

# Fahrzeugmechatronik II

## Einführung



**Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller**

**M.Sc. Andreas Hartmann**

**Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin**

---

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches

## Anmeldung, Vorlesung- und Übungstermine

- **Anmeldung** in **ISIS** (falls Neuzugang) und über **Anmeldeliste** in der 3. VL-Woche.
- **Vorlesung und Übung** finden im Wechsel statt.

Vorlesung: Do, 14.15 – 15.45 Uhr, TIB13.5, Raum 353

Übung: Do, 16.00 – 17.30 Uhr, TIB13.5, Raum 353

- Die aktuellen Vorlesungs- und Übungsinhalte sind im **Zeitplan** zu finden.

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches

## Namen und Kontakte

### Vorlesung

**Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller**

Geb. TIB13, Raum 341

Tel.: -72970

Email: [steffen.mueller@tu-berlin.de](mailto:steffen.mueller@tu-berlin.de)

Homepage: <http://www.kfz.tu-berlin.de/menue/home/>



### Übung

**M.Sc. Andreas Hartmann**

Geb. TIB13, Raum 346A

Tel.: -72990

Email: [andreas.hartmann@tu-berlin.de](mailto:andreas.hartmann@tu-berlin.de)

### Sekretariat

**Frau Kerstin Ipta**

Geb. TIB13, Raum 342

Tel.: -72970

Email: [kerstin.ipa@tu-berlin.de](mailto:kerstin.ipa@tu-berlin.de)

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches

## Sprechzeiten

**Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller**

Vorbeikommen oder per Email über Sekretariat

**M.Sc. Andreas Hartmann**

Vorbeikommen oder Termin per Email

# Organisatorisches Übersicht





# Organisatorisches

## Prüfung

- Prüfungsvoraussetzung ist das **Bestehen von 3 aus 5 Übungsaufgaben.**
- Die **VL wird nur als Ganzes (Fahrzeugmechatronik I und II) geprüft**, d. h. 8 SWS bzw. 12 ECTS.
- Die **Prüfung** findet am **02.10.19** um 13:30Uhr im TIB13B Hörsaal A **schriftlich** statt. Dauer: 2h.

Studenten sind selbst für die **erfolgreiche** Prüfungsanmeldung (Zeitraum wird in ISIS bekannt gegeben) verantwortlich.

Studenten ohne Anmeldung können an der Prüfung nicht teilnehmen.

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches

## Studien- und Abschlussarbeiten

- Themen für Studien- und Abschlussarbeiten werden ggf. auf der **Homepage**, am **Schwarzen Brett** und in der **Lehrveranstaltung** bekannt gegeben.
- Üblicherweise vergeben wir Studien- und Abschlussarbeiten aber **auf Anfrage**.

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches

## Skript und Vorlesungsunterlagen

- **VL-Folien vom letzten Jahr/Durchgang** sind **vor** der Veranstaltung in ISIS abrufbar.
- **Aktuellste VL-Folien** sind **nach** der Veranstaltung in ISIS abrufbar.

# Organisatorisches Übersicht



# Organisatorisches Internet

## Zugangsdaten sind identisch zu FM I

- ISIS2-Kurs „Fahrzeugmechatronik 2018/2019“
- Password für Studenten: fame1819

# Organisatorisches Übersicht





# Organisatorisches

## Literatur

[1] Lunze: Regelungstechnik 2, 5. Auflage, Springer-Verlag, 2008.

[2] Lunze: Regelungstechnik 1, 7. Auflage, Springer-Verlag, 2008.

