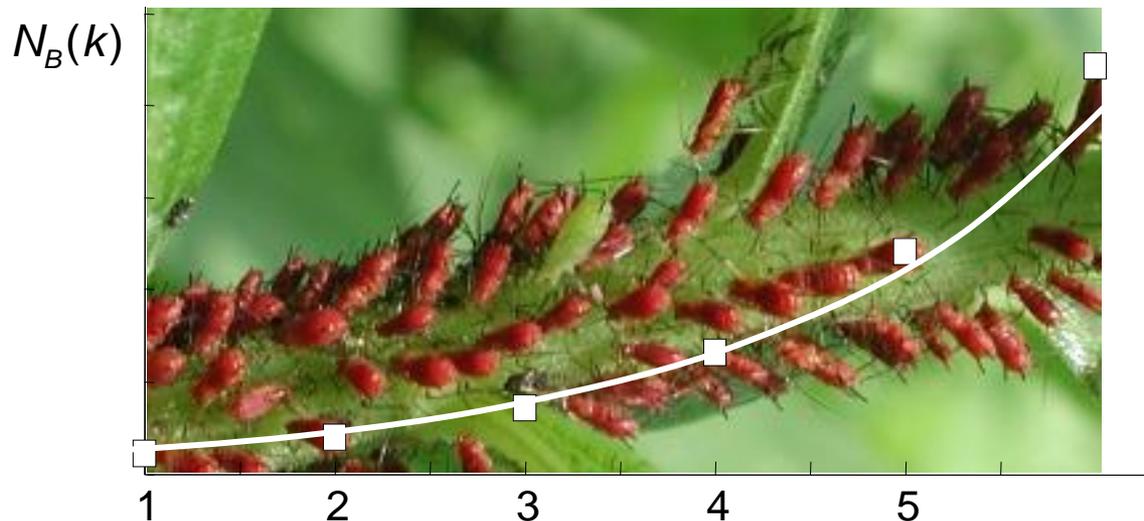
## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung (3)



# 1.1 Motivation

## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung (4)

### Populationsdynamik, vereinfachte Beschreibung nach Lotka-Volterra



Beutepopulation unter „idealen Fressbedingungen“

$$N_B(k+1) = N_B(k) + \alpha_B N_B(k)$$

$N_B(k)$ : Anzahl der Beutelebewesen

$\alpha_B$ : Reproduktionseffizient

$k$ : Populationsperiode

# 1.1 Motivation

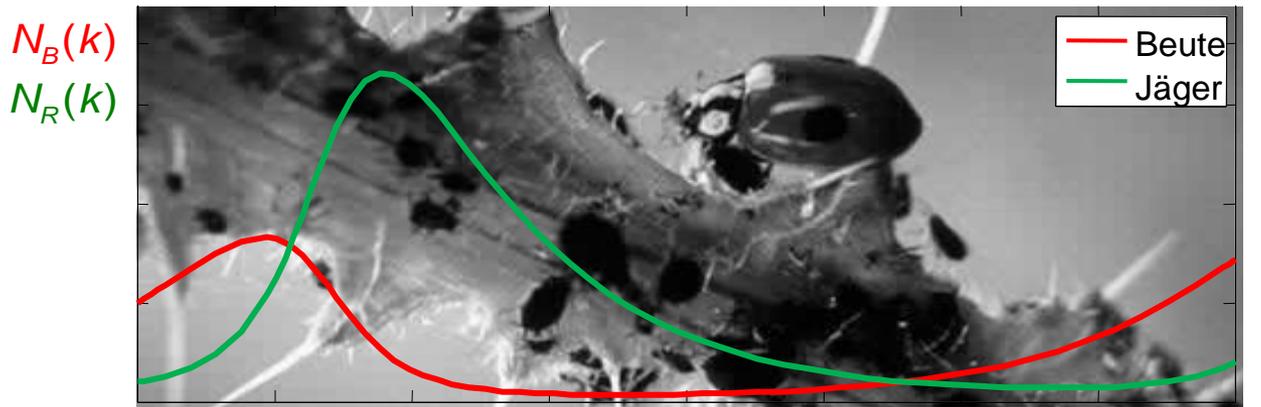
## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung (5)

Beutepopulation wird durch Räuberpopulation „rückgekoppelt“:

$$N_B(k+1) = N_B(k) + \alpha_B N_B(k) - \alpha_R(N_B(k), N_R(k))$$

$N_R(k)$ : Anzahl der Räuber

$\alpha_R$ : "Fresskoeffizient" der Räuber pro Beutelebewesen



Räuberpopulation wird durch Anzahl der Beutetiere „rückgekoppelt“:

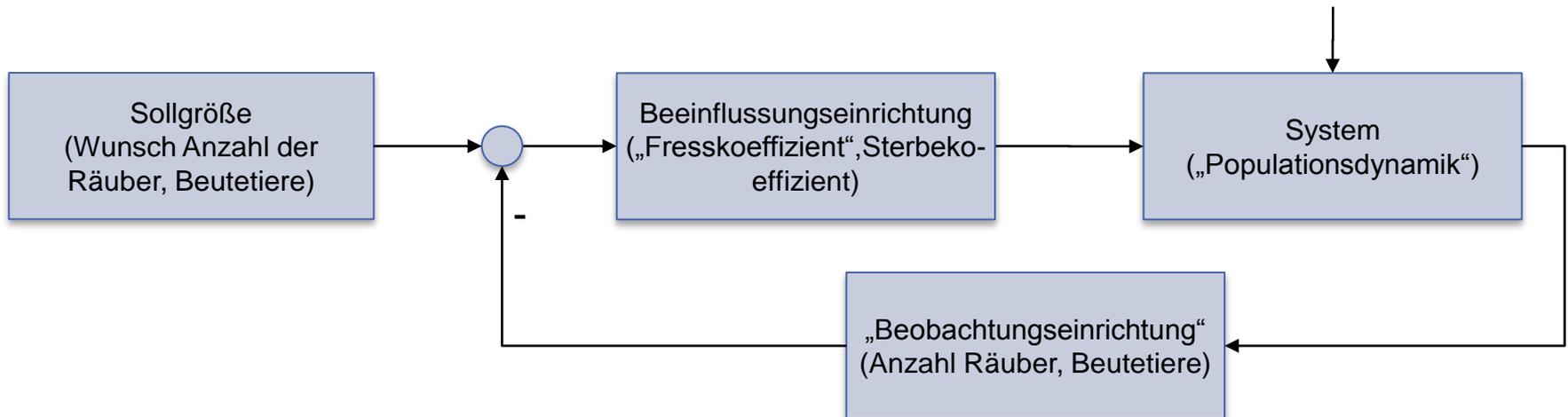
$$N_R(k+1) = N_R(k) + \alpha_R N_R(k) - \alpha_S(N_B(k)N_R(k))$$

$\alpha_R$ : Reproduktionskoeffizient der Räuber

$\alpha_S$ : Sterbekoeffizient aufgrund von Nahrungsunterangebot der Beutelebewesen

# 1.1 Motivation

## 1.1.2 Beispiel für eine Regelung (6)



# 1.1 Motivation

## 1.1.3 Fazit

- Auf ein System wirken **Störgrößen** ein. Die Störgrößen führen zu einer Abweichung von einem gewünschten Sollverhalten. Die Störgröße ist nur unzureichend bekannt.
  - Durch eine **Rückkopplung** kann der Einfluss von Störgröße vermindert werden
  - Durch die Rückkopplung kann das System „stabilisiert“ werden.
- **Für die Rückkopplung wird das System laufend beobachtet und die Information zur Beeinflussung des Systems verwendet.**
  - **Es gibt für die Beschreibung der Rückkopplung aus unterschiedlichen Domänen einen gleichen Beschreibungsformalismus.**

