



Regelungstechnik

Vorlesung im Studiengang Ba. Fahrzeugtechnik / Ba. Fahrzeugentwicklung

Prof. Dr. Edwin Kamau

07.2023

Seite: 1

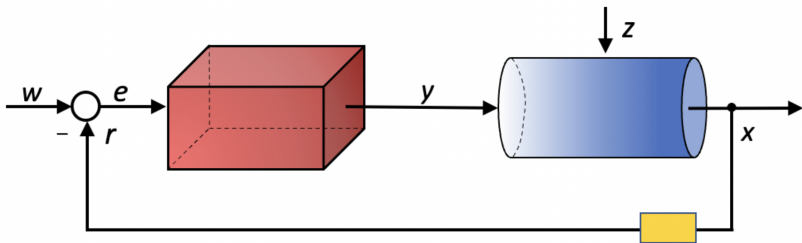
Kontaktdaten

- ▶ Kontaktdaten
 - ▶ Prof. Dr. rer. nat. Edwin Kamau
 - ▶ E-Mail: edwin.kamau@th-koeln.de
 - ▶ Telefon: +49 221 8275 2586
- ▶ Bitte melden Sie sich im ILIAS-Kurs an.

Literatur

- ▶ Schulz, G. und Graf, F.; **Regelungstechnik 1.**; De Gruyter, 2015;
<https://doi.org/10.1515/9783110414462>.
- ▶ Bechtloff, J.; **Regelungstechnik.**; Vogel Buchverlag, 2012;
ISBN: 978-3-8343-6156-1
→ Diese 2 Bücher bilden die Basis für diese Vorlesung.
- ▶ Berger, M.; **Grundkurs der Regelungstechnik.**; Vogel BoD, 2001;
ISBN: 3-8311-0847-1
- ▶ Gene, F. F., Powell, D. und Emami-Naeini, A.; **Feedback Control of Dynamic Systems**;
Pearson, 2014;
ISBN: 978-0-13-349659-8

1. Einführung in die Regelungstechnik



Inhalt - Grundlagen der Regelungstechnik

1. Einführung in die Regelung und Steuerung
2. Grundbegriffe der Regelungstechnik
3. Signalflussplan (Blockschaltbild)

Was ist Regelungstechnik?

Regelungstechnik (RT)

- ▶ ist ein Teilgebiet der Automatisierungstechnik und eine Ingenieurwissenschaft
- ▶ RT behandelt Regelungsvorgänge, die in der Technik vorkommen
- ▶ technischer Regelvorgang = gezielte Beeinflussung von physikalischen, chemischen, oder anderen Größen in technischen Systemen

Unterscheidung

- ▶ Festwertregelung → die Größen sind entweder möglichst konstant zu halten
- ▶ Folgeregelung → oder so zu beeinflussen, dass sie einer vorgegebenen zeitlichen Änderung folgen

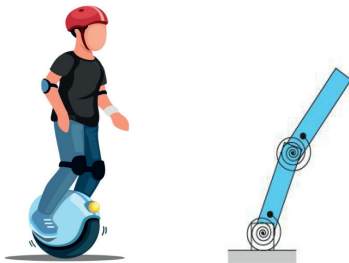
Regelungstechnik im alltäglichen Leben

- ▶ Welche Beispiele kennen Sie?

Regelungstechnik im alltäglichen Leben?

Einige Beispiele:

- ▶ aufrechter Gang - Sinne als Sensoren, Muskeln als Aktoren
- ▶ Konstanthaltung der Körpertemperatur oder des Blutdruckes
- ▶ Auto-, E-Scooter-, Segway-fahren, usw.

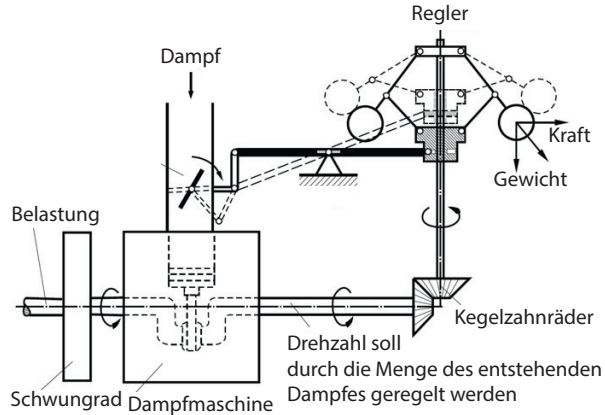


Startpunkt der modernen Regelungstechnik?

