

In vielen Bereichen Regelungen erkennen

Das Prinzip des Regelkreises verstehen

Prozessgrößen und Signale unterscheiden
lernen

Dynamik mit Diagrammen auf Papier bringen

Begriffe der Regelungstechnik verwenden

Kapitel 1

Das Ganze im Überblick

Die Regelungstechnik ist eine Methode, die reale Welt möglichst nahe an einen gewünschten Zustand heranzuführen. Das wird Sie faszinieren. Sie können mit der Regelungstechnik fachübergreifend Vorgänge nicht nur dynamisch beschreiben, sondern auch in gewünschter Weise beeinflussen. Am Anfang steht dabei nicht gleich die Mathematik, sondern das grundlegende Verständnis, wie ein Regelkreis aufgebaut ist und was ein Regelkreis leisten kann. Hierzu lernen Sie in diesem ersten Kapitel die wichtigsten regelungstechnischen Begriffe und die Elemente von Regelkreisen kennen.

Königsdisziplin der Automatisierung

Wenn Sie auf den Anfang des Industriezeitalters blicken, dann begann dieses mit der Mechanisierung und nahm dem Menschen damit schwere körperliche Arbeit ab. Mit der Weiterentwicklung von Elektronik und Digitaltechnik war es dann möglich, immer mehr Prozesse selbsttätig ablaufen zu lassen, sodass damit zur Mechanisierung die Automatisierung kam. Die Automatisierungstechnik hat das Ziel, Maschinen und Anlagen selbstständig ohne ständige Mitwirkung des Menschen zu betreiben. Der Automatisierungsgrad wird ständig erhöht. Damit verbunden sind die Senkung von Produktionskosten sowie die Steigerung von Qualität und Sicherheit.

Das Servicehaus

Die Regelungstechnik ist ein wichtiges Teilgebiet der *Automatisierungstechnik*. Das können Sie sich wie eine Abteilung im Haus der Automatisierungstechnik vorstellen, in der Projekte für automatisierte Produktionsmethoden oder Produkte mit automatisierten Funktionen bearbeitet werden (siehe Abbildung 1.1).

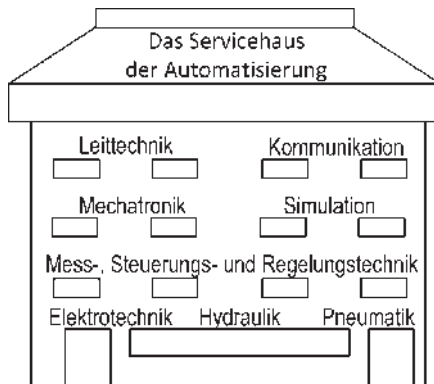


Abbildung 1.1: Zur Automatisierung gehören mehrere Abteilungen

Natürlich arbeiten alle Abteilungen der Automatisierung eng zusammen. Sie müssen auch viel Fachwissen über die jeweilige Branche besitzen, in der die Automatisierung stattfindet.

Zu diesen Branchen gehören die

- ✓ Fertigungstechnik,
- ✓ Verfahrenstechnik,
- ✓ Energieerzeugung,
- ✓ Grundstoffindustrie,
- ✓ Versorgung und Entsorgung,
- ✓ medizinische Technik,
- ✓ Gebäudetechnik,
- ✓ Luft- und Raumfahrt,
- ✓ Fahrzeug- und Verkehrstechnik.

Elektrotechnik, Hydraulik und Pneumatik bilden die Basis für die Automatisierung. Mit elektrischen, hydraulischen und pneumatischen Aktoren erzeugen Sie die gewünschten mechanischen, thermischen und stofflichen Abläufe in den Prozessen. Aktoren sind Motoren, Ventile, Heizungen, Hydraulik- und Pneumatikzylinder.

Messen, Steuern, Regeln

Die Messtechnik, die Steuerungstechnik und die Regelungstechnik sind die Bindeglieder zwischen den gewünschten physikalischen Prozessgrößen in der Maschine und Anlage und den Informationen (Signalen) darüber.



Die *Messtechnik* behandelt Geräte und Methoden zur Messung, also zur zahlenmäßigen Bestimmung physikalischer Größen wie Geschwindigkeit, Kraft, elektrische Spannung oder Temperatur. Die Messtechnik erzeugt mit Sensoren aus den physikalischen Größen Informationen in Form von Signalen.

Ein Beispiel: Temperaturen bewirken in metallischen Leitern eine Widerstandsänderung. Das ist das Messprinzip eines Temperatursensors. Ein konstanter Strom durch diesen Messwiderstand erzeugt eine temperaturabhängige Spannung. Diese Spannung wird durch elektronische Verstärkung auf Standardwerte für die Erfassung mit einem Rechner gebracht. Schließlich erfolgt im Rechner die Rückrechnung auf die zugehörige Temperatur. Die Sensorik besteht also aus dem Sensor und der elektronischen Anpassung.