# Organisatorisches Übersicht



# Allgemeine Betrachtungen

## Aufgaben der Regelungstechnik

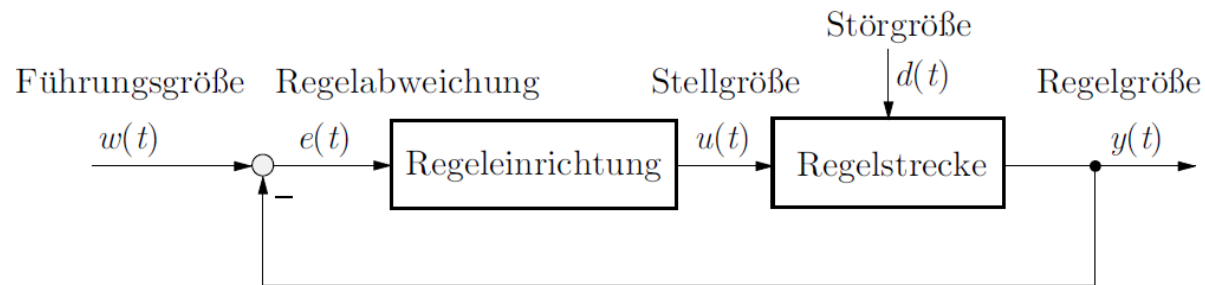
Die Regelungstechnik befasst sich mit der Aufgabe, einen sich **zeitlich verändernden** Prozess oder ein dynamisches System **von außen** so zu **beeinflussen**, dass dieser Prozess in einer **vorgegebenen Weise** abläuft.

