

Dr.-Ing. Fateme Bakhshande / Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Söffker

Ort: MD 162/MC 122

Zeit: Mo 11.00 - 14.00 Uhr

Betreuende wiss. Mitarbeiterin:

Dr.-Ing. Sandra Rothe

Url: <http://www.uni-due.de/srs/v-sd.shtml>



## Manuskript

Hinweis 1:

Die Zusammenstellung der Lehrinformationen ist nur für den Gebrauch innerhalb dieser Veranstaltung bestimmt und außerhalb dieser Veranstaltung unzulässig. Es gilt das Urheberrecht.

Hinweis 2:

Die wiedergegebenen Abbildungen entstammen z. T. – wenn nicht anders angegeben - dem der Veranstaltung zugrundeliegenden Lehrbuch sowie dem ehemaligen Vorlesungsmanuskript von Prof. Schwarz und deren Urheberrechtsansprüchen. Die Verwendung ist daher ausschließlich für den Gebrauch innerhalb dieses Lehrzweckes bestimmt.

Hinweis 3:

Jegliche Weitergabe sowie jegliche öffentliche Publikation ist auf Grund der eingeschränkten Nutzungsrechte unzulässig. Der Lehrstuhl SRS untersagt zur Vermeidung straf- und zivilrechtlicher Konsequenzen explizit jede Nutzung und Verwendung der Unterlagen außerhalb der individuellen, persönlichen, nicht kommerziellen Nutzung im Rahmen dieser Lehrveranstaltung.

Lehrstuhl SRS - Lehrveranstaltungen

https://www.uni-due.de/srs/Lehrveranstaltungen.shtml

Forschungsschwerpunkte

Fakultätsschwerpunkte

Veröffentlichungen

Zusammenarbeit

Öffentliches

Anstehende Termine

Frühere Termine

### Wintersemester 2019/2020

- Lehrangebot Wintersemester 2019/2020 [\[PDF\]](#)
- Lehrablauf des Wintersemester 2019/2020 [\[PDF\]](#)
- Lehrablauf Praktikum SD und RT Wintersemester 2019/2020 [\[PDF\]](#)
- Lehrablauf Praktikum RTh Wintersemester 2019/2020 [\[PDF\]](#)
- Lehrablauf Praktikum ACL Wintersemester 2019/2020 [\[PDF\]](#)

**Grundsätzlicher Hinweis:**

Hinweise, Details und Aktualisierungen zu Veranstaltungen des Lehrstuhls finden Sie grundsätzlich NUR auf unseren Webseiten bzw. unseren Aushängen (und z. B. nicht im LSF-System). Der Lehrstuhl SRS nutzt das MOODLE System nur für die Praktikumsterminplanungen.

Alle relevanten Prüfungsinformationen finden Sie auf der zentralen Seite [Prüfungsinformationen](#)

Fall term 19/20

Wintersemester 19/20

	Veranstaltung	Dozent	Tag	Beginn		
		Ort	Zeit	Ende	Prüfung	Hinweis
BACHELOR	Systemdynamik (V, Ü)	Bakhshande /Söffker/ Mitarbeiter/in	Montag	14.10.	Im Prüfungszeitraum, schriftlich, closed book	
		MC 122 und MD 162	11.00 – 14.00 Uhr	16.12.		

v.uni-due.de/imperia/md/content/srs/aktuelles/lehrablauf\_praktikum-acL\_wise19-20\_v2.pdf



Veranstaltung	Systemdynamik (1V, 1Ü, 1P)
Zielgruppe	<b>Studierende Maschinenbau (Bachelor) PO08, PO15</b> <b>Studierende Wirtschaftsingenieurwesen PO04, PO08</b> Schiffstechnik aller Prüfungsordnungen Lehrämter (Maschinenbau etc.), (in Kombination mit Systemdynamik als Ersatz für Regelungstechnik_alt, mit Studienbeginn seit WiSe 2001/02)
URL der Veranstaltung	<a href="http://www.uni-due.de/srs/v-sd.shtml">http://www.uni-due.de/srs/v-sd.shtml</a>
Dozent/innen	Dr.-Ing. Fateme Bakhshande/Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Söffker
Betreuende/r wissenschaftliche/r Mitarbeiter/in	Dr.-Ing. Sandra Rothe
Ort	MC 122 und MD 162 (mit Videoübertragung)
Tag	Montag
Zeit	11.00 – 14.00 Uhr
Erste Veranstaltung	14.10.
Letzte Veranstaltung	16.12.
Sprechstunde	Donnerstag, 10.00-11.30 Uhr, MB 326
Zugrundeliegendes Lehrbuch (als Textbook)	Lunze, J.: Regelungstechnik 1, Springer, 3. Auflage, 2001 (Lehrbuch) oder neuer <b>&gt; L</b> <b>(online verfügbar)</b>
Weitere Literaturempfehlung	Franklin, G.F.; Powell, J.D.; Emami-Naeini, A.: Feedback Control of Dynamic Systems, Prentice Hall 2002 Dorf, R.C.; Bishop, R.H.: Modern Control Systems, Pearson, 2005. Unbehauen, H.: Regelungstechnik I, Vieweg, 2000. Lunze, J.: Automatisierungstechnik, Oldenbourg, 2003
Vorlesungseinteilung	1 Begrifflichkeiten, Rückkopplung, Technische Regelung (L 1 – 2.10) 2 Dynamische Systeme, Systemdynamik, Beschreibung dynamischer Systeme (L 3.1-3.2,4.1) 3 Beschreibung linearer Systeme (L 4.1-4.3.3) 4 Verhalten linearer Systeme (L 5.1.1, L 5.1.2-5.2)

	<p>5 Zeitverhalten Regelkreiselemente und Regelkreise (L 5.6)</p> <p>6 Fragen / Klausurbesprechung / Übung</p>
<b>Zur Veranstaltung</b>	<p>Die Veranstaltung wird über 9 Wochen exakt in den angegebenen Zeiten angeboten. Die Veranstaltung beinhaltet zunächst nur Vorlesungen, zum Ende nur Übungen.</p> <p>Grundlage der Veranstaltung ist das angegebene Lehrbuch (&gt; in der Lehrbuchsammlung wie über die Bibliothek als pdf verfügbar). Die zentralen Lehrunterlagen sind als verschlüsselte PDF-Dokumente über die WEB-Seite der Veranstaltung verfügbar.</p> <p>Zu jeder Vorlesungseinheit wird ein Rohmanuskript herausgegeben, welches <b>ab Vorlesungsbeginn</b> unter der Adresse <a href="http://www.uni-due.de/srs/v-sd.shtml">http://www.uni-due.de/srs/v-sd.shtml</a> heruntergeladen werden kann. Dieses dient der Strukturierung der persönlichen/personalisierbaren Mitschrift. Das Passwort wird in der Vorlesung bekanntgegeben und kann ggf. im Sekretariat des Lehrstuhls persönlich nachgefragt werden.</p> <p>Zur Vorbereitung/Nachbereitung der Vorlesung wird dringend empfohlen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>den vorangegangenen Stoff aufzuarbeiten,</b></li> <li>➤ <b>an der Übung teilzunehmen</b></li> <li>➤ <b>sowie den kommenden Stoff in den angegebenen Kapiteln bereits vorab lesend (im angegebenen Lehrbuch/Textbook) zu erarbeiten.</b></li> </ul> <p>Bitte beachten Sie: Seit WiSe2012/13 ist die Kenntnis der Vorlesungsinhalte der Veranstaltung Systemdynamik Voraussetzung für den Besuch und die Klausur der Veranstaltung Regelungstechnik.</p>
<b>Praktikum</b>	<p>3 Versuche (ms, dr, hs)</p> <p>Das Praktikum ist eine eigenständige Prüfungsleistung und wird separat benotet.</p>
<b>Prüfung</b>	<p>Schriftliche Prüfung, closed book, im Prüfungszeitraum.</p>