# 1.2 Übersicht

## 1.2.1 Vorlesungsinhalt

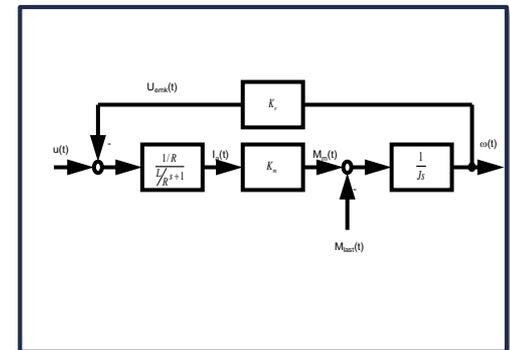
### 1. Einführung

1. Motivation
2. Übersicht
3. Begriffsbildung und Modellierung
4. Steuerung und Regelung
5. Entwicklungsablauf für Regelungssysteme



### 2. Klassifizierung und Beschreibung von linearen Regelkreisen

1. Einführung und Grundbegriffe
2. Das Signalflussbild
3. Verhalten elementarer zeitkont. Regelkreisglieder
4. Standardregelkreis und Signalflussbildumformungen
5. Aufbau digitaler Regelkreise
6. Beschreibung digitaler Regelkreise
7. Simulation zeitkontinuierlicher Regelkreise

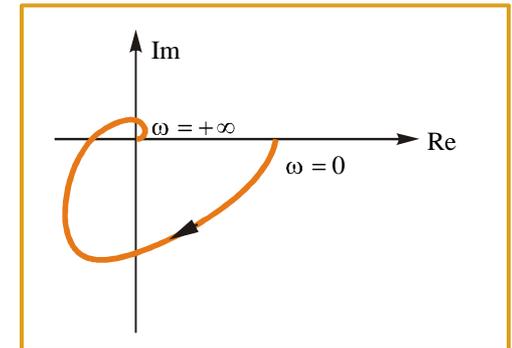


# 1.2 Übersicht

## 1.2.1 Vorlesungsinhalt (2)

### 3. Analyse von linearen zeitkontinuierlichen Regelkreisen

1. Stationäres Verhalten und charakteristische Größen
2. Frequenzgang und Ortskurve
3. Frequenzkennlinie
4. Grundlagen zur Stabilität
5. Algebraische Stabilitätskriterien
6. Graphische Stabilitätskriterien



### 4. Analyse von linearen zeitdiskreten Regelkreisen

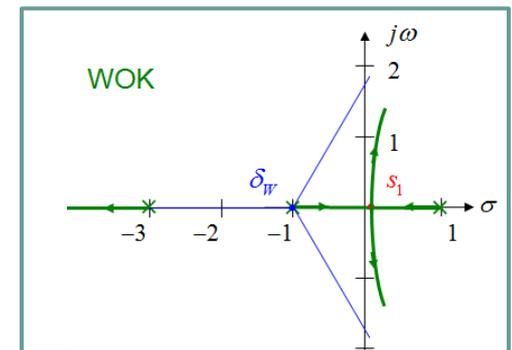
1. Stationäres Verhalten
2. Frequenzgang, Ortskurve und Frequenzkennlinie
3. Grundlagen zur Stabilität
4. Algebraische Stabilitätskriterien
5. Graphische Stabilitätskriterien

# 1.2 Übersicht

## 1.2.1 Vorlesungsinhalt (3)

### 5. Synthese von linearen zeitkontinuierlichen Regelkreisen

1. Forderungen an den Regelkreis
2. Heuristische Verfahren
3. Direkte Verfahren
4. Entwurf mit dem Frequenzkennlinienverfahren
5. Entwurf mit dem Wurzelortskurvenverfahren
6. Parameteroptimierung
7. Vermaschung und Vorsteuerung



### 6. Synthese von linearen zeitdiskreten Regelkreisen

1. Fast Sampling Design
2. Direkte Verfahren
3. Frequenzkennlinienverfahren und Wurzelortskurvenverfahren



# 1.2 Übersicht

## 1.2.3 Literatur

1. O. Föllinger unter Mitwirkung von F. Dörrscheidt und M. Klittich:  
**Regelungstechnik, Einführung in die Methoden und ihre Anwendung**  
10. Auflage, Hüthig-Verlag, 2008.
2. C. Becker - L. Litz - G. Siffling:  
**Regelungstechnik Übungsbuch**  
4. Auflage, Hüthig-Verlag, 1993.
3. J. Lunze:  
**Regelungstechnik I**  
7. Auflage, Springer-Verlag, 2008.
4. H. Unbehauen:  
**Regelungstechnik I, II, III.**  
Verlag: F. Vieweg & Sohn  
1. Band, 15. Auflage 2008, 2. Band, 9. Auflage 2007, 3. Band, 6. Auflage 2000.

# 1.2 Übersicht

## 1.2.3 Literatur (2)

5. E. Samal - W. Becker:

### **Grundriß der praktischen Regelungstechnik**

21. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, 2004

6. R. Lauber - P. Göhner:

### **Prozessautomatisierung I, II**

1. Band, 3. Auflage 1999, 2. Band 1999. Springer-Verlag

7. R. Dorf - R. Bishop:

### **Modern Control Systems**

11<sup>th</sup> edition, Addison-Wesley, 2007

8. C. Phillips - R. Harbor:

### **Feedback Control Systems**

4<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall, 2000

# 1.2 Übersicht

## 1.2.3 Literatur (3)

9. O. Föllinger:

### **Laplace-, Fourier- und z-Transformation**

9. Auflage, Hüthig-Verlag, 2007

10. R. Zurmühl - S. Falk:

### **Matrizen und ihre Anwendungen, Teil 1: Grundlagen**

7. Auflage, Springer-Verlag, 1997

11. O. Föllinger:

### **Lineare Abtastsysteme**

5. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, 1993

12. H. Unbehauen:

### **Regelungstechnik II – Zustandsregelungen, digitale und nichtlineare Regelungssysteme**

5. Auflage, Vieweg-Verlag, 1989

# 1.2 Übersicht

## 1.2.3 Literatur (4)

13. R. Isermann:

### **Digitale Regelungssysteme**

**Bd. I: Grundlagen, Deterministische Regelungen**

**Bd. II: Stochastische Regelungen, Mehrgrößenregelungen, Adaptive Regelungen, Anwendungen**

2. Auflage, Springer-Verlag, 1987

14. J. Ackermann:

### **Abtastregelung**

3. Auflage, Springer-Verlag, 1988

15. K. Ogata:

### **Discrete-Time control systems**

Prentice Hall Verlag, 1987

# 1.2 Übersicht

## 1.2.3 Literatur (5)

16. A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer:  
**Zeitdiskrete Signalverarbeitung**  
2. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, 1995

17. G.C. Goodwin:  
**Control System Design**  
Prentice Hall Verlag, 2001

18. A. Angermann; M. Beuschel  
**MATLAB – Simulink – Stateflow : Grundlagen, Toolboxen, Beispiele**  
Oldenburg, 2009

19. TU München – Lehrstuhl für Regelungstechnik  
**Einführung in Simulink**  
[http://www.lrz-muenchen.de/%7Ertlehre/pdf/CGR/Simulink\\_Einfuehrung.pdf](http://www.lrz-muenchen.de/%7Ertlehre/pdf/CGR/Simulink_Einfuehrung.pdf)