**Steuereinrichtung** und **gesteuertes System** stehen in ständiger **Wechselwirkung** und **bilden einen „Kreis“**.

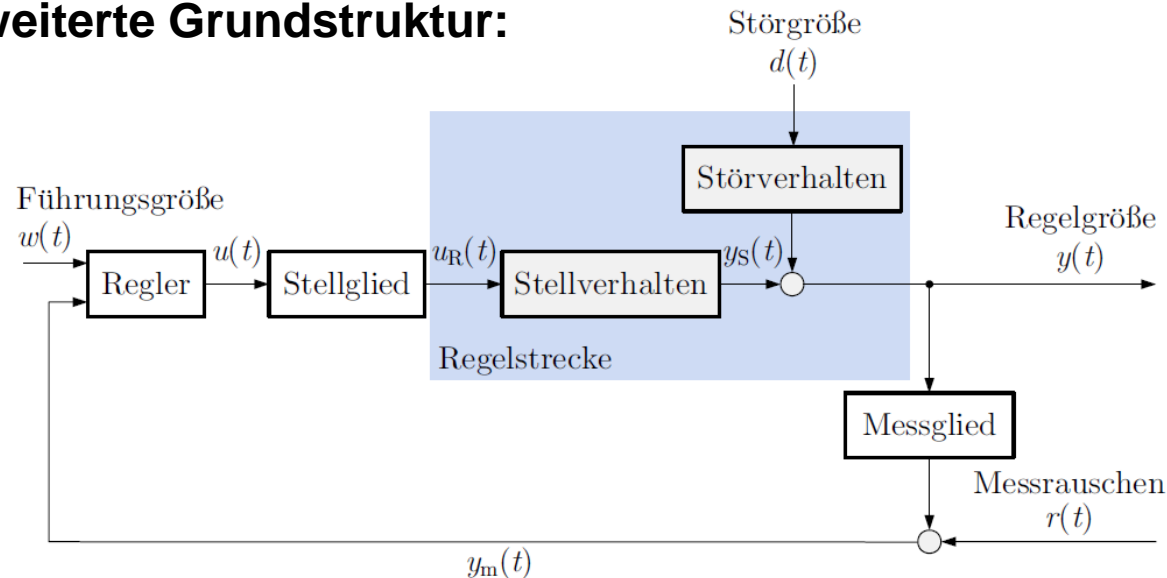
# Allgemeine Betrachtungen

## Grundstruktur eines Regelkreises

### Einfache Grundstruktur:

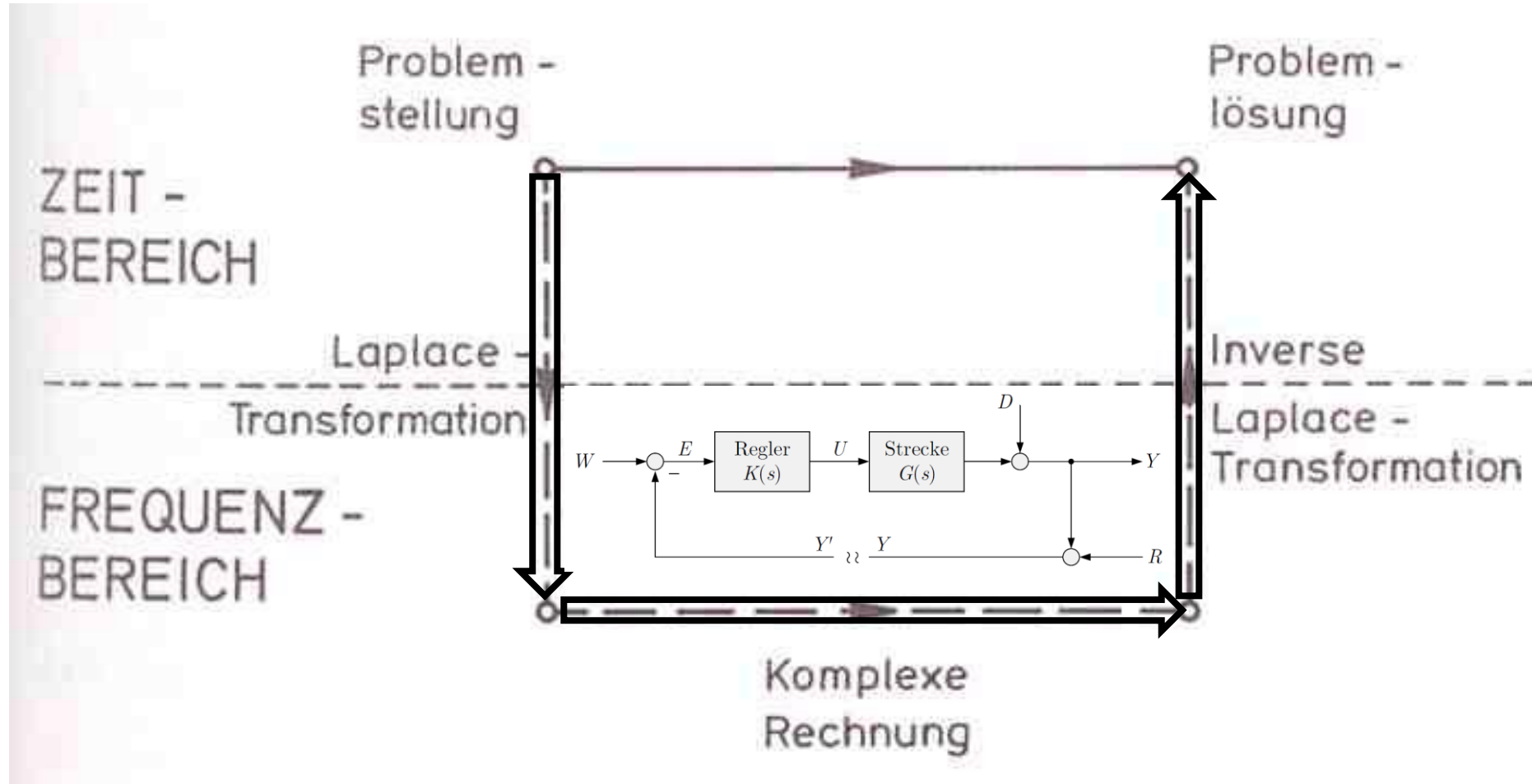


### Erweiterte Grundstruktur:



# Lineare Eingrößensysteme (SISO)

## Behandlung von linearen SISO-Systemen im Frequenzbereich („Single-Input-Single-Output“)



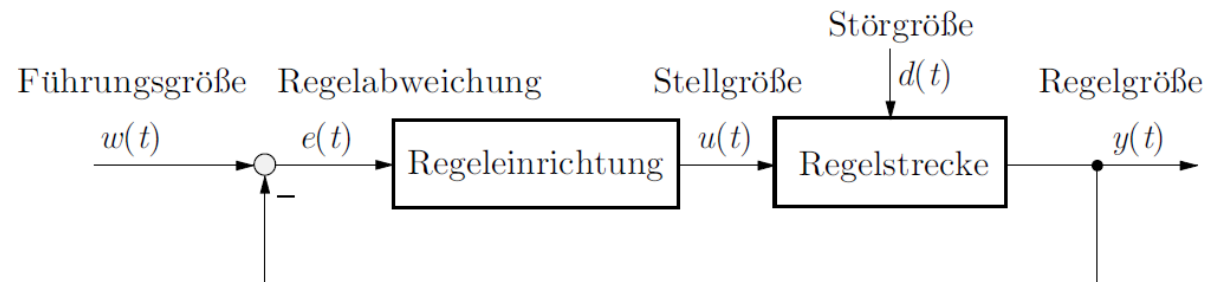
# Lineare Eingrößensysteme (SISO)