<b>Veranstaltung</b>	<b>Praktikum Systemdynamik und Regelungstechnik (1P)</b>  bestehend aus 3 Versuchen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellbildung und Simulation (ms) (<b>WiSe</b>)</li> <li>• Druckregelung (dr) (<b>WiSe</b>)</li> <li>• Elektrohdraulisches Servosystem (hs) (<b>SoSe</b>)</li> </ul>
<b>Pflichtveranstaltung mit Anwesenheitspflicht für:</b>	Studierende Maschinenbau (Bachelor), Studierende Mechanical Engineering (ISE) Bachelor
<b>Keine Pflicht für:</b>	Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor) PO04/08/15 Studierende Lehrämter (Maschinenbau etc.) mit Studienbeginn seit WiSe 2001/02 → Für interessierte Kandidat/inn/en bieten wir eine explizit als solche ausgewiesene, begrenzte Anzahl an Plätzen an.
<b>URL der Veranstaltung</b>	<a href="http://www.uni-due.de/srs/v-rt-an1-Praktikum.shtml">http://www.uni-due.de/srs/v-rt-an1-Praktikum.shtml</a>
<b>Dozent/innen</b>	Promovierende des Lehrstuhls SRS
<b>Koordination</b>	Dr.-Ing. Sandra Rothe, praktikum-srs@uni-due.de
<b>Datum Antestat</b>	<b>Wiederholtermine Regelungstechnik (hs):</b> 14.10.2019, Raum MC 122/MD 162  <b>Systemdynamik (ms/dr):</b> 02.12.2019, Raum MC 122/MD 162  <b>Genaue Uhrzeiten und Sitzplatznummern werden jeweils vorher auf unserer Homepage veröffentlicht.</b>
<b>Erste Versuche</b>	<b>Wiederholtermine Regelungstechnik (hs):</b> KW 43  <b>Systemdynamik (ms/dr):</b> KW 50
<b>Letzte Versuche</b>	KW 5 2020
<b>Zeit (Versuche)</b>	Täglich, Termine in der Zeit von 8.00-17.00 Uhr
<b>Ort (Versuche)</b>	MB 323 (ms), MB 325 (dr), MB 025 (hs)
<b>Sprechstunde</b>	Donnerstags, 10.00 - 11.30 Uhr, MB 326
<b>Skripte</b>	Auf der SRS Homepage sind die Skripte für die Versuche hinterlegt. Diese sind bis zum Termin des Antestates durchzuarbeiten, da sie die Grundlage für die Inhalte des



	Antestates bilden.
<b>Gesamtpraktikum</b>	Die drei Versuche (ms, dr, hs) müssen innerhalb eines Jahres in der Sequenz Systemdynamik-Regelungstechnik (+für Wiederholer in der Wiederholphase des jeweils darauf folgenden Semesters) vollständig bestanden sein. Praktika, die nach dieser Frist nicht abgeschlossen sind, werden als unvollständig mit einer 5,0 gewertet; Versuche aus älteren Semestern verfallen.
<b>Antestat</b>	Voraussetzung für die Teilnahme an den praktischen Versuchen zur Vorlesung Systemdynamik (SD) im Wintersemester ist die erfolgreiche Teilnahme an dem zentralen Antestat (SD). <b>Dieses Antestat wird ausschließlich an dem o.g. Datum angeboten. Es besteht keine (!) Möglichkeit, den Termin des Antestates zu verschieben bzw. das Antestat im laufenden Semester zu wiederholen.</b> Die Wiederholung eines nicht bestandenen Antestates findet in der ersten Semesterwoche des nächsten Semesters statt. Eine Teilnahme an den Versuchen ohne erfolgreiches Bestehen des jeweiligen Antestates ist nicht möglich.
<b>Anmeldung</b>	<b>Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt durch die verbindliche Anmeldung beim Prüfungsamt. Hier gelten die Anmeldefristen des Prüfungsamtes für Klausuren (üblicherweise in der 5. und 6. Semesterwoche).</b> Die Anmeldung zum Praktikum ist gültig für die gesamte Dauer des Praktikumdurchlaufs (ein Jahr). Eine erneute Anmeldung im Sommersemester ist somit nicht erforderlich. Eine Erstanmeldung zum Praktikum im Sommersemester ist nicht möglich.  Eine Abmeldung vom Praktikum ist bis spätestens 1 Woche (volle 7 Tage) vor dem Antestattermin per Mail an praktikum-srs@uni-due.de möglich. Ein Nicht-Erscheinen hat das Durchfallen bei allen drei Versuchen zur Folge.
<b>Gruppeneinteilung</b>	Die zugelassenen Teilnehmer werden in Gruppen zu je 5 Studierenden zu festen Praktikumsterminen zugeordnet. Ein zentraler Service des Lehrstuhls zum Tauschen von Terminen wird nicht zur Verfügung gestellt, jedoch wird in moodle ein Tauschforum (Systemdynamik und Regelungstechnik - Pflichtpraktikum (WiSe 19/20)) eingerichtet. Die Teilnehmer können ihre Termine mit einem/einer anderen angenommenen Student/in auf eigenes Risiko tauschen. Im Zweifel hat der ursprünglich einem Termin zugeordnete Teilnehmer den Vorrang. Der betreuende Doktorand muss zu Beginn des Versuchs über einen Tausch informiert werden. Die Zugangsberechtigung wird vor jedem Versuch individuell kontrolliert. Nicht zugelassene Studierende können nicht an den Versuchen teilnehmen.

