

Grundlagen der Regelungstechnik

Kapitel 0: Einführung

Tom P. Huck

Externer Dozent DHBW Karlsruhe

27. Oktober 2023

Tom Huck (tom.p.huck@gmail.com, tom.huck@sick.de)

- ▶ 2012-2016: B. Sc. Mechatronik und Informationstechnik
- ▶ 2016-2018: M. Sc. Elektrotechnik (Vertiefungsfach Regelungstechnik)
- ▶ 2016-2018: Funktionsentwicklung E-Mobility bei Schaeffler AG, Standort Bühl
- ▶ 2019-2023: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am KIT im Bereich Robotik
- ▶ Seit 2023: Software Engineer bei SICK AG, Waldkirch

Zur Vorlesung

- ▶ **Fragen** jederzeit stellen, sowohl im Unterricht als auch danach per Mail (tom.p.huck@gmail.com)
- ▶ Nicht von **abstrakter Theorie** einschüchtern lassen! (Theorie erscheint zwar anspruchsvoll, in der Anwendung vereinfachen wir aber vieles!)
- ▶ An **Diskussionen** beteiligen, **Fragen** beantworten (niemand wird gezwungen etwas vorzurechnen o.ä.!)
- ▶ **Übungsaufgaben** sind in die Vorlesung integriert. Es erfolgt keine explizite Trennung zwischen Vorlesung und Übung. Gegen Ende des Semesters werden zur Prüfungsvorbereitung noch einmal zusätzliche Aufgaben veröffentlicht und besprochen.

Folien werden nach Vorlesungen zur Verfügung gestellt!

(vorläufig auf GitHub, Moodle wird noch eingerichtet)

→ **Link folgt noch**

Organisatorisches

Termine:

Jeweils 13:00-17:00:

27.10.

03.11.

17.11.

24.11.

01.12.

08.12.

15.12.

Raum: A269

Organisatorisches

Bitte frühzeitig auf überschneidungen mit anderen Terminen
aufmerksam machen!

→ **Kurssprecher/in?**

Was ist Regelungstechnik?

Beispiele:

- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=TJis5k4M2eA>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=tF4DML7FIWk>
- ▶ https://www.youtube.com/watch?v=8CDpR_FuTR4

Was ist Regelungstechnik?

Regelungstechnik ist die Lehre von der gezielten **Beeinflussung dynamischer Systeme**, sodass diese ein bestimmtes **Wunschverhalten** zeigen.

Um welche konkreten Systeme es sich dabei handelt ist für uns nebensächlich, da die dynamischen Eigenschaften mithilfe der **Systemtheorie** mathematisch abstrahiert werden können.

Fragen

- ▶ Überlegen Sie sich weitere Beispiele für mögliche Anwendungsfälle von Regelungstechnik!
- ▶ Sind Sie in Ihrem Unternehmen schon einmal mit regelungstechnischen Fragestellungen in Berührung gekommen?
- ▶ "Regelungstechnik ist die Lehre von der gezielten Beeinflussung **dynamischer** Systeme..." - was bedeutet in diesem Zusammenhang *dynamisch*?

Dynamische und statische Systeme

Ein System ist **dynamisch**, wenn seine Zustand Ausgangsgröße nicht nur von der Aktuellen Eingangsgröße, sondern auch vom zeitlichen Verlauf bisheriger Eingangsgrößen abhängt.

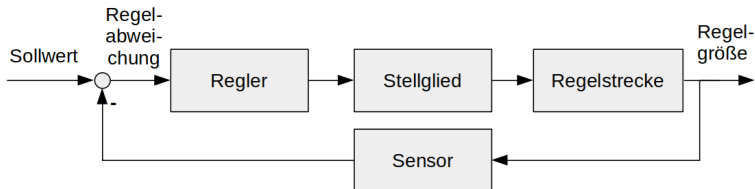
Hängt die Ausgangsgröße eines Systems hingegen nur von der aktuellen Eingangsgröße ab, spricht man von einem **statischen** System.

Mehr dazu: http://www.inf.tu-dresden.de/content/institutes/iai/tis-neu/lehre/files/SOI/WS13_14/soi_BA_vorlesung2-13.pdf

Fragen

- ▶ Überlegen Sie sich Beispiele für statische und dynamische Systeme!
- ▶ Erklären Sie jeweils, warum das von Ihnen gewählte Beispielsystem statisch oder dynamisch ist.
- ▶ Ist die Entscheidung für statisch bzw. dynamisch immer eindeutig?