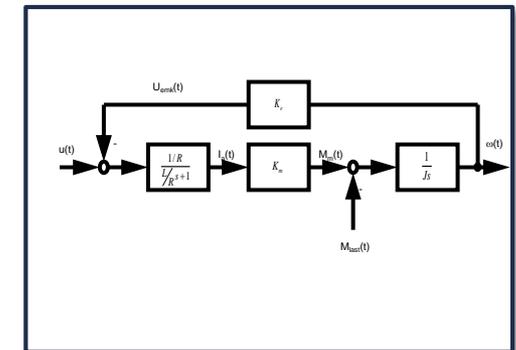
## 1. Einführung

1. Motivation
2. Übersicht
- 3. Begriffsbildung und Modellierung**
4. Steuerung und Regelung
5. Entwicklungsablauf für Regelungssysteme



## 2. Klassifizierung und Beschreibung von linearen Regelkreisen

1. Einführung und Grundbegriffe
2. Das Signalflussbild
3. Verhalten elementarer zeitkont. Regelkreisglieder
4. Standardregelkreis und Signalflussbildumformungen
5. Aufbau digitaler Regelkreise
6. Beschreibung digitaler Regelkreise
7. Simulation zeitkontinuierlicher Regelkreise



# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

## 1.3.1 Prozess

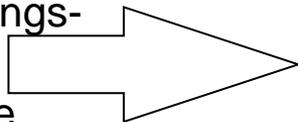
Def.: **Prozess:**

Ein Prozess ist eine Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder Information umgeformt, transportiert oder gespeichert wird.

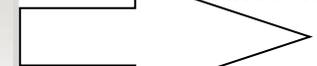
Ein technischer Prozess ist ein solcher, dessen physikalische Größen mit technischen Mitteln erfasst und beeinflusst werden [DIN 66201].

*Beispiel: Prozess Automobil*

Verbrennungs-  
Energie



kinetische  
Energie



# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

## 1.3.1 Prozess (2) [Lauber]

Anfangszustand	Technischer Prozess in einem technischen System	Endzustand
niedrige Raum-Temperatur	Wärmevorgänge bei der Beheizung eines Wohnhauses mit einer Ölheizungsanlage	erhöhte Raum-Temperatur
verschmutzte Wäsche	Waschvorgang in einer Waschmaschine	saubere Wäsche
unsortierte Pakete	Transport und Verteilvorgänge bei einer Paketverteilanlage	nach Zielorten sortierte Pakete
fossile oder Kern-Brennstoffe	Energie-Umwandlungs- und Erzeugungsvorgänge in einem Kraftwerk	elektrischer Strom

# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

## 1.3.1 Prozess (3) [Lauber]

Anfangszustand	Technischer Prozess in einem technischen System	Endzustand
einzulagernde Teile	Lagervorgänge in einem Hochregallager	zu Kommissionen zusammengestellte Teile
Zug in Ort A	Verkehrsablauf bei der Fahrt eines Zuges	Zug in Ort B
monomerer Stoff	Vorgänge in einem chemischen Reaktor	polymerer Stoff
ungeprüftes Gerät	Prüfabläufe in einem Prüffeld	geprüftes Gerät
Teile ohne Bohrung	Bohrvorgang bei einer Bohrmaschine	Teile mit Bohrung
Schadstoffe in der Luft	Vorgänge in einem System zur Schadstoffüberwachung der Luft	Informationen über Schadstoffkonzentrationen werden in der Überwachungs-zentrale angezeigt

# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

## 1.3.2 System

Def.: **System:**

Ein System ist eine abgegrenzte Anordnung von aufeinander einwirkenden Gebilden [DIN 19226].

Ein dynamisches System ist eine Funktionseinheit zur Verarbeitung von Signalen, wobei Systemeingangsgrößen (Einflussgrößen) als Ursache mit den Systemausgangsgrößen (Ergebnisgrößen) als deren zeitliche Auswirkung miteinander in Beziehung gesetzt werden.

**Formaler: Ein (Ein/Ausgangs-) System  $\Sigma$  besteht**

- Aus einer Menge an Zeitpunkten  $M_t$
- Einem Eingangsgrößen-Funktionenraum  $D_u$
- Einem Ausgangsgrößen-Funktionenraum  $D_y$
- Einer Ein-/Ausgangsabbildungsvorschrift

$$S: D_s \rightarrow D_y$$

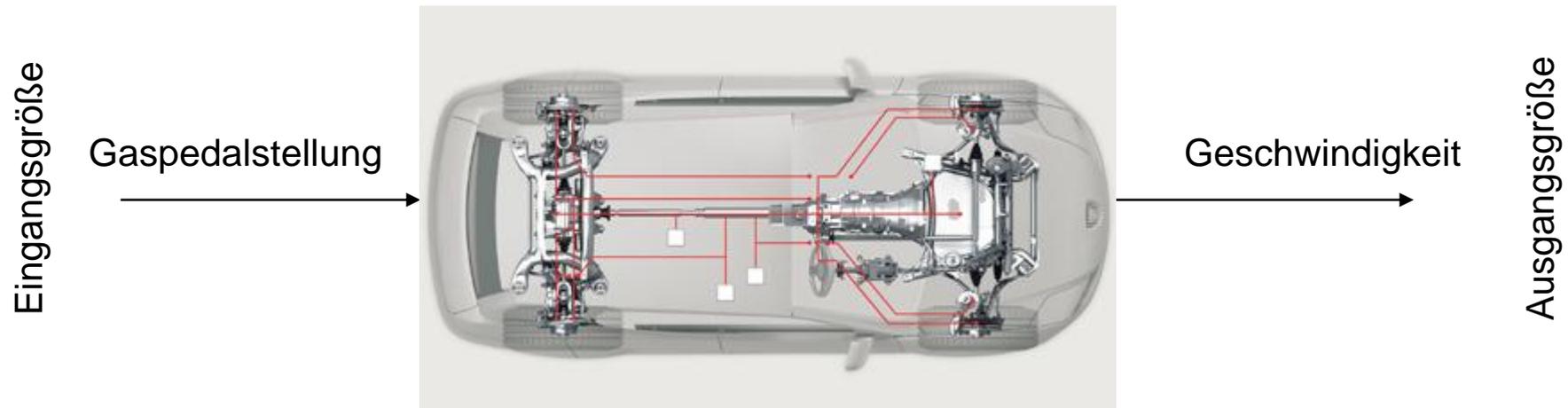
$$\emptyset \subset D_s \subseteq \{(t_1, t_2, u(t)) \mid t_1, t_2 \in M_t; t_1 \leq t_2; u(t) \in D_u\}$$

- Forderung wenn  $(t_1, t_2, u(t)) \in D_s$  dann ist auch  $(\tilde{t}, t_2, u(t)) \in D_s$ , wenn  $\tilde{t} \in [t_1, t_2[$

# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

## 1.3.2 System (2)

Beispiel: System Automobil



$$M_t = \mathbb{R}^+$$

$$D_u = \left\{ u : M_t \rightarrow [0, 30^\circ] \right\}$$

$$D_y = \left\{ y : M_t \rightarrow \left[ -30 \frac{\text{km}}{\text{h}}, 240 \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \right\}$$

S: ?

# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

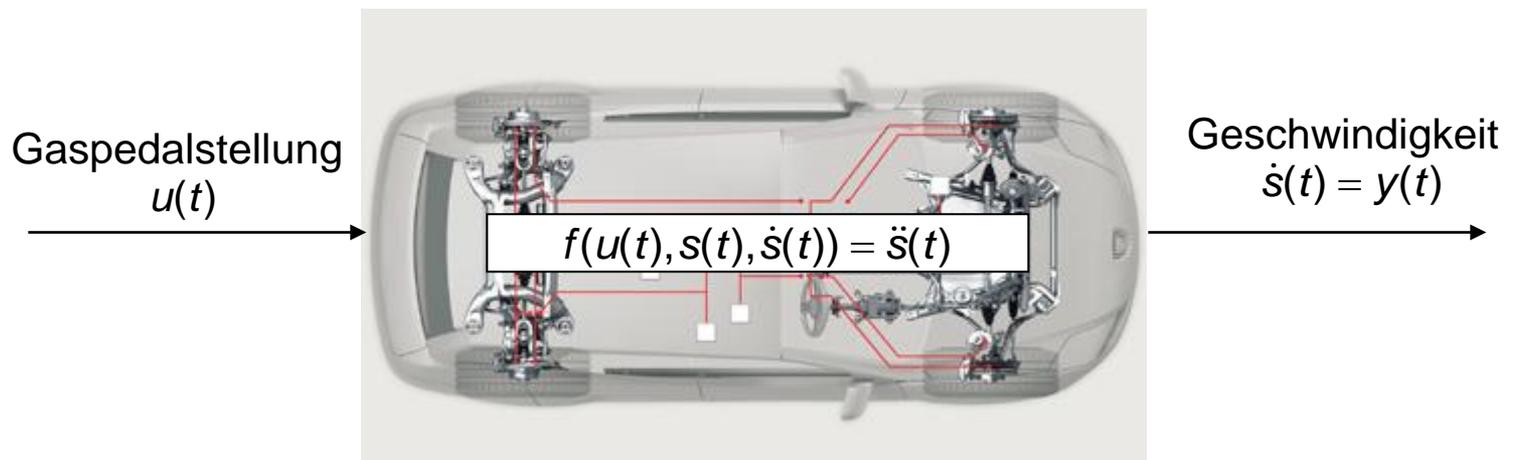
## 1.3.3 Modell

Def.: **Modell:**

Ein Modell ist eine an die jeweilige Zielstellung angepasste Beschreibung des Systems unter Zuhilfenahme des verfügbaren Wissens über die Ursache-Wirkungszusammenhänge im System.

Speziell ein funktionales mathematisches Modell ist ein Modell, bei dem die Zusammenhänge mit mathematischen Funktionen abgebildet sind.

*Beispiel: Automobil*



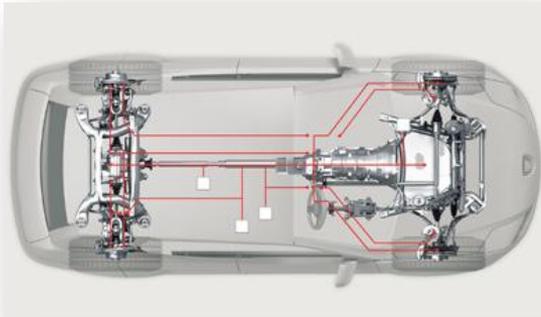
*Abbildungsvorschrift  $S$  implizit gegeben.*

## Vorgehen bei der Modellierung

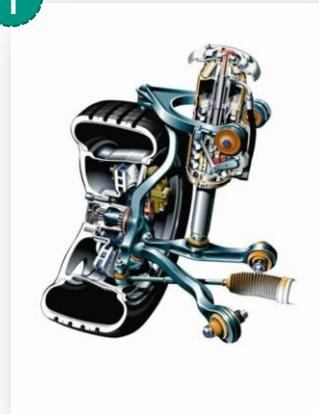
1. Abgrenzung des Systems (Festlegung des Betrachtungsumfangs)
2. Festlegung des Abstraktionsgrades und Ermittlung relevanter Teilsysteme, Einbringen von Beziehungswissen
3. Aufstellen der Modellbeschreibung durch
  - Physikalische, biologische, wirtschaftswissenschaftliche, chemische, ... Gesetzmäßigkeiten
  - Beschreibung des menschlichen Wissens (z.B. durch Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz)

# 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

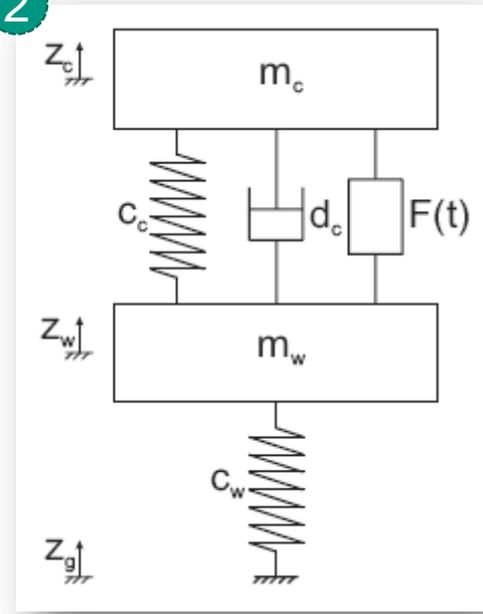
## ■ Beispiel: Dämpfer eines aktiven Fahrwerks



1



2



## 1.3 Begriffsbildung und Modellierung

### ■ Beispiel: Dämpfer eines aktiven Fahrwerks



# Tafelanschrieb 1.3 (1)

## Aktiver Dämpfer



# Tafelanschrieb 1.3 (2)

## Modellformen und Modellbildung



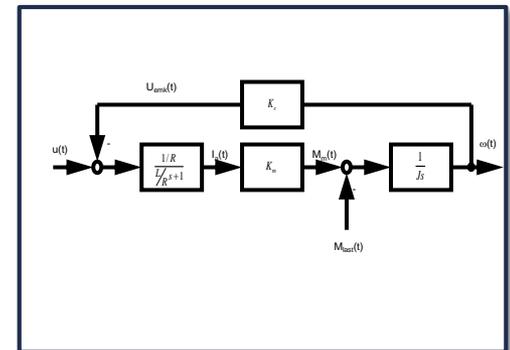
### 1. Einführung

1. Motivation
2. Übersicht
3. Begriffsbildung und Modellierung
4. **Steuerung und Regelung**
5. Entwicklungsablauf für Regelungssysteme



### 2. Klassifizierung und Beschreibung von linearen Regelkreisen

1. Einführung und Grundbegriffe
2. Das Signalflussbild
3. Verhalten elementarer zeitkont. Regelkreisglieder
4. Standardregelkreis und Signalflussbildumformungen
5. Aufbau digitaler Regelkreise
6. Beschreibung digitaler Regelkreise
7. Simulation zeitkontinuierlicher Regelkreise



# 1.4 Steuerung und Regelung

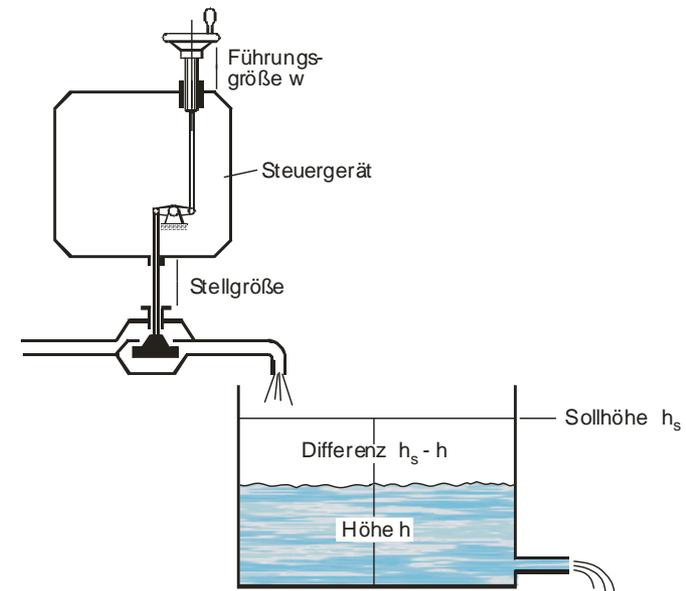
## 1.4.1 Steuerung

Def.: **Steuerung (engl. control):**

Das Steuern, die Steuerung, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen.