Umgekehrt zur Messtechnik macht die *Steuerungstechnik* aus Signalen physikalische Aktionen.



Die *Steuerungstechnik* befasst sich mit der Einwirkung von Signalen auf physikalische Größen in Geräten und Maschinen mithilfe von Aktoren. Ein Steuerungsprogramm erzeugt die Signale nach einem Plan.

Ein Beispiel: Die Vorgabe für die Durchflussmenge einer Flüssigkeit in einem Rohr kommt von einem Programm. Der Rechner gibt ein Signal aus, das der Aktor zunächst in eine elektrische Spannung umsetzt. Diese Spannung treibt den Motor an einer Klappe eines Durchflussventils im Flüssigkeitsrohr an.

Wie Sie aus dem Beispiel erkennen können, gibt es keine Rückmeldung darüber, ob die erzeugte Klappenstellung den gewünschten Durchfluss erzeugt. Sie merken, dass bei den Aktionen der Steuerungstechnik keine Rückmeldungen darüber erfolgen, ob die Programmvorgaben auch wirklich erreicht wurden. Während bei der Messtechnik die Information über den Prozess mit der Sensorik erzeugt wird, wirkt bei der Steuerungstechnik die Information auf den Prozess. In beiden Fällen geht die Wirkung also nur in einer Richtung (siehe Abbildung 1.2). Erst die Regelungstechnik verbindet die Aktorik und die Sensorik.



Die *Regelungstechnik* setzt Geräte und Programme als Regler ein, um damit die tatsächlichen Zustände eines Prozesses in gewünschte Zustände zu bringen. Die Regelungstechnik nutzt dazu die Sensorik und die Aktorik. Mit der Sensorik bekommen Sie eine Rückmeldung über die Wirkung der Aktorik auf den Prozess.

Für das Beispiel bedeutet es, dass der eingestellte Durchfluss gemessen und über die Klappenstellung richtig eingestellt wird.

Sie sehen an dem Beispiel, dass das Messen, das Steuern und das Regeln eng zusammenhängen, weshalb die Automatisierungstechnik auch von der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik spricht.

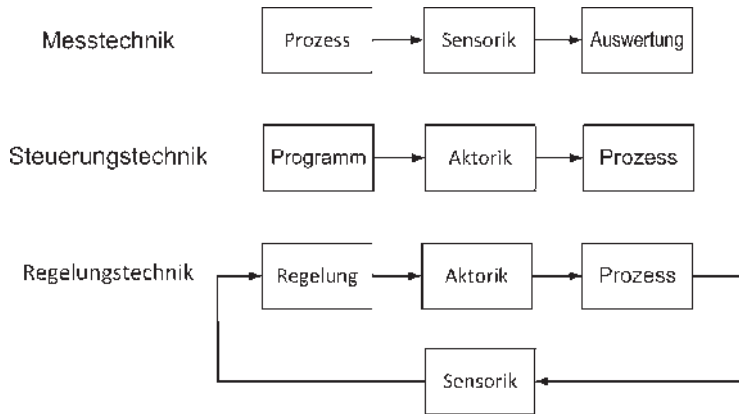


Abbildung 1.2: Messen, Steuern und Regeln sind die Kernfächer der Automatisierung

Aktoren und Sensoren

Mit *Aktoren* und *Sensoren* kann die Regelung ihre Aufgaben am Prozess erfüllen. Aktoren und Sensoren haben aber auch außerhalb von Regelkreisen wichtige Funktionen in der Automatisierungstechnik.



Prozesseingriffe durch den Menschen, einfache, schaltende Steuerungen und vor allem die Regelungstechnik nutzen *Aktoren*, mit denen aus Signalen physikalische Prozesseingriffe werden.



Sensoren werden immer dann eingesetzt, wenn Information über das, was in der Maschine geschieht, gewünscht wird. Das ist für den beobachtenden und bedienenden Menschen genauso wichtig wie für den automatisch arbeitenden Regler.

Die Aufbereitung von Sensorsignalen für den Menschen wird in der Automatisierung »zentrales Beobachten« genannt, die Möglichkeit, manuell in den Prozess einzugreifen, ist das »zentrale Bedienen« (siehe Abbildung 1.3.)

Auch die *Mechatronik* und die *Simulation* gehören in den Bereich der Automatisierung.



Die *Mechatronik* verbindet die Mechanik, Elektronik und Informatik zu einer modernen, leistungsfähigen Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik im Maschinen- und Fahrzeugbau. Zur Mechatronik zählen komplexe Anwendungen von Industrierobotern genauso wie Antischleuderprogramme in Straßenfahrzeugen.