- ▶ Fliehkraftregler in Getreidemühlen (Huygens, 18. Jahrhundert)
- ▶ Fliehkraftregler von James Watt (1788)
 - ▶ Regelung der Drehzahl an Dampfmaschinen
 - ▶ technisch bedeutsame regelungstechnische Lösung

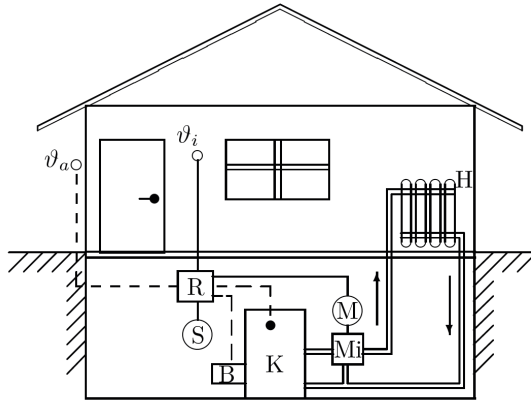
Startpunkt der modernen Regelungstechnik?

► Fliehkraftregler



Moderne Regelungstechnik

► Temperaturregelung



B	Brenner
H	Heizkörper
K	Kessel
M	Stellmotor
Mi	Mischventil
R	Regeleinrichtung
S	Sollwerteinstellung
ϑ_i	Innentemperatur
ϑ_a	Außentemperatur

Moderne Regelungstechnik

- ▶ Abstandregelautomat - Quelle: <https://youtu.be/sIS5c3MESeW>



Lernziele - Auszug aus dem Modulhandbuch

Die Studierenden können Regelungssysteme entwerfen, indem sie

- ▶ Regelungsvorgänge analysieren,
- ▶ technische Regelungsvorgänge in Übertragungsfunktionen modellieren,
- ▶ Methoden der Regelkreisanalyse im Zeit- und Frequenzbereich anwenden,
- ▶ regelungstechnische Sachverhalte strukturiert in Werkschaltplänen skizzieren,
- ▶ Regler nach empirischen Einstellregeln einstellen,
- ▶ die Stabilität von Regelkreisen untersuchen,
- ▶ und dabei grundlegende Aktoren und Sensoren einsetzen,

um später moderne Regelungsverfahren für Fahrzeuge (weiter-)entwickeln zu können

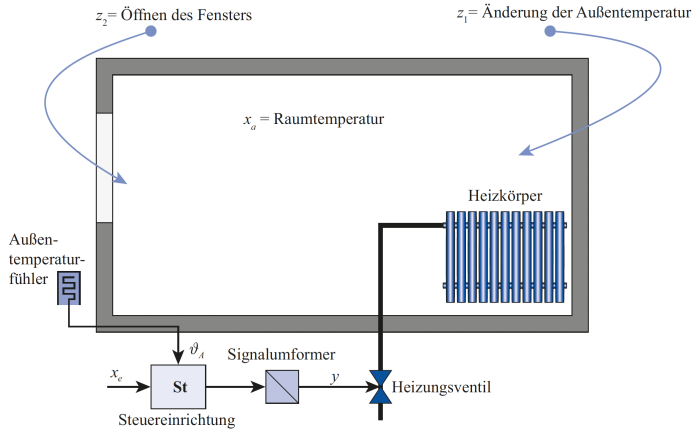
Definition von Steuerung

Steuern bedeutet nach DIN 19 226:

Steuern ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als **Eingangsgroßen** andere Größen als **Ausgangsgroßen** aufgrund der dem System eigentümlichen **Gesetzmäßigkeiten** beeinflussen.