*Beispiel: Füllstands-Steuerung*

*Aufgabe: Beeinflussung des Behälters über das Zuflussventil so, dass der Füllstand konstant auf dem Sollwert  $h_s$  verharrt*



# 1.4 Steuerung und Regelung

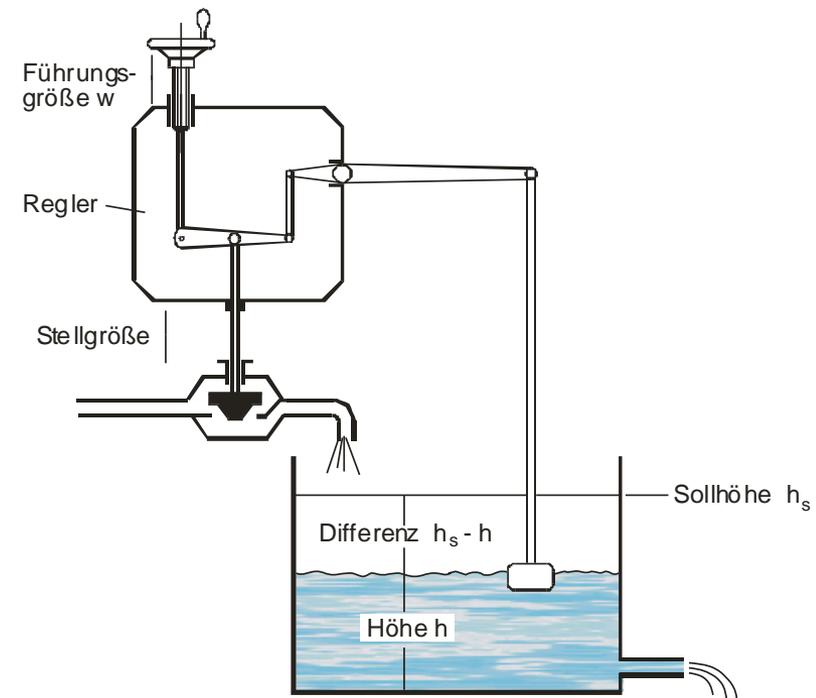
## 1.4.2 Regelung (1)

Def.: **Regelung (engl. Feedback control)**

Das Regeln, die Regelung ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße (die zu regelnde Größe) erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.

### Beispiel: Füllstands-Regelung

Fortlaufende Messung der Ausgangsgröße (Füllstand  $x = h$ ), Vergleich mit der Führungsgröße  $w = h_s$  und Beeinflussung des Prozesses über die Ventilstellung des Zuflusses aufgrund der gewonnenen Information



# 1.4 Steuerung und Regelung

## 1.4.2 Regelung (2)

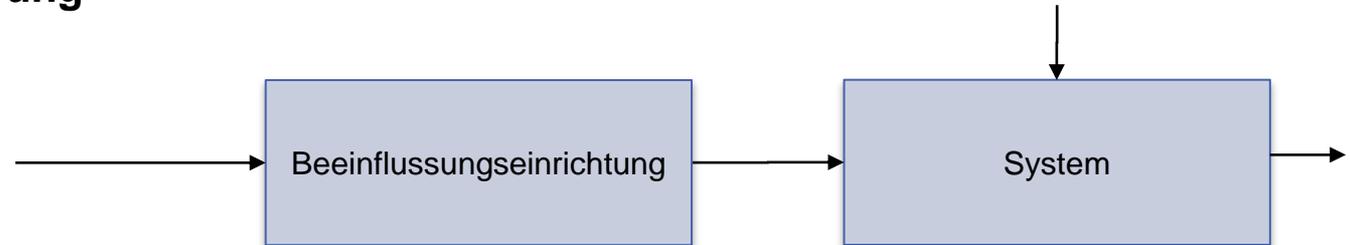
Aus dem Deutschen Museum in München: Fliehkraftregelung einer Dampfmaschine



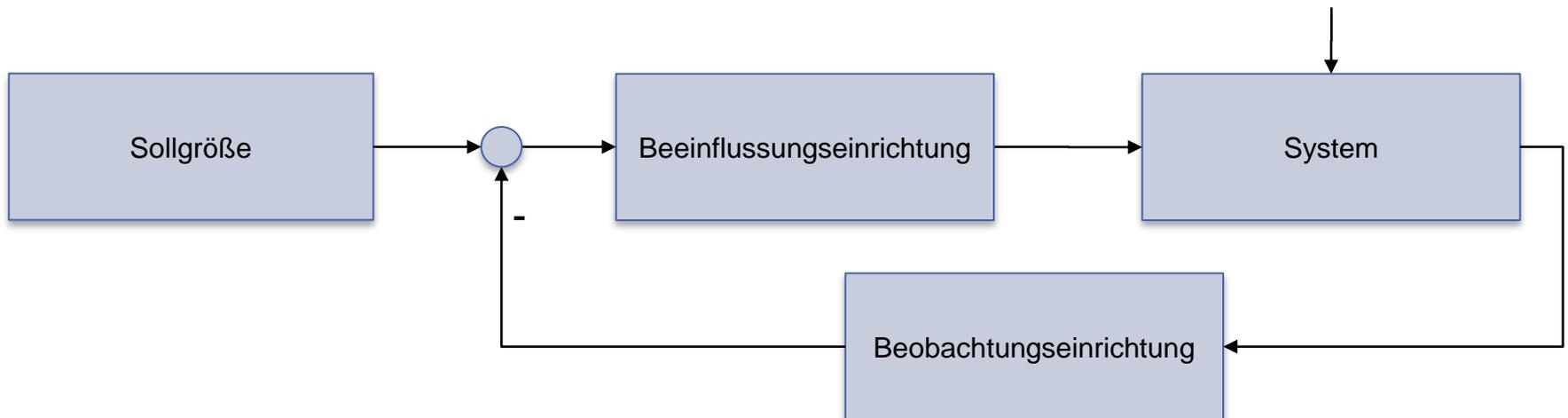
# 1.4 Steuerung und Regelung

## 1.4.3 Schematische Darstellung

### Schematisch: Steuerung



### Schematisch: Regelung



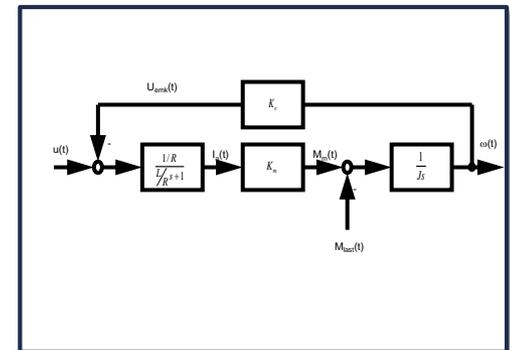
### 1. Einführung

1. Motivation
2. Übersicht
3. Begriffsbildung und Modellierung
4. Steuerung und Regelung
- 5. Entwicklungsablauf für Regelungssysteme**