## Regelungsaufgabe – PID-Reglerentwurf

$$u(t) = f(e(t))$$

**Beispiele:**

$$u(t) = 0,4 e(t)$$



# Lineare Eingrößensysteme (SISO)

## Regelungsaufgabe – Güteforderungen

- **Stabilitätsforderung**

*„Der geschlossene Regelkreis muss stabil sein“*

- ✓ Analyse der freien Schwingungen

- **Forderung nach Sollwertfolge**

*„Die Regelgröße soll der Führungsgröße asymptotisch folgen“*

- ✓ Vorgabe von Führungs- und Störsignalen

- **Dynamikforderung an das Übergangsverhalten**

*„Definierte Dynamikforderungen sollen erfüllt werden“*

- ✓ Analyse des transienten bzw. Einschwingverhaltens
- ✓ Anstiegszeit, Überschwingweite,...

# Lineare Eingrößensysteme (SISO)

## PID-Reglerentwurf

- **Heuristische Einstellregeln**

Suche nach günstigen Reglerparametern mit Hilfe von Experimenten.

- **Reglerentwurf anhand des PN-Bildes des geschlossenen Kreises („Wurzelortskurvenverfahren“)**

Durch die Auswahl eines geeigneten Reglers werden dem geschlossenen Kreis bestimmte Pole zugewiesen. Hierfür notwendig ist bekannter Zusammenhang zwischen Polstellen und Zeitverhalten des geschlossenen Kreises.

- **Reglerentwurf anhand der Frequenzkennlinie der offenen Kette („Frequenzkennlinienverfahren“)**

Durch die Auswahl eines geeigneten Reglers wird das Verhalten der Frequenzkennlinien (Bodediagramm) des offenen Kreises gezielt verändert. Hierfür notwendig ist ein bekannter Zusammenhang zwischen Kennwerten des Bodediagramms der offenen Kette und dem Zeitverhalten des geschlossenen Kreises.



# Lineare Eingrößensysteme (SISO)

## Reglerentwurf

### Eine einfache heuristische Einstellregel (Ziegler/Nichols)

Voraussetzung: Die Regelstrecke ist stabil und kann zeitweise im grenzstabilen Bereich betrieben werden.

1. Der Regelkreis wird mit Hilfe eines P-Reglers geschlossen.
2. Die Reglerverstärkung wird solange erhöht, bis der geschlossene Kreis nach einer Sollwertänderung eine Dauerschwingung ausführt. Die dabei eingestellte Reglerverstärkung heißt  $k_{\text{krit}}$ , die Periodendauer der Schwingung  $T_{\text{krit}}$ .
3. Die Reglerparameter werden entsprechend Tabelle 9.1 (unten) festgelegt.

Kritische Verstärkung und Periodendauer sind bekannt	P	$k_P = 0,5 k_{\text{krit}}$
	PI	$k_P = 0,45 k_{\text{krit}}, T_I = 0,85 T_{\text{krit}}$
	PID	$k_P = 0,6 k_{\text{krit}}, T_I = 0,5 T_{\text{krit}}, T_D = 0,12 T_{\text{krit}}$

# Lineare Mehrgrößensysteme (MIMO)

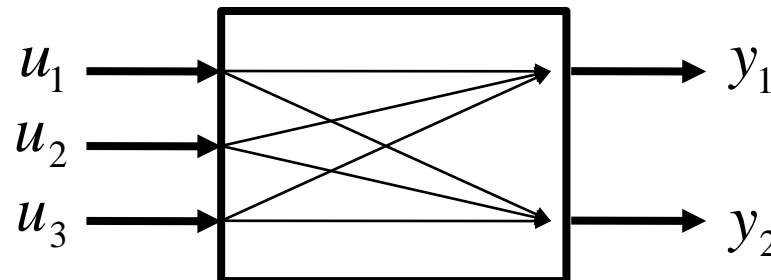
## SISO-Systeme versus MIMO-Systeme

### SISO-System (Eingrößensysteme)



**Eine** Regelgröße wird mit Hilfe **einer** Stellgröße auf einen vorgegebenen Sollwert gebracht.

### MIMO-System (Mehrgrößensysteme)



Es müssen **mehrere Regelgrößen** mit Hilfe **mehrerer Stellgrößen** auf **mehrere** vorgegebene **Sollwerte** gebracht werden.