Grundstruktur einer Regelung



- ▶ Die **Regelstrecke** repräsentiert das zu regelnde System
- ▶ Das **Stellglied** ist der Mechanismus, über den wir das System beeinflussen (Aktuator)
- ▶ Der **Sensor** misst den aktuellen wert der Regelgröße, um einen Vergleich zwischen Soll- und Istwert zu ermöglichen.
- ▶ Der **Regler** berechnet auf Basis der Regelabweichung den geeigneten Input für die Regelstrecke.

Fragen

- ▶ Überlegen Sie sich Beispiele für Regelkreise.
- ▶ Überlegen Sie jeweils, welche Komponenten aus Ihren Beispielen dem Regler, der Regelstrecke, dem Stellglied und dem Sensor entsprechen.
- ▶ Skizzieren Sie jeweils den Regelkreis.

Diskussion

*"Die Messung und Rückführung der Regelgröße ist unnötig!
Da wir ein Modell der Regelstrecke haben, können wir auch ohne
Messung schon im Voraus berechnen, welche Stellgröße wir
brauchen, um den Sollwert zu erzielen."*

Wie beurteilen Sie diese Aussage?

*"Die Messung und Rückführung der Regelgröße ist unnötig!
Da wir ein Modell der Regelstrecke haben, können wir auch ohne
Messung schon im Voraus berechnen, welche Stellgröße wir
brauchen, um den Sollwert zu erzielen."*

Im Prinzip richtig, **ABER:**

- ▶ Das Streckenmodell ist nie perfekt (Parameterunsicherheiten, Modellvereinfachungen)
- ▶ Es können unvorhergesehene Einflüsse auf das System wirken (Störgrößen)

Regelung vs. Steuerung

Die Rückführung der Regelgröße ist das wichtigste Kennzeichen einer **Regelung**. Verfügt ein System über keine Rückführung, dann spricht man nicht von einer Regelung, sondern von einer **Steuerung**.

Siehe hierzu auch DIN 19226¹

¹Die Norm ist zwar nicht mehr aktuell, die darin enthaltenen Definitionen beschreiben den Unterschied zwischen Steuerung und Regelung jedoch sehr gut und werden auch heute noch vielfach zitiert.

Realisierung von Reglern

Regler können auf verschiedene Arten realisiert werden:

- ▶ Elektronisch analog
- ▶ Elektronisch digital
- ▶ Sonstige Mechanismen

Aufgabe: Überlegen Sie sich für jede der o.g. Arten ein konkretes Beispiel, wie man einen Regler realisieren könnte!

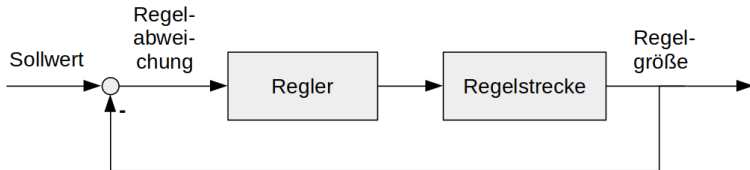
Realisierung von Reglern

Regler können auf verschiedene Arten realisiert werden:

- ▶ Elektronisch analog (**z.B. mit Operationsverstärker-Schaltungen**)
- ▶ Elektronisch digital (**z.B. mit Mikrocontrollern**)
- ▶ Sonstige Mechanismen (**z.B. mechanischer Fliehkraftregler**)

In der Praxis ist heute der **Digitalregler** am gebräuchlichsten. Für den Moment ist das aber nebensächlich, wir betrachten im Folgenden nur das **abstrakte Verhalten** des Reglers.

Vereinfachende Annahmen



Um unsere Betrachtungen zu vereinfachen, nehmen wir folgendes an:

- ▶ Das Verhalten des Stellglieds ist entweder vernachlässigbar, oder bereits im Modell der Strecke enthalten.
- ▶ Der Sensor arbeitet ideal, d.h. er gibt uns den exakten wert der Regelgröße ohne Verzögerung.

Mit diesen Vereinfachungen reicht es aus, nur noch das Modell aus Regler und Regelstrecke zu betrachten (s.o.).