Benotung / Nichtbestehen	Ihre Leistungen bei den Versuchen werden benotet:								
Weitere Hinweise	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kriterium</th><th>Note</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Beide Antestate (SD und RT) werden beim 1. Versuch bestanden <b>und</b> - aktive Teilnahme an dem Versuch.</td><td>1,0</td></tr> <tr> <td>- Eines der beiden Antestate wurde einmal nicht bestanden, jedoch beim Wiederholungstermin bestanden <b>oder</b> - Keine aktive Teilnahme an dem Versuch.</td><td>3,0</td></tr> <tr> <td>- Zweimaliges Nicht-Bestehen eines Antestates <b>oder</b> - Nicht-Erscheinen/Zuspätkommen.</td><td>5,0 (nicht bestanden)</td></tr> </tbody> </table> <p>Bei einer 5,0 müssen alle drei Versuche wiederholt werden. Die Noten werden dem Prüfungsamt gemeldet und werden wie andere Prüfungsleistungen (z. B. Klausurnoten) gehandhabt.</p> <p>Das Bestehen des Praktikums ist an folgende Kriterien geknüpft:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Antestat: Zugangsvoraussetzung zur Teilnahme an den praktischen Versuchen ist das erfolgreiche Bestehen der beiden zentralen Antestate: Eines für die Versuche Systemdynamik (Wintersemester), und eines für den Versuch Regelungstechnik (Sommersemester).</li> <li>2) Pünktliche Anwesenheit: Das Praktikum beginnt exakt zur angegebenen Zeit. Bei Teilnehmern, die bis spätestens 5 Minuten nach Beginn des Praktikums nicht erschienen sind, behalten wir uns vor die Teilnahme zu verweigern.</li> <li>3) Feststellung der Identität: Zur Feststellung der Identität ist der Studierendenausweis, der Personalausweis oder ein Aufenthaltstitel am Antestatstermin sowie vor den jeweiligen Versuchen vorzulegen.</li> <li>4) Aktive Teilnahme am praktischen Versuch.</li> </ol> <p><b>Achtung:</b> Die Versuche für das Fach Systemdynamik (ms und dr) können auf Grund des Vorlesungsbezugs ausschließlich im Wintersemester absolviert werden; der Versuch für das Fach Regelungstechnik (hs) kann ausschließlich im Sommersemester durchgeführt werden. Wiederholversuche (aufgrund von Nichtbestehens) oder Nachholversuche (aufgrund von z. B. Krankheit) können ausschließlich in der ersten Semesterwoche des jeweils folgenden Semesters absolviert werden.</p>	Kriterium	Note	- Beide Antestate (SD und RT) werden beim 1. Versuch bestanden <b>und</b> - aktive Teilnahme an dem Versuch.	1,0	- Eines der beiden Antestate wurde einmal nicht bestanden, jedoch beim Wiederholungstermin bestanden <b>oder</b> - Keine aktive Teilnahme an dem Versuch.	3,0	- Zweimaliges Nicht-Bestehen eines Antestates <b>oder</b> - Nicht-Erscheinen/Zuspätkommen.	5,0 (nicht bestanden)
Kriterium	Note								
- Beide Antestate (SD und RT) werden beim 1. Versuch bestanden <b>und</b> - aktive Teilnahme an dem Versuch.	1,0								
- Eines der beiden Antestate wurde einmal nicht bestanden, jedoch beim Wiederholungstermin bestanden <b>oder</b> - Keine aktive Teilnahme an dem Versuch.	3,0								
- Zweimaliges Nicht-Bestehen eines Antestates <b>oder</b> - Nicht-Erscheinen/Zuspätkommen.	5,0 (nicht bestanden)								

# Veranstaltungsablauf WiSe 2019/20

Winter term time table

(Leitung/Head: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Söffker) (V0, August 2019)

## Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik

Chair of Dynamics and Control

Veranstaltung Course	Kalenderwoche Calendar week	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	2	3	4	5	Prüfung Exam
Systemdynamik	v-sd															<b>Schriftlich</b> Written
Control Engineering	v-ce															<b>Schriftlich</b> Written
Control Theory	v-cth															<b>Schriftlich</b> Written
Functional Safety	v-fs															<b>Schriftlich</b> Written
Notlauf und Diagnose (Söffker/Wolters)	v-ndts															<b>Schriftlich</b> Written
Prozessautomatisierungs- technik (Jelali)	v-pat															<b>Schriftlich</b> Written
Advanced Control Lab 1*	p-ac1															<b>Antestat+Bericht</b> Attestation+Report
Praktikum/Practical Exercise SD/CE*	p-rt															<b>Antestat</b> Attestation
Praktikum/Practical Exercise CTh/RTh*	p-cth/rth															<b>Antestat</b> Attestation
Vorbereitungspraktikum/ Preparatory Practical Exercise CE	p-pce															-
Mechatroniklabor/ MachineLab/ Teamprojekt/ Praxisprojekt	l-me/ma/te/pr															<b>Abschluss- präsentation</b> Final presentation

### Legende:

Vorlesung, Übung/Lecture, Exercise	
Veranstaltung, geblockt/Blocked course	
Praktika/Practical Exercises	
Labor/Labs	
Prüfung, Antestat/Exam, Attestation	

**\* Bitte beachten Sie den gesonderten Veranstaltungsablauf für die Praktika Regelungstechnik und Systemdynamik, Regelungstheorie sowie Advanced Control Lab.**

Please consider the separate time table for the practical exercises Control Engineering and System Dynamics, Control Theory as well as Advanced Control Lab.



Lehrstuhl  
Steuerung, Regelung  
und Systemdynamik

Veranstaltung Systemdynamik  
D. Söffker  
VE-1: Formales, Begriffe, Prinzipien





**Wintersemester 2019-20 / Winter term 2019-20**

Semesterwoche/-week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Anmeldung/Registration					MB: HISinOne		ISE: Registrations in summer term also valid for following winter term.								
Antestat/Attestation	Wiederh./ Resits (RT, SDe)							SD, CE							
Versuche/Labs		Wiederh. /Resits (hs, ms, dr)							SD (ms, dr)/CE (hs)						
Vorlesung/Lecture	Vorlesung SD/Lecture CE														

**Sommersemester 2020 / Summer term 2020**

Semesterwoche/-week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Anmeldung/Registration					ISE: HISinOne		MB: Anmeldungen des WiSe gelten auch für das folgende SoSe.								
Antestat/Attestation	Wiederh./ Resits (SD, CE)								RT, Sde						
Versuche/Labs		Wiederh. /Resits (hs, ms, dr)								RT (hs)/SDe (ms, dr)					
Vorlesung/Lecture	Vorlesung RT/Lecture SDe														