# Lineare Mehrgrößensysteme (MIMO)

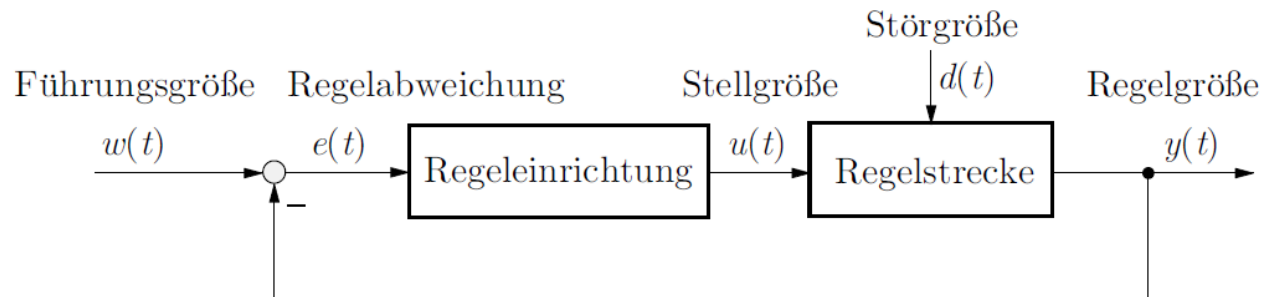
## Wann ergeben sich z.B. MIMO-Systeme?

- **Starke Wechselwirkung von Zuständen der Strecke**
  - ✓ z.B. Regelung der Fahrzeugaufbaubewegung (Komfort vs. Fahrzeugsicherheit)
- **Regelziele erfordern koordinierten Eingriff mehrerer Stellglieder**
  - ✓ z.B. Torque Vectoring (Einzelradantriebe)
- **Regelziele müssen für mehrere Zustände spezifiziert werden**
  - ✓ z.B. Stabilitätsregelung (Gierrate, Schwimmwinkel)
- **Regelungsziele müssen für örtlich verteilte Zustände spezifiziert werden**
  - ✓ z.B. Platooning

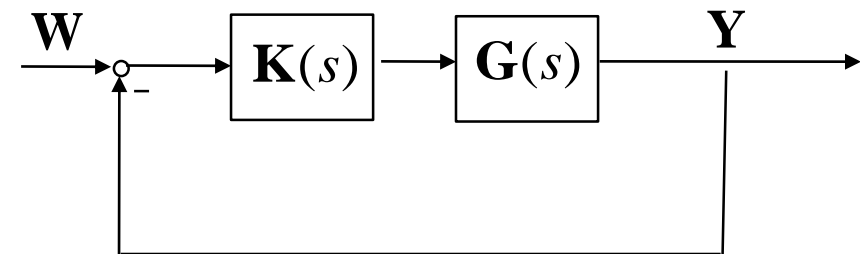
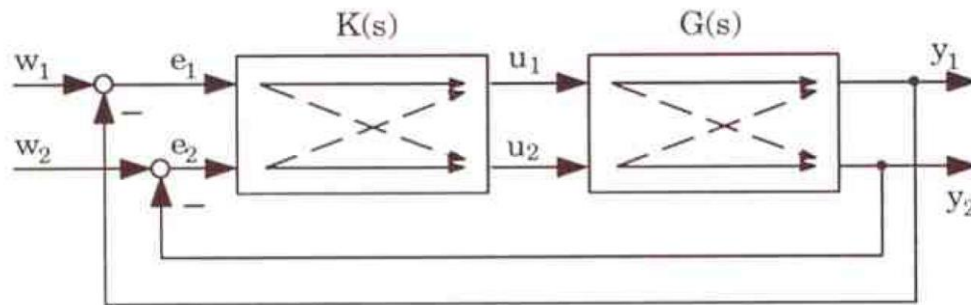
# Lineare Mehrgrößensysteme (MIMO)

## Regelkreisstruktur - Standardregelkreis

### Grundstruktur SISO-System



### Grundstrukturen MIMO-System



# Lineare Mehrgrößensysteme (MIMO)

## Lösungsmethoden für MIMO-Regelsysteme

### Verallgemeinerung von SISO-Methoden...

- Beschreibung dynamischer Systeme  
(Zustandsraummodelle, Übertragungsfunktionsmatrizen,...)
- Charakterisierung dynamischer Systeme (EW und Polstellen)
- Stabilitätsanalyse (Nyquist)
- Reglerentwurf: Einstellregeln auf Basis von Experimenten,  
Polzuweisung