→ Kennzeichen für das Steuern ist der offene Wirkungsablauf über das einzelne Übertragungsglied oder die Steuerkette.

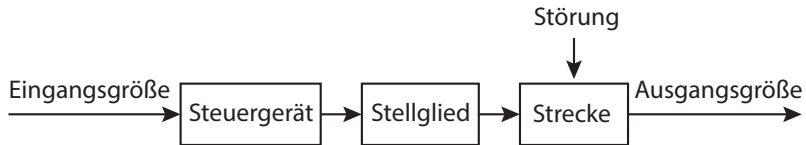
Beispiel - Raumtemperatursteuerung



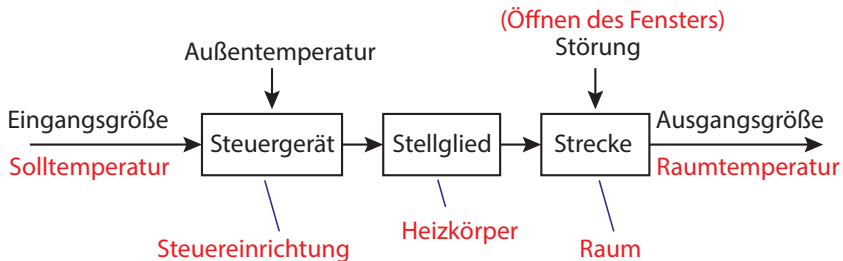
Darstellung im Signalflussplan

- ▶ Betrachtet man noch einmal die **Raumtemperatursteuerung** auf Folie 14, so erkennt man in ihrer Funktion abgegrenzte Bauelemente oder Baugruppen, wie z.B. der Heizkörper, das Heizventil, die Steuereinrichtung, usw.
- ▶ Diese Baugruppen besitzen unterschiedliche **physikalische Eingänge und Ausgänge** und sind über elektrische Leitungen, Rohrleitungen, Luftströmungen (Wohnraum) . . . miteinander verbunden.
- ▶ In der Regelungstechnik werden diese Baugruppen durch **rechteckige Blöcke** dargestellt, die durch Verbindungslinien (Wirkungsrichtungen) miteinander verbunden sind. Die Darstellung einer Anlage durch derartige Blöcke bezeichnet man als **Blockschaltbild** oder **Signalflussplan**.

Signalflussplan einer Steuerung



Signalflussplan für die Raumtemperatursteuerung



→ Kennzeichen für das Steuern (*engl. open loop control*) ist der offene Wirkungsablauf über das einzelne Übertragungsglied oder die Steuerkette.

Definition von Regelung

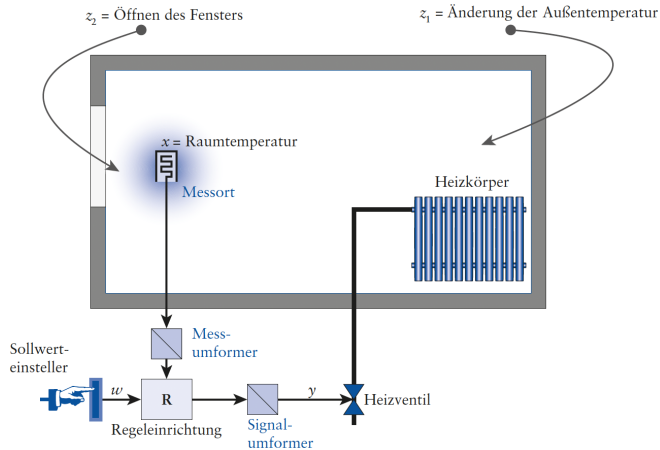
Regeln bedeutet nach DIN 19 226:

Regeln ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, **die zu regelnde Größe (Istwert)**, erfasst, mit einer anderen Größe, der vorgegebenen **Führungsgröße (Sollwert)**, verglichen und abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.

→ Der sich ergebende Wirkungsablauf findet in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt (*engl. closed loop control*).

→ Das Erfassen der Eingangsgrößen erfolgt über analoge oder digitale Messeinrichtungen, damit der so erfasste Istwert dem Sollwert angeglichen werden kann.