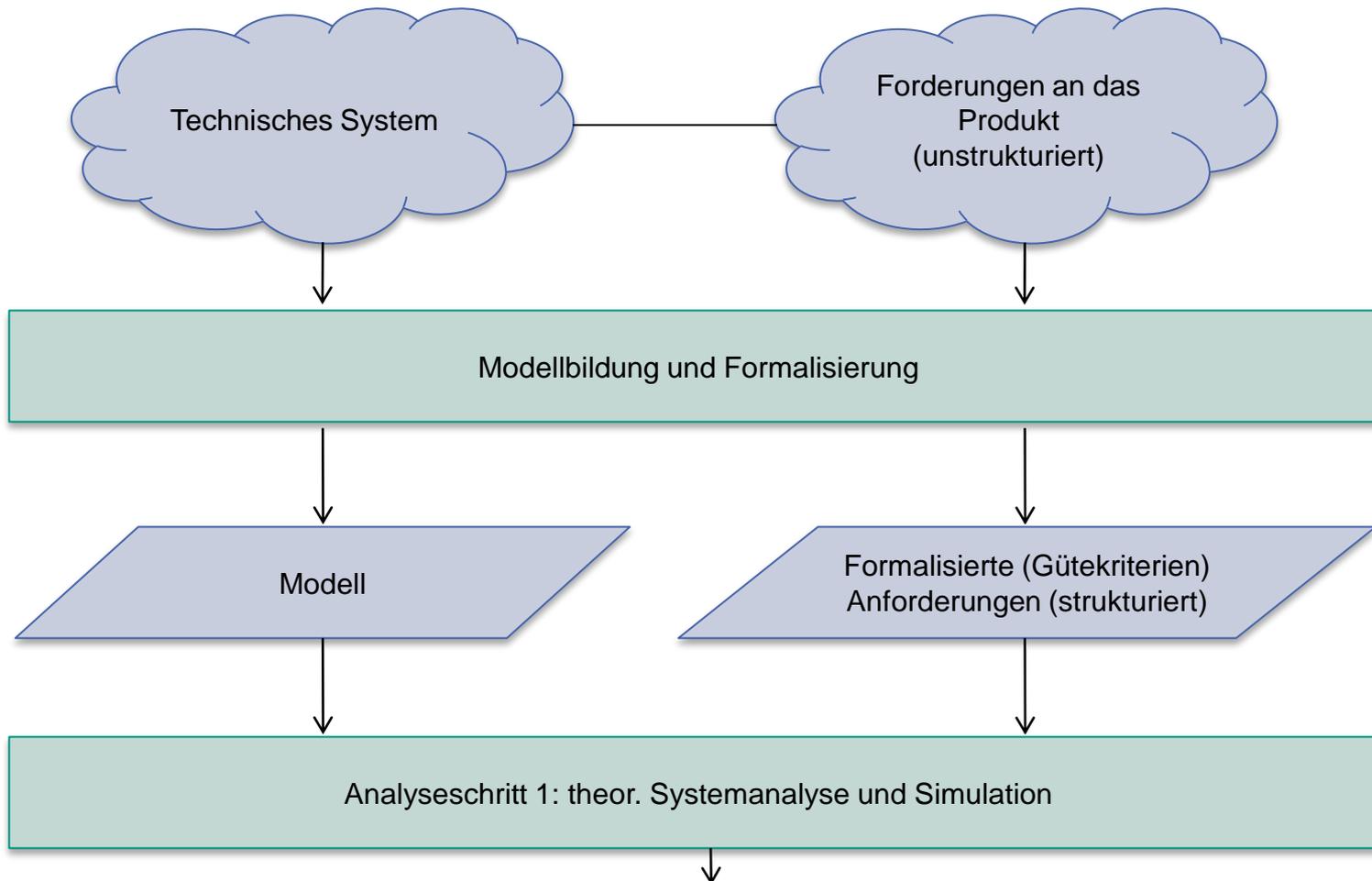
### 2. Klassifizierung und Beschreibung von linearen Regelkreisen

1. Einführung und Grundbegriffe
2. Das Signalflussbild
3. Verhalten elementarer zeitkont. Regelkreisglieder
4. Standardregelkreis und Signalflussbildumformungen
5. Aufbau digitaler Regelkreise
6. Beschreibung digitaler Regelkreise
7. Simulation zeitkontinuierlicher Regelkreise



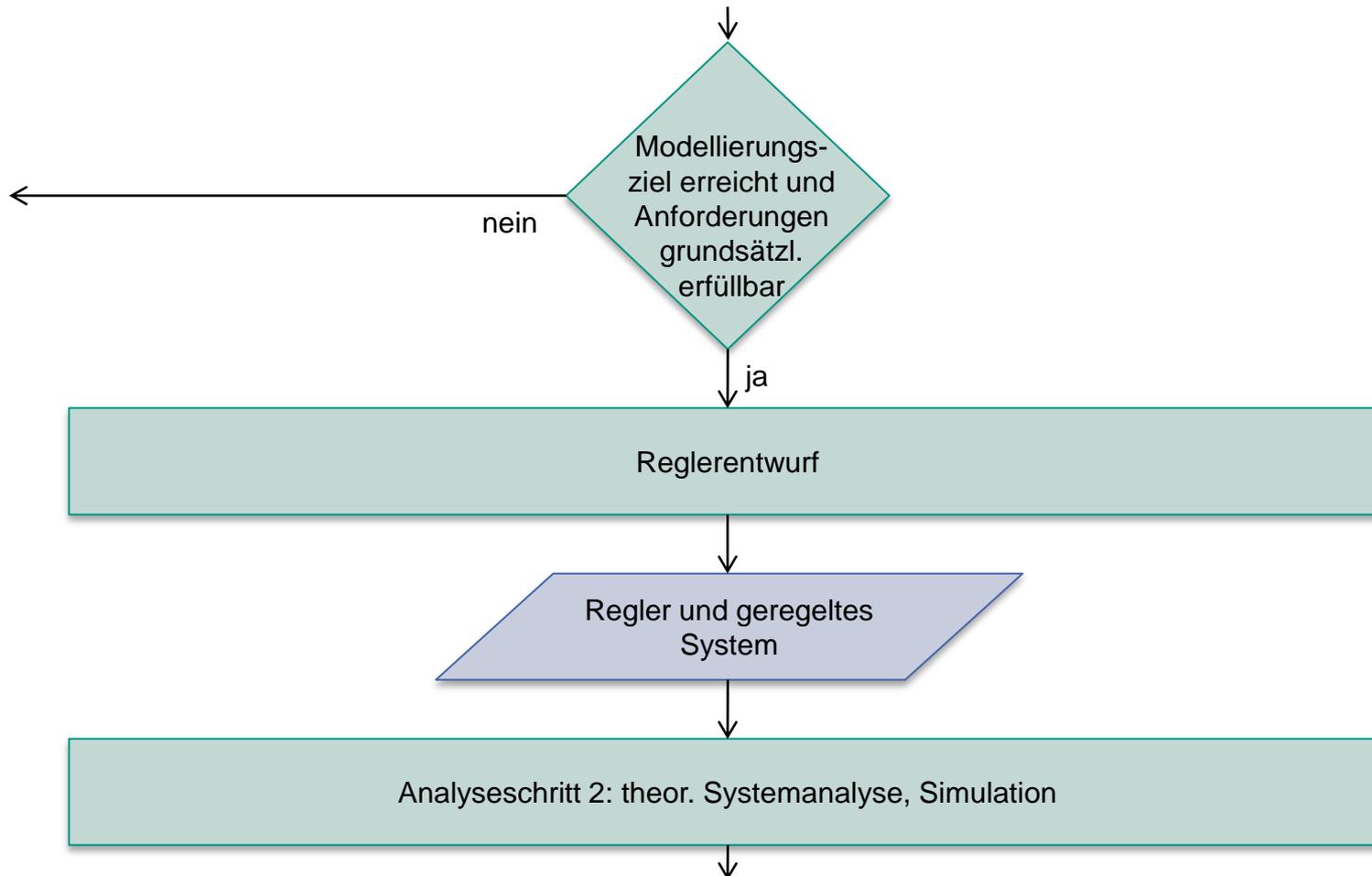
# 1.5 Entwicklungsablauf für Regelungssysteme