### ...plus neue Methoden

- Charakterisierung der Strecke: Steuerbarkeit und  
Beobachtbarkeit
- Reglerentwurf: Optimale Regelung
- Entwurf von Beobachtern für Strecke und Regler

# Inhalte der Lehrveranstaltung

## Überblick

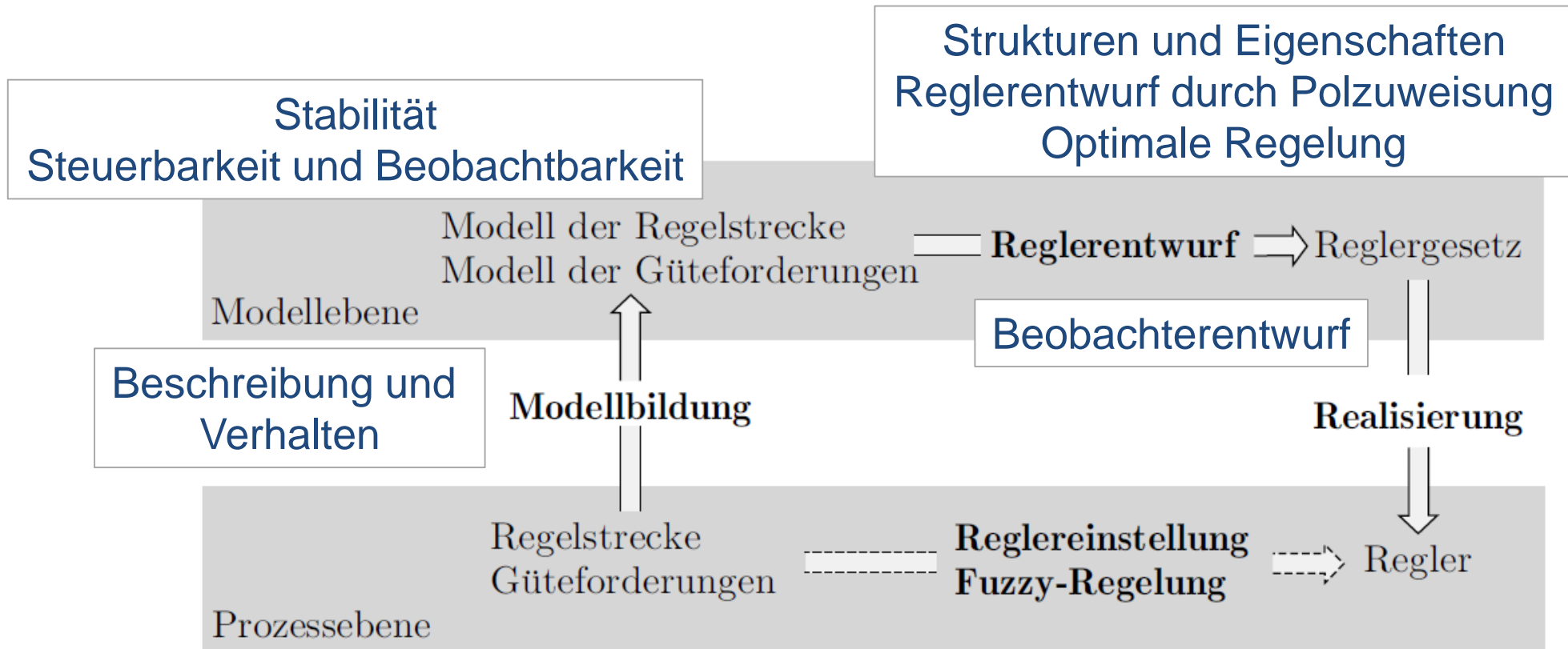
- **Analyse von Mehrgrößensystemen**
  - Beschreibung und Verhalten
  - Stabilität
  - Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit
  
- **Entwurf von Mehrgrößenregelkreisen**
  - Strukturen und Eigenschaften
  - Reglerentwurf durch Polzuweisung
  - Optimale Regelung
  - Beobachterentwurf
  
- **Eigenständige Bearbeitung von Übungsaufgaben**



[Zeitplan & Literatur](#)

# Inhalte der Lehrveranstaltung

## Überblick



# **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**