**Wichtig!**

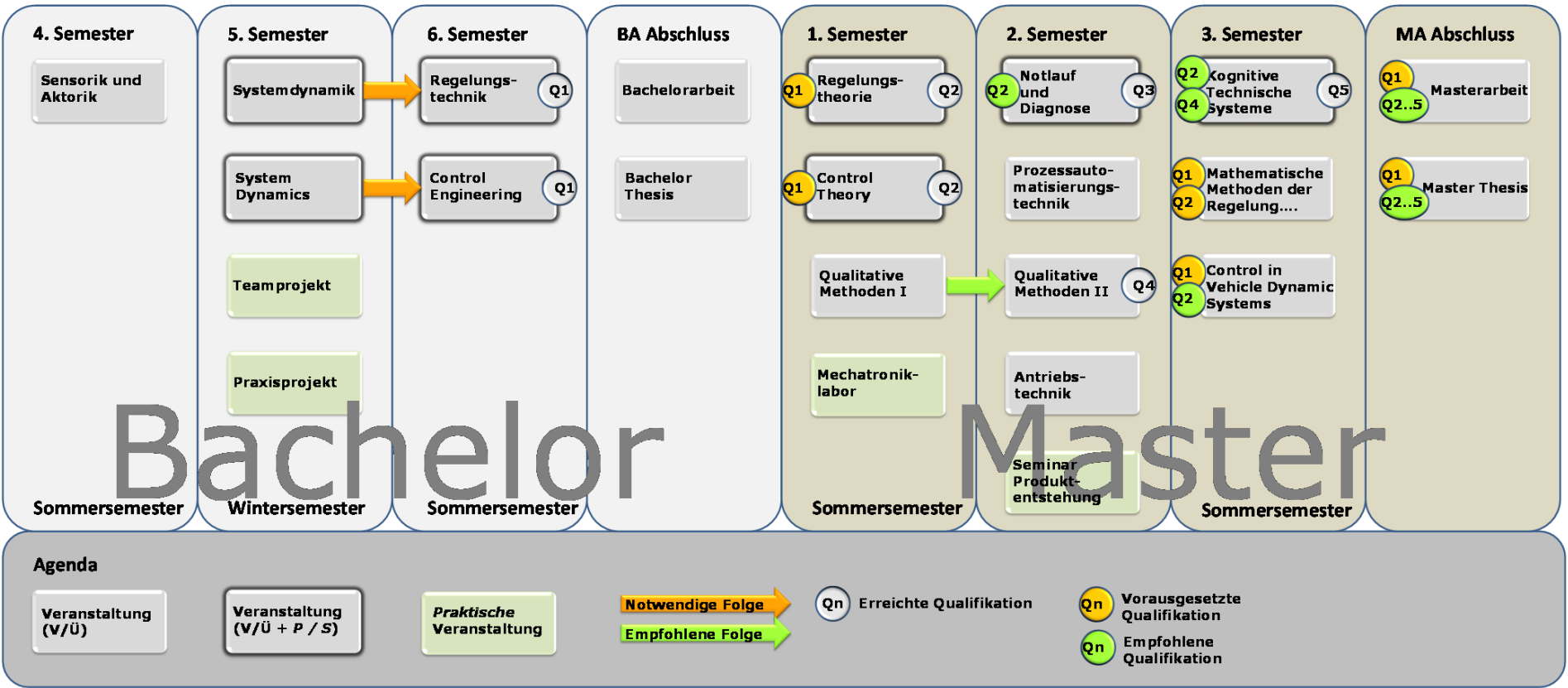
In der 5. und 6. Semesterwoche muss die **Anmeldung im Prüfungsamt** zum Praktikum erfolgen. **Ohne gültige Anmeldung ist keine Teilnahme am Praktikum möglich!** Eine Abmeldung vom Praktikum ist nur bis spätestens 1 Woche vor dem Antestattermin per Mail an praktikum-srs@uni-due.de möglich.

**Important!**

In the 5th and 6th week of the term you have to **register at the Examination Office** for the practical exercise. **Without valid registration a participation in the labs is not possible!** You may unsubscribe from the labs date at least 1 week before the attestation date only by mail to praktikum-srs@uni-due.de.



# Lehrangebot Lehrstuhl SRS (empfohlene Veranstaltungsfolge, Stand 03.11)



### **Sprechen wir über die Probleme (heute: Herausforderungen)**

- Was ist so schwierig an der Regelungstechnik?
- Warum fällt das Fach einigen Studierenden besonders schwer?
- Warum ärgert es mich (Söffker,) wenn Studenten wegen der Regelungstechnik länger für Ihr Studium benötigen als nötig?
- Warum erzählen **einige** Studierende interessante Geschichten und wissen dann nicht, wie einfach und schematisch Vorlesungen, Übungen und Praktika organisiert sind, bzw. erleiden empfundene Nachteile?

### **Kurze Antworten:**

- Wer nicht präsent ist, kann nicht zuhören.
  - > Persönliche und mentale Anwesenheit in Vorlesung und Übung
- Regelungstechnik und Systemdynamik sind anders und für viele Studierende eine (leistbare) Herausforderung.
- Ich ärgere mich deswegen, weil wir die Probleme kennen, viele Hinweise und Angebote geben, und diese von einigen nicht wahrgenommen werden, z. B. weil sie nicht anwesend sind, die Unterlagen und Dokumente nicht gelesen werden, die Termine (Praktikum) nicht beachtet werden etc.

### **Was ist die Optimalstrategie zum schnellen und guten Bestehen?**

(falls notwendig: Aufwachen), Zuhören, Lesen, kontinuierlich Lernen, SRS-Angebote wahrnehmen und sich geeignet auf die Klausur vorbereiten

### Lange Antworten zur Herausforderung Systemdynamik/Regelungstechnik Wo ist das Problem und wie lautet die Lösung?

#### Inhalt

- Starke formale, methodische Prägung
- Starke Mathematisierung
- Aufeinander aufbauende Lehrinhalte  
> exponentiell steigendes Tempo

#### Form

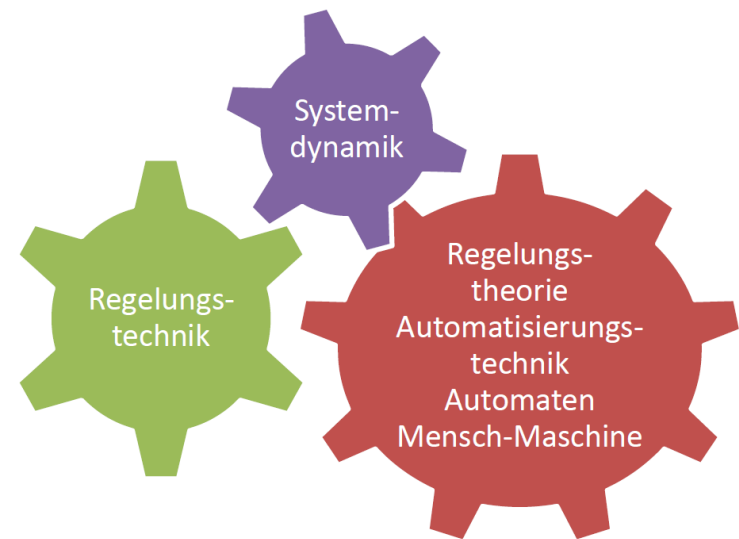
- Mathematisierung führt zu einer sehr starken Abstraktion  
> Übertragbarkeit der Inhalte vs. praktisches Verständnis
- Mathematisierung erfordert mathematisches Verständnis  
> Mathematisches Verständnis notwendig

#### Was tun?

- AUFPASSEN! Dieses Fach ist anders.
- **Zeit investieren, ALLE Angebote des Lehrstuhls wahrnehmen.**  
>> Klausuren und Inhalte verstehen. >> Wir helfen gerne.
- **Kein Halbwissen** (von irgendwo) **aneignen.**



### Was sind die Angebote des Lehrstuhls SRS?



#### Direkt zum Lernen

- Übungen
- Tutorium
- Sprechstunden (im Semester)
- NEU: Repetitorium
- Tutoriumsunterlagen für Zuhause
- 'Zeitmanagement'

#### Klausurrelevantes

- Musterlösungen (ausgewählter Klausuren)
- Klausursammlung
- Wöchentliche Sprechstunden bis zur mdl. EP

#### Formales

- Moodle-freie Vorlesung
- NEU: Vorlesung in jedem Semester
- Zugang zu englischsprachiger Veranstaltung

**... für Ihren Erfolg.**

# 1. Einordnung, Begrifflichkeiten, Rückkopplung, Technische Regelung

## 1.1

### Einordnung > Literatur

- O. Föllinger: Regelungstechnik
- G. Ludyk: Theoretische Regelungstechnik
- H. Unbehauen: Regelungstechnik Bd 1,2,3
- **J. Lunze: Regelungstechnik (> ,Textbook')**
- **K. Ogata: Modern Control Engineering (Bachelor)**

### Einordnung > Zeitschriften

- at-automatisierungstechnik
- ...
- Automatica
- IEEE Transact. on Automatic Control
- System and Control Letters
- Control Engineering Practise
- Nonlinear Dynamics
- Process Control
- ....