## 1.5.1 Modellbildung und Analyse



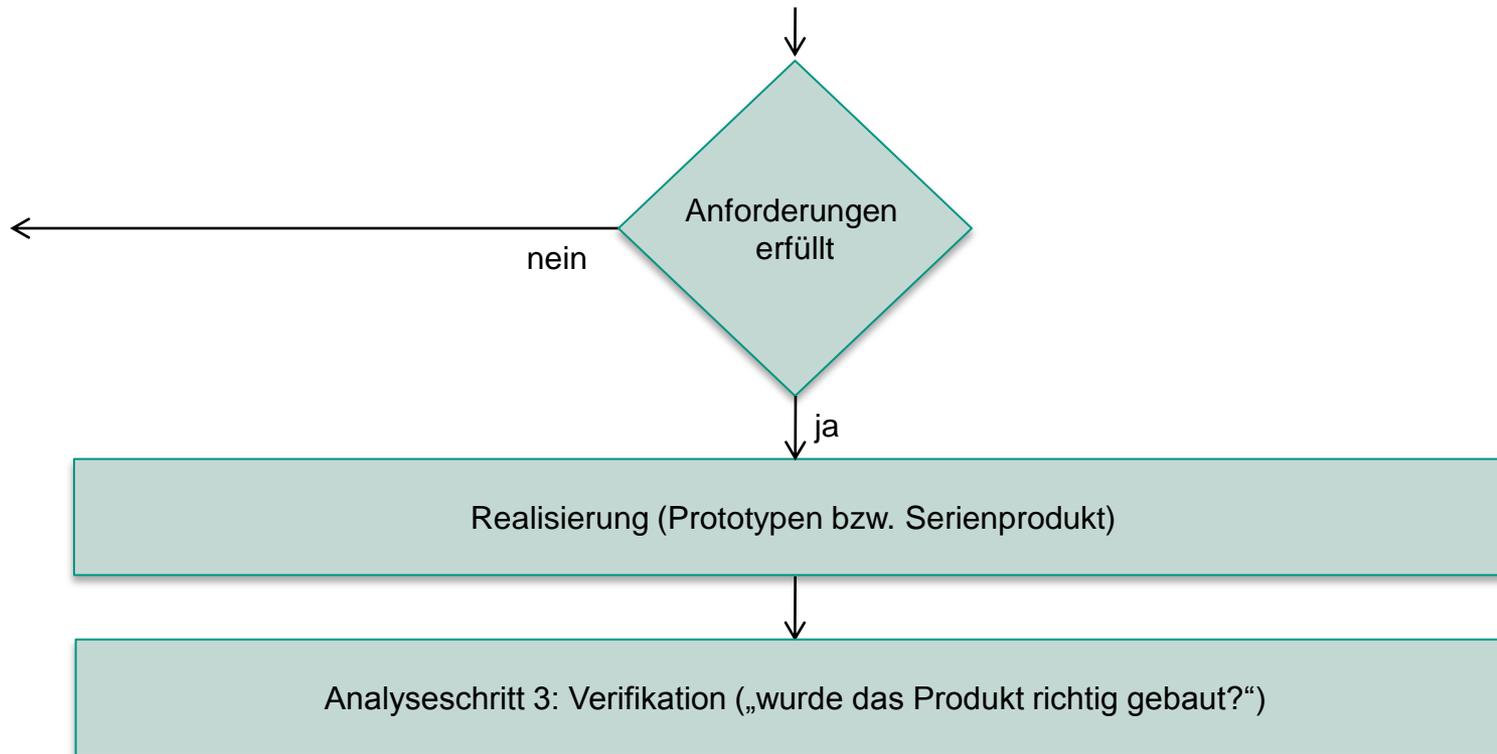
# 1.5 Entwicklungsablauf für Regelungssysteme

## 1.5.2 Reglerentwurf



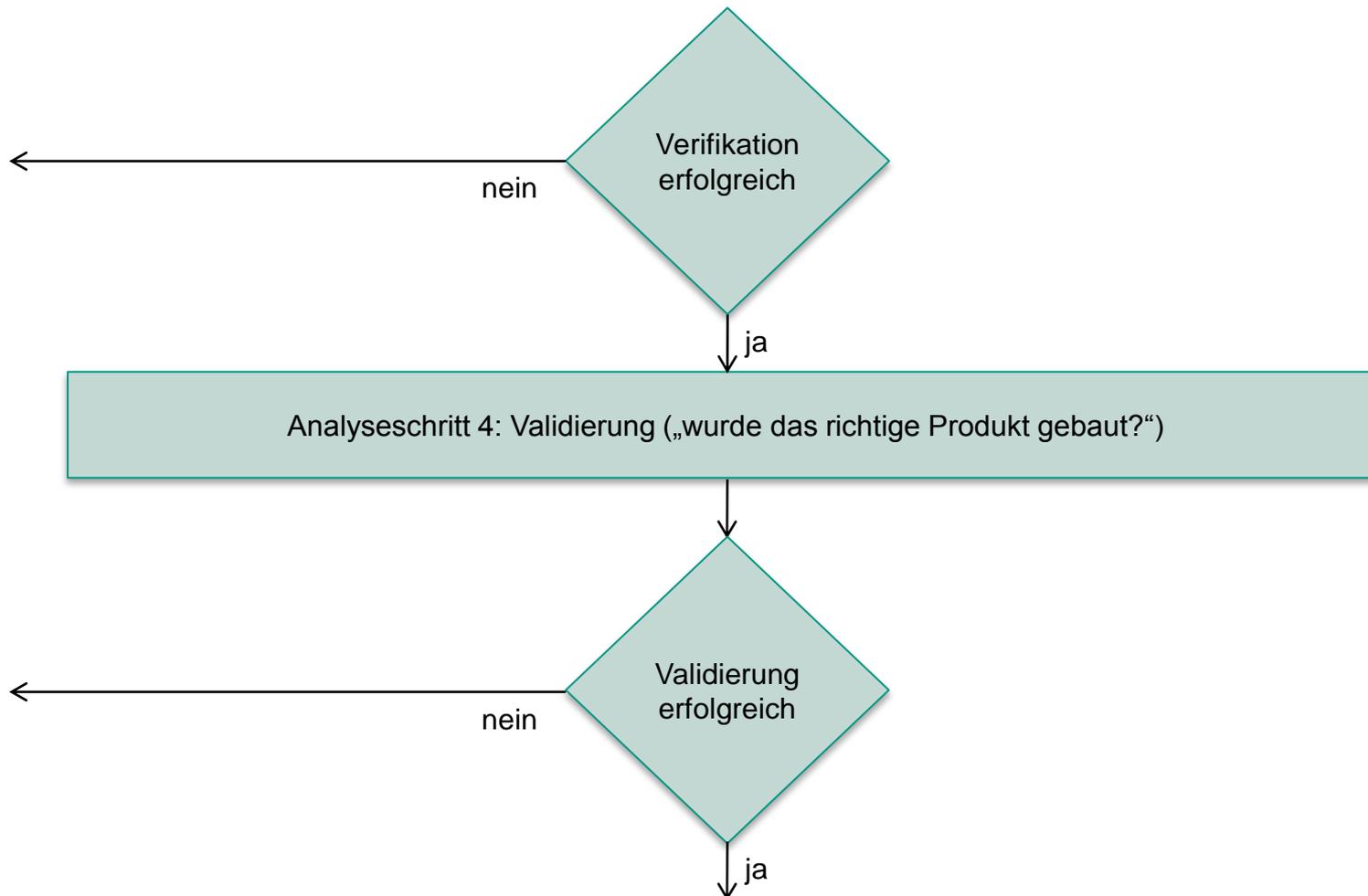
# 1.5 Entwicklungsablauf für Regelungssysteme