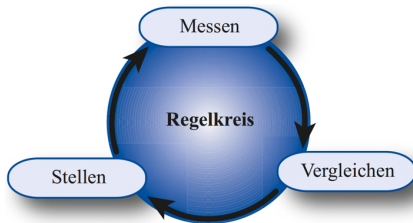
Beispiel - Raumtemperaturregelung



Kreisstruktur einer Regelung

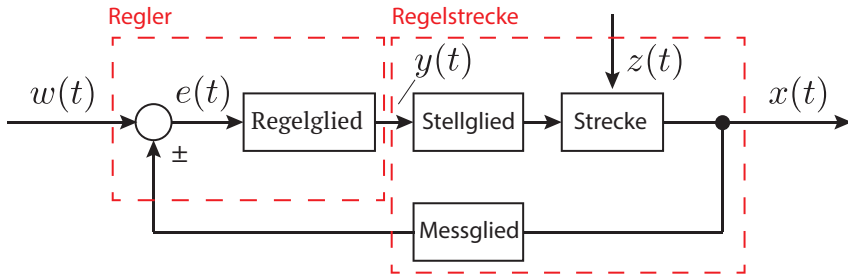
Das Prinzip einer Regelung ist das fortlaufende:

- ▶ **Messen:** Die Regelgröße wird direkt oder mittels Sensoren gemessen.
- ▶ **Vergleichen:** Der Wert der Regelgröße wird mit dem Sollwert verglichen, die Differenz ist die Regelabweichung.
- ▶ **Stellen:** Aus der Regelabweichung wird unter Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften der Regelstrecke die Stellgröße bestimmt.

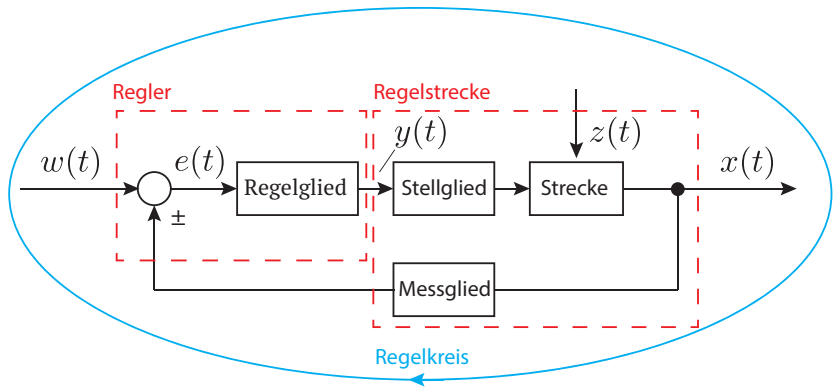


Signale und Komponenten des Regelkreises

Bezeichnungen der Signale und Komponenten des Grundregelkreises sind genormt (DIN IEC 60050-351 [DIN09])



Signale und Komponenten des Regelkreises



Steuern versus Regeln

Kennzeichen	Steuerung	Regelung
Wirkungsweg	offen (Steuerkette)	geschlossen (Regelkreis)
Messung und Vergleich	Istwert wird nicht gemessen und nicht verglichen	Istwert wird gemessen und verglichen
Reaktion auf Störung (allg.)	nur auf die, die in der Steuerung verarbeitet werden	wirkt allen Störungen entgegen
Reaktion auf Störung (zeitl.)	reagiert schnell	reagiert erst dann, wenn Differenz von Soll- und Istwert sich ändert
Reaktion Verhalten bei instabilen Systemen	Steuerungen sind bei instabilen Systemen unbrauchbar	bei instabilen Systemen müssen Regelungen eingesetzt werden

Weitere Definitionen

► **Führungsgröße:** $w(t)$

Die Führungsgröße wird von außen zugeführt und stellt die Zielgröße dar, der die Regelgröße in endlicher Zeit folgen soll. Sie hat einen vorgegebenen Sollwert.

► **Regelgröße:** $x(t)$

Die Regelgröße ist die Prozessgröße, die zum Zwecke des Regelns erfasst und der Regeleinrichtung zugeführt wird. Sie wird von einem Messglied bzw. Sensor erfasst. Der Istwert der Regelgröße soll dem Sollwert folgen.