## Einordnung > Normen

- DIN 19221f
  - > DIN 19226 Regelungs- und Steuerungstechnik

## Einordnung > Gesellschaften

- VDI/VDE
  - > Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
- IEEE – Institute of Electric and Electronic Engineers
  - > Control System Society
- IFAC - International Federation of Automatic Control

## Einordnung > Diziplin

Messtechnik, Regelungstechnik, Steuerungstechnik, Prozessinformatik  
Automatisierungstechnik  
> Mechatronik (Mechanical Engineering + Electronics)

## Warum ist die Regelungs-/Automatisierungstechnik besonders wichtig?

- Querschnittsdisziplin
- Schlüsseldisziplin
- ‚Enabler‘

15/38



Lehrstuhl  
Steuerung, Regelung  
und Systemdynamik

Veranstaltung Systemdynamik  
D. Söffker  
VE-1: Formales, Begriffe, Prinzipien



## 1.2 Was ist ‚Regeln‘?

> ?

> hier: zentrale betrachtete Eigenschaft von technischen Systemen: Dynamik

> Steuern, Regeln, Interagieren (sprachlich)

> Wirkprinzip / -ablauf (sprachlich)

> Lässt sich der Wirkablauf graphisch darstellen?

> Ursache – Wirkung

> Wirkablauf > ‚Signalfluss‘ >> Wirkdarstellung

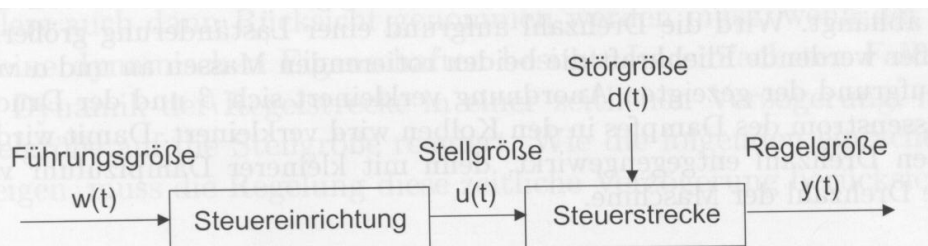
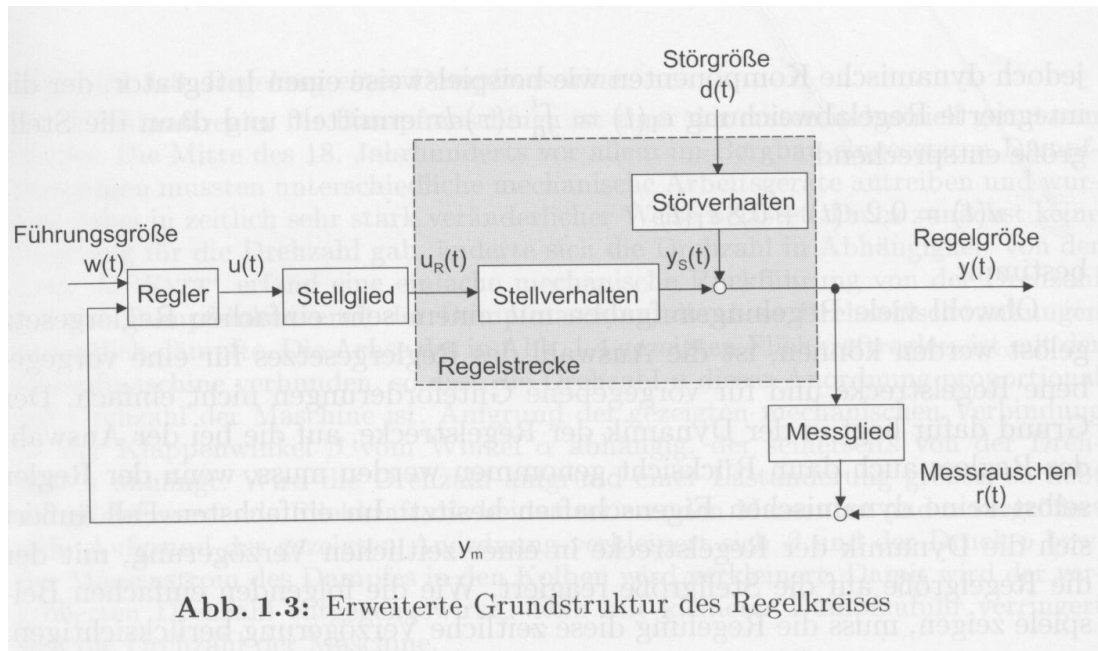


Abb. 1.5: Grundstruktur einer Steuerung

16/38





Was ist der Unterschied zwischen den Darstellungen?

Was ist das ‚Ziel‘ einer Steuerung, einer Regelung, einer Interaktion, was ist der Unterschied?

### Begriff: System



### Definition System:

Durch einen Zweck (z. B. hinsichtlich technisch/physikalischer Zusammenhänge) abgegrenzter Ausschnitt der Realität. Das System steht mit seiner Umwelt in Wechselwirkung, wobei aus der Umwelt Eingangsgrößen (EG) auf das System einwirken und Ausgangsgrößen (AG) vom System auf die Umwelt wirken.

### Beispiel: Kraftfahrzeug

Zusammenhang: Beschleunigen / Verzögern

EG/AG:

Im System:

Nicht im System:

### Begriff: Größe



### Definition Größe:

Verhalten (Eigenschaften / Zustände) innerhalb des Systems bzw. über die Systemgrenzen hinweg, in der Technik üblicherweise technisch-physikalischer Natur. Größen werden zweckabhängig definiert, in der klassischen Regelungstechnik werden meist skalare oder vektorielle Größen betrachtet. Zentrale Eigenschaft der in der Systemdynamik / Regelungstechnik betrachteten Größen ist die Zeitveränderlichkeit der aktuellen Werte.

### Physikalische Welt > Systemdynamische Betrachtung:

Physikalische Größen > Größen im Kontext des Zusammenhanges Ihrer Wirkung

### Begriff: Regelgröße



#### Definition Regelgröße:

Größe, die auf einem gewünschten Wert gehalten werden soll.  
Dieser Wert kann fest (Festwertregelung) oder  
vorgegeben veränderlich sein (Führungsgrößenregelung).