Aufgaben der Regelungstechnik

Die Aufgabengebiete in der Regelungstechnik sind vielfältig. In dieser Vorlesung werden wir uns mit folgenden Aufgaben befassen:

- ▶ Zu regelnde Systeme mathematisch beschreiben
- ▶ Systemparameter identifizieren
- ▶ Für gegebene Systeme geeignete Regler auswählen und parametrieren
- ▶ Grundlegende Systemeigenschaften (Stabilität) analysieren

Überblick über die Vorlesung

- ▶ **Kapitel 0:** Einführung
- ▶ **Kapitel 1:** Beschreibung zeitkontinuierlicher Systeme
- ▶ **Kapitel 2:** Parameteridentifikation
- ▶ **Kapitel 3:** Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion
- ▶ **Kapitel 4:** Analyse von Systemeigenschaften
- ▶ **Kapitel 5:** Regler: Arten, Auswahl und Auslegung
- ▶ **Kapitel 6:** Zeitdiskrete Systeme und Digitalregler
- ▶ **Kapitel 7:** Mehrgrößensysteme
- ▶ **Kapitel 8:** Adaptive Regelung
- ▶ **Kapitel 9:** Nichtlineare Systeme

Achtung: Dies ist ein vorläufiger Plan. Insbesondere ab Kapitel 6 kann sich noch etwas ändern!

Ziel dieser Vorlesung

Ziel dieser Vorlesung ist **nicht**, Sie zu voll ausgebildeten Regelungstechniker:innen zu machen!

Aber: Sie sollen nach dieser Vorlesung in der Lage sein, grundlegende Konzepte der Regelungstechnik zu verstehen, wenn Sie im Berufsalltag damit in Berührung kommen.

Die Vorlesung ist daher eher darauf ausgelegt, möglichst viele Teilgebiete abzudecken, und weniger darauf, in den einzelnen Gebieten tief ins Detail zu gehen. Insbesondere die fortgeschrittenen Verfahren (Kapitel 7-9) werden eher qualitativ und weniger mathematisch behandelt.

Dennoch gilt: Um etwas Theorie und Mathematik kommen wir nicht herum!

Einige Konventionen zur Notation

- ▶ $u(t)$ ist die Eingangsgröße der Regelstrecke, $y(t)$ die Ausgangsgröße.
- ▶ In einem geregelten System (d.h. einem System mit Rückführung der Ausgangsgröße und Soll-Istwert-Vergleich) ist $y_{soll}(t)$ der Sollwert und $\Delta y(t) = y_{soll}(t) - y(t)$ die Regelabweichung.
- ▶ Um Schreibaufwand zu sparen, wird die zeitabhängigkeit (t) z.T. nicht explizit aufgeschrieben: $y(t) = y$.
- ▶ Ableitungen nach der Zeit werden wie folgt notiert: \dot{y}, \ddot{y}, \dots
- ▶ Die Buchstaben g, G werden im Zusammenhang mit der Strecke verwendet, die Buchstaben r, R im Zusammenhang mit dem Regler.
- ▶ F_O bezeichnet den offenen Regelkreis (Regler u. Strecke ohne Rückführung), F_G den geschlossenen (Regler u. Strecke mit Rückführung)

Weiterführende Literatur

Auszug aus der Literaturempfehlung der Hochschule (Stand 11/2018):

Literatur

- Ottmar Beucher: Signale & Systeme: Theorie, Simulation, Anwendungen, Springer Verlag
- Helmut Bode: Matlab-Simulink: Analyse und Simulation dynamischer Systeme, Teubner Verlag
- Oliver Zirn: Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, Expert Verlag
- Hartmut Bossel: Systeme - Dynamik - Simulation Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme,
- Ottmar Beucher: MATLAB und Simulink, mitp
- Ulrich Kramer, Mihaela Neculau: Simulationstechnik, Fachbuchverlag Leipzig
- Reuter, M., Zacher, S.: "Regelungstechnik für Ingenieure", Vieweg
- Unbehauen, H.: "Regelungstechnik Bd.1-3", Vieweg
- Philippsen, H.-W.: "Einstieg in die Regelungstechnik", Hanser Fachbuchverlag
- Föllinger, O.: "Regelungstechnik", Hüthig Buch Verlag Heidelberg
- Franklin, G.F.: "Feedback Control of Dynamic Systems", Pearson Education Limited

Meine Empfehlung: Föllinger (2.v.u.).

Auch Empfehlenswert: Online Angebot der HsKA

<https://www.eit.hs-karlsruhe.de/mesysto/quicklink/startseite.html>

Grundsätzlich gilt: Lektüre zusätzlicher Literatur ist **nicht zwingend notwendig**, kann aber hilfreich sein, um den Stoff aus anderen Blickwinkeln kennenzulernen und ggf. besser zu verstehen.