► **Regeldifferenz:** $e(t)$

Die Soll-Istwert-Abweichung wird folgendermaßen definiert: $e(t) = w(t) - x(t)$. Sie wird auch als Regelfehler oder Regelabweichung bezeichnet.

Weitere Definitionen

- ▶ **Regler:**

Der Regler umfasst das Regelglied und das Vergleichsglied. Er bildet die Stellgröße, um die Regelgröße der Führungsgröße anzupassen.

- ▶ **Regeleinrichtung:**

Die Regeleinrichtung beinhaltet das Regelglied, die Vergleichsstelle und gegebenenfalls die Signalanpassung für das Stellglied.

- ▶ **Regelstrecke:**

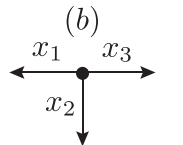
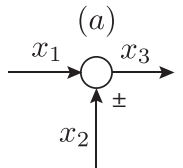
Die Regelstrecke (Strecke) ist der zu beeinflussende Prozess oder das System.

Erstellung eines im Wirkungsplans

- ▶ Wirkungsplan - oft auch als Signalfussplan / Blockschaltplan / Blockschaltbild bezeichnet
- ▶ Sofern mathematische Zusammenhänge eines Systems bekannt sind, ist das System vollständig mit einem Wirkungsplan darstellbar
- ▶ Ein Wirkungsplan hat vier Elemente: die **Wirkungslinie**, der **Block** und die **Addition** (Vorzeichen beachten!), die **Verzweigung**.

Signalleitungsverbindungen

- ▶ Ein Wirkungsplan hat vier Elemente: die **Wirkungslinie**, der **Block** und die **Addition** (Vorzeichen beachten!), die **Verzweigung**.
- ▶ **Beispiel:** Darstellung (a) einer Additions- bzw. Subtraktionsstelle und (b) einer Verzweigungsstelle

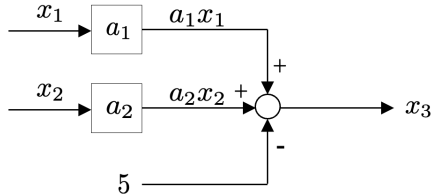


Darstellung im Wirkungsplan

► **Beispiel:** $x_3 = a_1x_1 + a_2x_2 - 5$

Darstellung im Wirkungsplan

► **Beispiel:** $x_3 = a_1x_1 + a_2x_2 - 5$



Lernziele dieser Vorlesung

Nach dem Studium dieses Abschnitts können Sie ...

1. einen technischen Prozess analysieren und charakterisieren
2. einen einfachen Regelkreis analysieren und / oder beschreiben
3. die Merkmale und wichtige Systemkomponenten eines Regelkreises erläutern sowie die Zusammenhänge benennen.

Fragen zur Selbstkontrolle

1. Was sind die Merkmale und Eigenschaften von Regelung und Steuerung?
2. Bitte geben Sie drei Anwendungen von Regelungssystemen an.
3. Geben Sie drei Gründe für den Einsatz einer Regelung an und mindestens einen Grund, warum sie nicht eingesetzt wird.
4. Wie unterscheiden sich geschlossene Regelkreise von offenen Regelkreisen?
5. Was versteht man unter einer Wirkungslinie?
6. Was versteht man unter einem LZI-System?

Übung 1: Signalflussplan einer Raumtemperaturregelung

Bitte erstellen Sie einen Signalflussplan für die Raumtemperaturregelung für das Beispiel auf Folie 19 mit Hilfe des Grundregelkreises auf Folie 21. Dabei sollten Sie jede Komponente benennen - ähnlich wie im Beispiel auf Folie 17.

Übungsaufgabe 2: Wirkplan einer Differentialgleichung

Bitte erstellen Sie einen Wirkplan / Signalflussplan der folgenden Differentialgleichung:

$$\ddot{x}_3 = a_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{dx_1}{dt} - a_1 x_1$$