#### Beispiel: Kraftfahrzeug

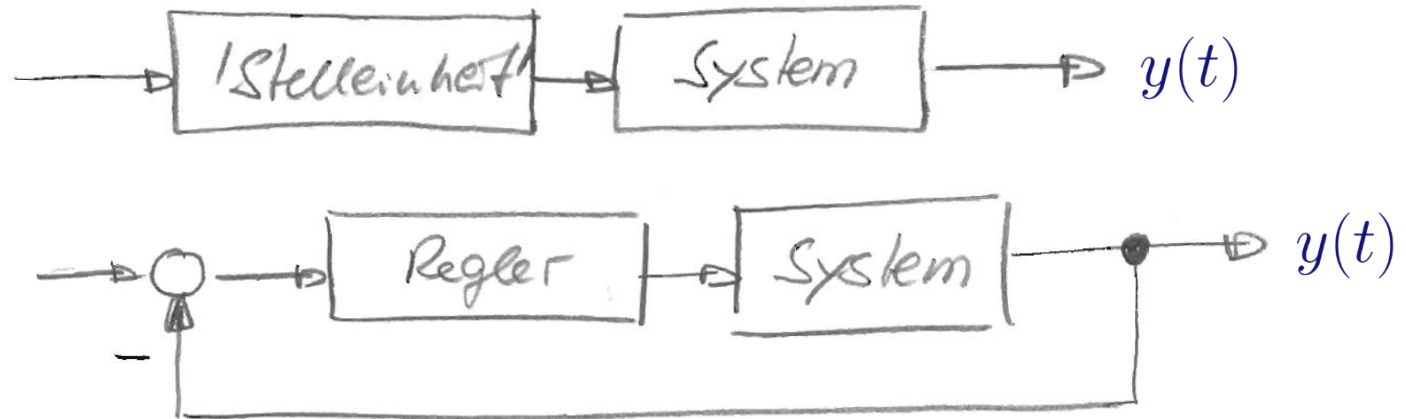
Festwertregelung:

Führungsgrößenregelung:



## 1.3 Grundlegendes – System, Größen und Regelkreis IV

**Begriffe:** - Steuerung  
- Regelung



### Definition Steuerung:

Die Steuerung ist der Vorgang in einem System, bei dem die EG die AG auf Grund der dem System zugrundeliegenden Eigenschaften beeinflussen.

Kennzeichen des Steuerns ist der offene Wirkablauf in einer sog. Steuerkette.

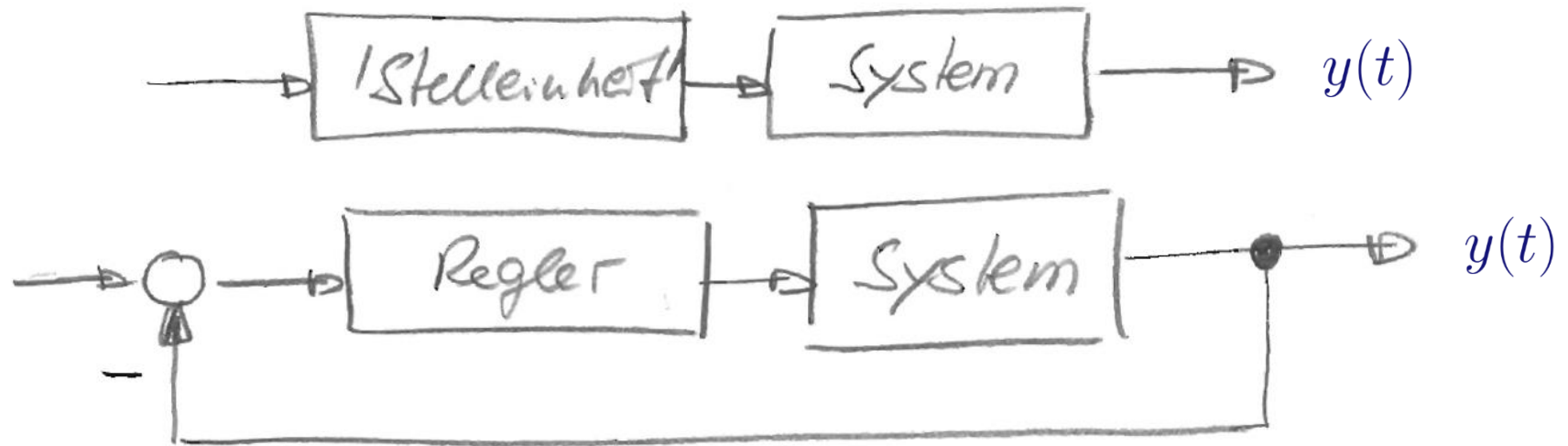
### Definition Regelung:

Die Regelung ist ein Vorgang bei dem die Regelgröße fortlaufend erfasst, mit der Führungsgröße (FG) verglichen und im Sinne einer Angleichung an die FG beeinflusst wird. Die Regelung kann die Aufgabe trotz größerer Störungen erfüllen.

Kennzeichen einer Regelung ist der sog. geschlossene Wirkablauf (im Regelkreis).

## 1.3 Grundlegendes – System, Größen und Regelkreis V

### Beispiel: Steuerung vs. Regelung



### Beispiel Steuerung: Kfz-Geschwindigkeit

Wirkweise:

Vorteil:

Nachteil:

### Beispiel Regelung: Kfz-Geschwindigkeit mit ‚Tempomat‘/(Fahrgeschwindigkeitsregler)

Wirkweise:

Vorteil:

Nachteil:

### Zentral:

Wirkweise wird als Pfeil abgebildet und als Signal aufgefasst  
> Wirkweise > gerichtete Größe

22/38

## 1.3 Grundlegendes – System, Größen und Regelkreis VI

### Begriffe:

#### **Begriff Führungsgröße $w(t)$ :**

Größe, die der Regeleinrichtung von außen zugeführt wird und der die Regelgröße folgen soll.

#### **Begriff Stellgröße $u(t)$ :**

Größe, durch deren Änderung die Regelgröße beeinflusst werden kann. Die Stellgröße (SG) ist die Ausgangsgröße der Regeleinrichtung und damit die Eingangsgröße der zu regelnden Strecke (Regelstrecke).

#### **Begriff Regelabweichung $e(t)$ :**

Größe, die die Differenz zwischen gewünschtem und tatsächlichem Verhalten der Regelgröße abbildet oder darstellt. Es ist eine interne Größe der Regeleinrichtung, die zur Bildung der SG herangezogen wird.

#### **Begriff Störgröße $z(t)$ , $d(t)$ :**

Von außen auf ein System einwirkende Größe, die die beabsichtigte Beeinflussung der Steuerung bzw. der Regelung behindert und entsprechenden Einfluss auf die Regelgröße hat.



### **Begriffe: Strecke, Regler, Übertragungselement, Übertragungssystem**

#### **Definition Strecke / Steuerstrecke / Regelstrecke:**

Die Strecke ist der Teil des Wirkweges, welcher den zu beeinflussenden Teil des Gesamtsystems darstellt.

#### **Definition Regler / (Reglereinrichtung):**

Regler ist der Teil des Wirkweges, welcher die Beeinflussung der Strecke über den Aktor/Aktuator (das Stellglied) bewirkt. (Die Regeleinrichtung enthält zusätzlich eine Einrichtung zum Erfassen der Regelgrößen ((Sensor/Messglied), zum Vergleich von Führungs- und Regelgrößen (Vergleicher) sowie zum Bilden der Stellgröße.))

#### **Definition Übertragungselement:**

Abstrakte Betrachtung eines Systems, dessen Übertragungseigenschaften betrachtet werden. Dieses kann sowohl die Strecke als auch der Regler sein. Hier steht die konkrete Abgrenzung von seiner Umwelt sowie die Klassifizierung hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften im Vordergrund. Die Elemente eines Regelkreises sind aus dynamischer Sicht allesamt Übertragungselemente, die Einordnung innerhalb des Regelkreises erlaubt die weitere Klassifizierung als Strecke oder Regler.