## 1.5.3 Realisierung



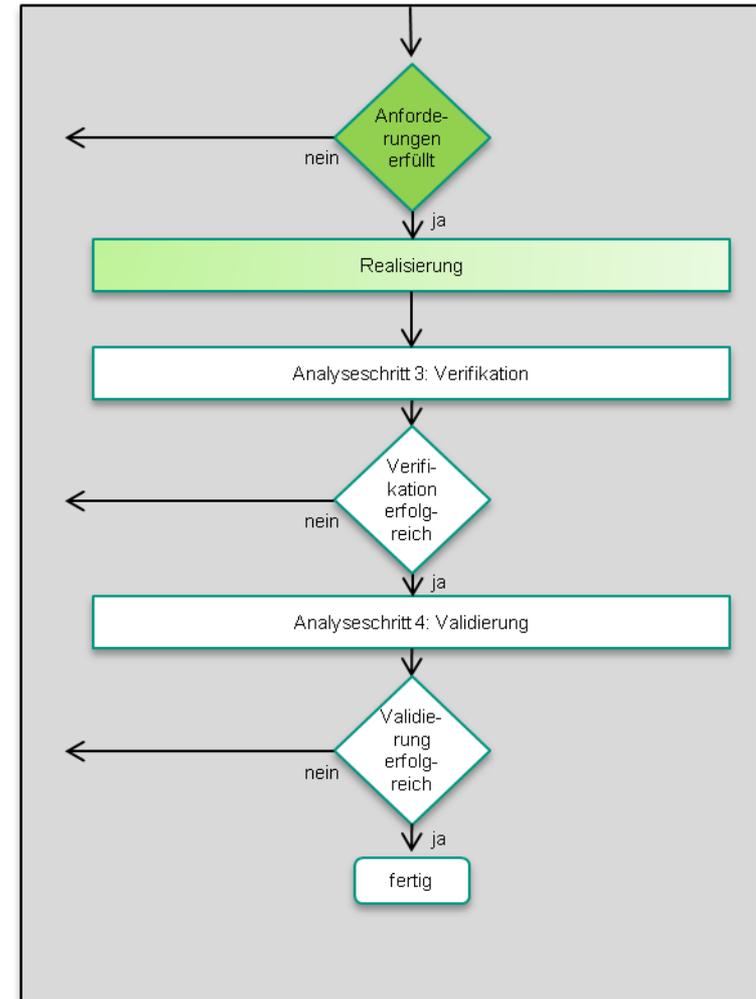
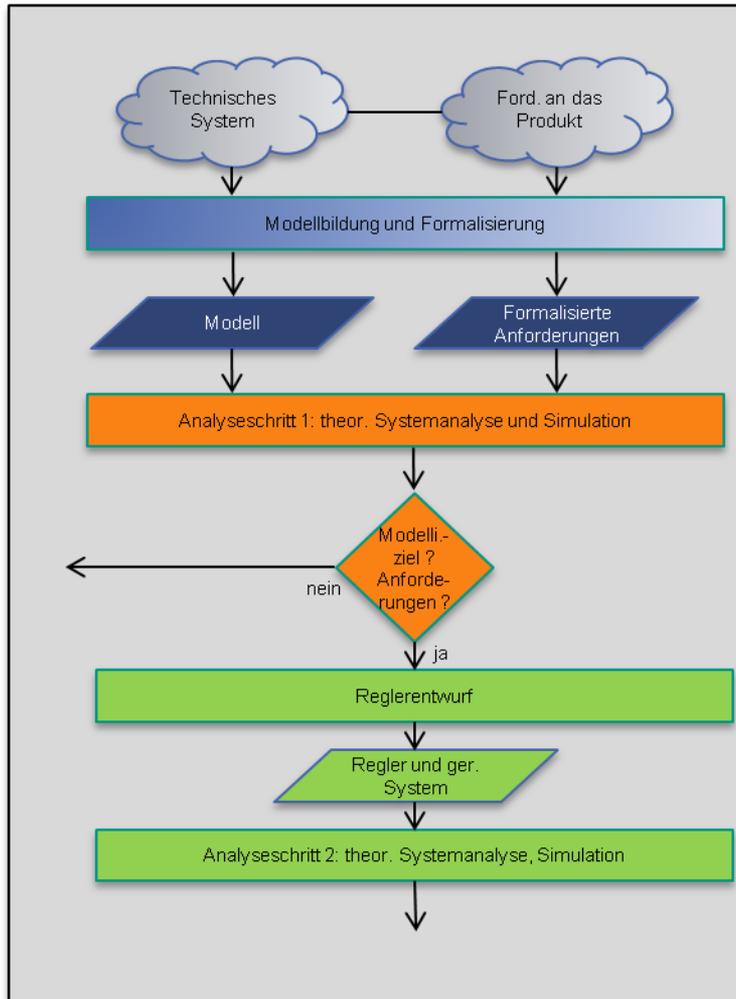
# 1.5 Entwicklungsablauf für Regelungssysteme

## 1.5.3 Verifikation und Validierung



# 1.5 Entwicklungsablauf für Regelungssysteme

## 1.5.3 Übersicht





How the customer explained it



How the project leader understood it



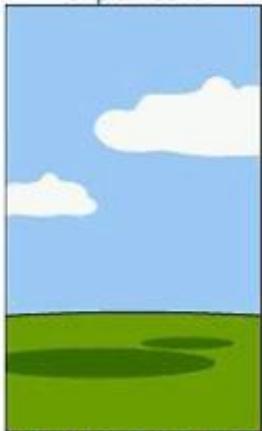
How the engineer designed it



How the programmer wrote it



How the sales executive described it



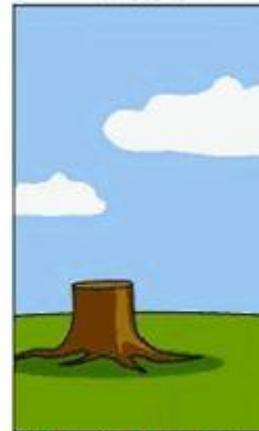
How the project was documented



What operations installed



How the customer was billed



How the helpdesk supported it



What the customer really needed