#### **Definition Übertragungssystem:**

Abstrakte Betrachtung eines aus verschiedenen Übertragungselementen zusammengesetzten Systems.



### Begriffe: Stellglied, Übertragungsglied, Messglied

Begriffe der Art ‚xyz-Glied‘ werden typischerweise in Normen (z. B. ehemals DIN 19226) verwendet, um die Geräte/Gerätschaften zu benennen, die in der praktischen Ausführung/Industriepraxis zur Realisierung von Regelkreisen verwendet werden.

#### Synonyme und Bedeutung:

Stellglied: Aktor, Aktuator: realer Mechanismus zur Beeinflussung von Energie- und Massenströmen etc.

Messglied: Sensor, Messaufnehmer, Messwertaufnehmer:  
realer Mechanismus zur messtechnischen Erfassung physikalischer Größen (mechanischer, thermischer, elektrischer, ...) typischerweise erfolgt eine Umwandlung in mechanische/elektrische/zunehmend jedoch digitale Größen

Übertragungsglied: Synonym für die Eigenschaft von xyz-Gliedern die informations-/signaltechnische Größen übertragen.

#### Hinweis:

Wichtig ist die sprachlich begriffliche Trennung von Ebenen, nämlich von

**Signalen / Funktionen** (abstrakt) sowie **Größen** (real), von **Systemen** und **Verhaltensweisen** (abstrakt), sowie von der **physikalisch/technischen Realisierung** (real) und der **mathematisch abstrakten Darstellung** (z. B. durch Gleichungen), die sich entsprechend in den Begriffen und Bezeichnungen niederschlägt.

In der älteren Literatur (sowie einigen unreflektierten aktuellen Lehrbüchern) sowie in praxisnahen Darstellungen werden die verschiedenen Betrachtungsebenen oft nicht getrennt,

was den späteren Zugang zu neuen informationstheoretisch orientierten Regelungskonzepten nicht erleichtert.

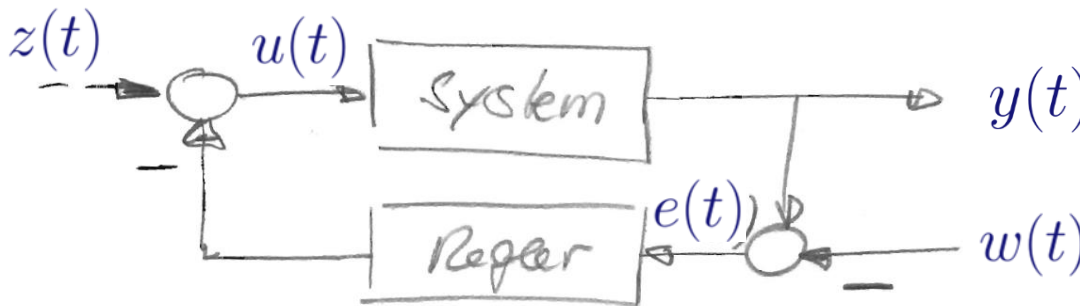
25/38



## 1.4 Ziele der Regelung / Vorgehensweise

### Aus der Definition:

Die Regelung ist ein Vorgang bei dem die Regelgröße fortlaufend erfasst, mit der Führungsgröße (FG) verglichen und im Sinne einer Angleichung an die FG beeinflusst wird. Die Regelung kann die Aufgabe trotz größerer Störungen erfüllen. Kennzeichen einer Regelung ist der sog. geschlossene Wirkablauf (im Regelkreis).



### Ziele:

- > Beeinflussung des dynamischen Verhaltens
  - Verhalten der Regelgrößen
  - Stabilität des Systems
  - Schnelles Angleichen der Regelgröße zur Führungsgröße
  - Schnelles Ausgleichen der Wirkung der Störgröße auf die Regelgröße

### Vorgehensweise/Grundprinzip:

- Vergleich von Soll und Ist
- Rückführung der Differenz
- Geeignete dynamische Beeinflussung der Rückführung >> **Reglerentwurf**

# 1.5 Beispiele

## 1.5.1 Heizung

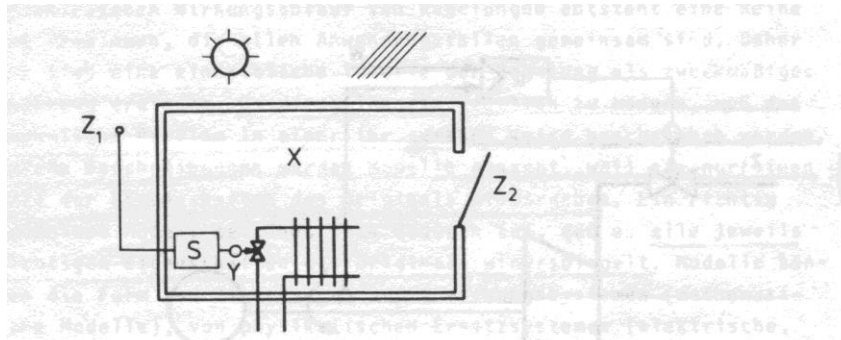


Bild 1-3: Raumtemperatursteuerung

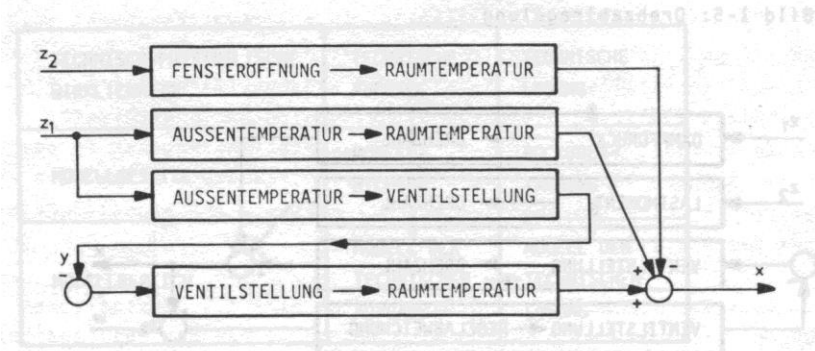


Bild 1-4: Schematische Darstellung der Raumtemperatursteuerung

nach: Rake, Regelungstechnik A (Skript), RWTH Aachen, 1984

## 1.5.1 Heizung - Fortsetzung

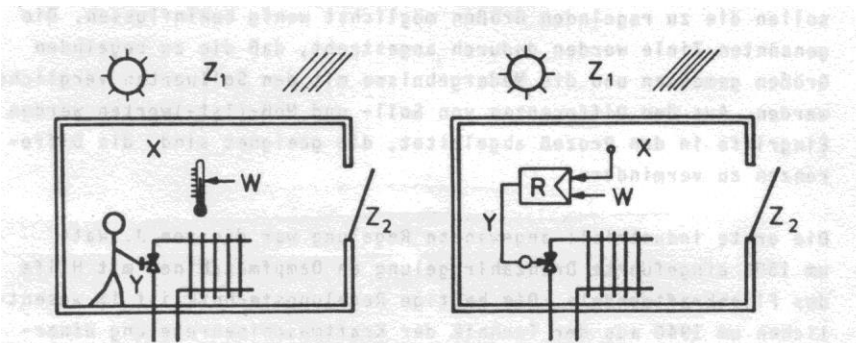


Bild 1-1: Raumtemperaturregelung von Hand und automatisch

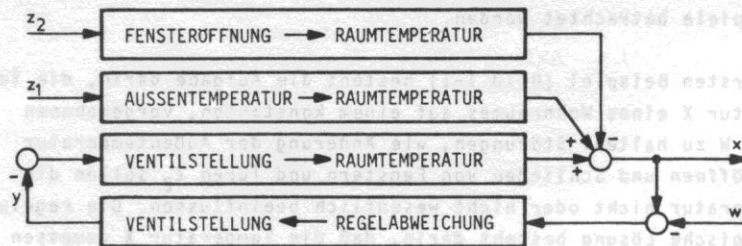


Bild 1-2: Schematische Darstellung der Raumtemperaturregelung

nach: Rake, Regelungstechnik A (Skript), RWTH Aachen, 1984

### **Begriffe und Benennungen**

**System:**

Durch einen Zweck (z. B. hinsichtlich technisch/physikalischer Zusammenhänge) abgegrenzter Ausschnitt der Realität. Das System steht mit seiner Umwelt in Wechselwirkung, wobei aus der Umwelt Eingangsgrößen (EG) auf das System einwirken und Ausgangsgrößen (AG) vom System auf die Umwelt wirken.

**Größe:**

Verhalten (Eigenschaften / Zustände) innerhalb des Systems bzw. über die Systemgrenzen hinweg, in der Technik üblicherweise technisch-physikalischer Natur. Größen werden zweckabhängig definiert, in der klassischen Regelungstechnik werden meist skalare oder vektorielle Größen betrachtet. Zentrale Eigenschaft der in der Systemdynamik / Regelungstechnik betrachteten Größen ist die Zeitveränderlichkeit der Größe, d.h. die jeweils aktuellen Werte.

**Regelgröße:**

Größe, die auf einen gewünschten Wert gehalten werden soll, typischerweise auf der Ausgangsseite des Systems. Die Regelgröße soll typischerweise gleich der Führungsgröße sein.

**Steuerung:**

Als Steuerung wird d Vorgang in einem System bezeichnet, bei dem die Eingangsgrößen (EG )die Ausgangsgrößen (AG) auf Grund der dem System zugrundeliegenden Eigenschaften beeinflussen. Kennzeichen der Steuerung ist der weitgehend **offene Wirkablauf** in einer sog. ‚Steuerkette‘.

**Regelung:**

Als Regelung wird ein Vorgang bezeichnet, bei dem die Regelgröße **fortlaufend** erfasst (gemessen), mit der Führungsgröße (FG) verglichen und im Sinne einer Angleichung an die FG beeinflusst wird. Die Regelung kann die Aufgabe trotz größerer Störungen erfüllen. Kennzeichen einer Regelung ist der sog. **geschlossene Wirkablauf** (im Regelkreis).

**Störgröße:**

Von außen auf ein System einwirkende Größe, die die beabsichtigte Beeinflussung der Steuerung bzw. der Regelung behindert und entsprechenden Einfluss auf die Regelgröße hat.

**Stellgröße:**

Größe, durch deren Änderung die Regelgröße beeinflusst werden kann. Die Stellgröße (SG) ist die Ausgangsgröße der Regeleinrichtung und damit die Eingangsgröße der zu regelnden Strecke (Regelstrecke).

**Führungsgröße:**

Größe, die der Regeleinrichtung von außen zugeführt wird und der die Regelgröße folgen soll. Dieser Wert kann fest oder vorgegeben veränderlich sein.

**Regelabweichung:**

Größe, die die Differenz zwischen gewünschtem und tatsächlichem Verhalten des Regelgröße abbildet oder darstellt. Es ist eine interne Größe der Regeleinrichtung, die zur Bildung der SG herangezogen wird.

**Strecke / (Regelstrecke) / (Steuerstrecke):**

Die Strecke ist der Teil des Wirkweges, welcher den zu beeinflussenden Teil des Gesamtsystems darstellt.

**Regler / (Regeleinrichtung):**

Regler ist der Teil des Wirkweges, welcher die Beeinflussung der Strecke über den Aktor/Aktuator (das Stellglied) bewirkt. (Die Regeleinrichtung enthält zusätzlich eine Einrichtung zum Erfassen der Regelgrößen ((Sensor/Messglied), zum Vergleich von Führungs- und Regelgrößen (Vergleicher) sowie zum Bilden der Stellgröße.)

**Übertragungselement:**

Abstrakte Betrachtung eines Systems, dessen Übertragungseigenschaften betrachtet werden. Dieses kann sowohl die Strecke als auch der Regler sein. Die konkrete Abgrenzung von der Umwelt sowie die Klassifizierung hinsichtlich der dynamischen Eigenschaften definiert das Übertragungselement. Die Elemente eines Regelkreises sind aus dynamischer Sicht Übertragungselemente, die Einordnung innerhalb des Regelkreises erlaubt die weitere Klassifizierung als Strecke oder Regler.

**Übertragungssystem:**

Abstrakte Betrachtung eines aus Übertragungselementen zusammengesetzten Systems.

**Stellglied:**

Das (physikalisch realisierte) Stellglied ist das im Wirkablauf vor der Strecke liegende physikalisch realisierte Übertragungselement zum Umsetzen der Stellgröße zur Beeinflussung der Strecke z. B. als Aktor. In einer zusammenfassenden Betrachtung wird das Stellglied / der Aktor hinsichtlich seiner Übertragungseigenschaften oft dem Regler / (der Regeleinrichtung) zugeordnet.

**Messglied:**

Das (physikalisch realisierte) Messglied erfasst zu messende Größen (typischerweise die Regelgröße) und gibt sie an den Regler (insbesondere den Vergleicher) weiter.

**Sollwert:**

Parametrierter Wert der Führungsgröße

**Istwert:**

Parametrierter Wert der Regelgröße

-----

**Hinweis:**

Die vorstehenden Begriffe und Benennungen werden von verschiedenen Institutionen und Autoren unterschiedlich benannt, der Definitionsprozeß konvergiert zwar, ist aber nicht abgeschlossen.

Wichtig ist für die im Rahmen der vom Lehrstuhl SRS angebotenen Veranstaltungen die sprachlich begriffliche Trennung von 3 unterschiedlichen Betrachtungsweisen/-eben (BW), nämlich von

**Signalen / Funktionen** (abstrakte BW) sowie **Größen** (reale BW), von **Systemen** und **Verhaltensweisen** (abstrakte BW), sowie von der **physikalisch/technischen Realisierung** (reale BW) und der **mathematisch abstrakten Darstellung** (z. B. durch Gleichungen > abstrakte BW), die sich entsprechend in den Begriffen und Bezeichnungen niederschlägt.

In der Veranstaltung Kognitive Technische Systeme wird eine weitere BW eingeführt, in der alle Ebenen weiter zu einer symbolischen BW (als Information) abstrahiert werden.

In der älteren Literatur sowie in praxisnahen Darstellungen werden die verschiedenen Betrachtungsebenen oft nicht getrennt, was den späteren Zugang zu neuen Regelungskonzepten (z. B. im Kontext der Vorlesung ‚Kognitive Technische Systeme‘) nicht erleichtert.