Simulationen spielen bei der Entwicklung von Automatisierungssystemen eine große Rolle. Simulationen bilden reale Vorgänge auf Rechnern nach. Das verkürzt Entwicklungszeiten, spart Entwicklungskosten und gibt frühzeitig Auskunft darüber, ob das auch alles so funktioniert, wie es geplant ist. Deshalb

verwendet auch die Regelungstechnik sehr häufig die Simulationstechnik. Bereits vor der Inbetriebnahme einer Regelung möchten Sie wissen, ob Sie die Regelung richtig berechnet haben.

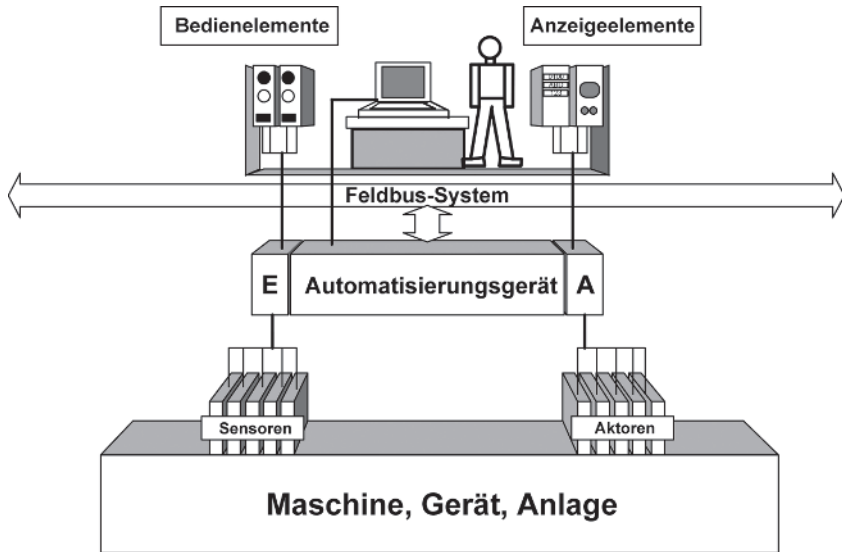


Abbildung 1.3: Auch bei hoher Automatisierung – ohne den Menschen geht es nicht

Die Leittechnik und Kommunikationstechnik überwacht, steuert und koordiniert ganze Produktionsbereiche. Die Leittechnik fasst die Daten untergeordneter Bereiche zusammen. Sie finden die Leittechnik im Straßen-, Schienen- und Luftverkehr, in Kraftwerken, in der mechanischen Fertigung, in der Verfahrenstechnik und im Gebäudemanagement.

In den untergeordneten Bereichen sind eine Vielzahl von Mess-, Steuerungs- und Regelungssystemen installiert. Die Kommunikation der einzelnen Automatisierungssysteme erfolgt über Datenleitungen, sie heißen Feldbusse. Das sind lokale Netzwerke mit hoher Sicherheit, Geschwindigkeit und Reaktionsfähigkeit.

Regelungen in Technik und Natur

Alles geregelt – das klingt gut. Tatsächlich wird in der Technik und auch in der Biologie sehr vieles erfolgreich geregelt. In der Technik kennen Sie zum Beispiel die Temperaturregelung einer Heizungsanlage, die Geschwindigkeitsregelung durch einen »Tempomat« in einem Fahrzeug, den Autopiloten eines Flugzeugs oder Schiffs.

Die biologische Regelung lässt Sie auf zwei Beinen stehen, eine gewisse Zeit sogar auf einem. Die Frequenz des Herzschlags ist geregelt, der Blutdruck, die Körpertemperatur, die Atmung, die Pupillenöffnung. Auch der Mensch führt Regelungen aus, zum Beispiel beim Autofahren. Sie fahren auf der Autobahn mit einer bestimmten Geschwindigkeit und Sie achten dabei auf den passenden Abstand zum vorderen Fahrzeug und zum Seitenstreifen.

Das Prinzip Rückmeldung

Das Prinzip der Rückmeldung von Prozessgrößen an eine Instanz, die bei Abweichungen dieser Größen von einem gewünschten Sollzustand geeignete Maßnahmen ergreift, ist in Technik und Natur eine der faszinierendsten Funktionsweisen, man nennt sie *Regelung*.

Ein gemeinsames Prinzip

Der US-amerikanische Mathematiker Norbert Wiener (1894–1964) erkannte, dass Regelungsvorgänge bei Lebewesen und Maschinen nach dem gleichen Prinzip funktionieren. Er schuf für diese Gemeinsamkeit einen neuen Begriff, die *Kybernetik*. Dieses Kunstwort leitete er aus dem Griechischen ab, wo *kybernetes* der Steuermann eines Bootes ist. Kybernetik ist also die Steuermannskunst. Das erste Buch zur Kybernetik erschien 1948 mit dem Titel *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*.



Die *Regelung* ist ein Wirkungskreislauf in Natur und Technik, der auf dem Prinzip der Rückkopplung basiert.

Allen Regelungen gemeinsam ist ein geschlossener Wirkungskreislauf, ein *Regelkreis*, den Abbildung 1.4 zeigt.

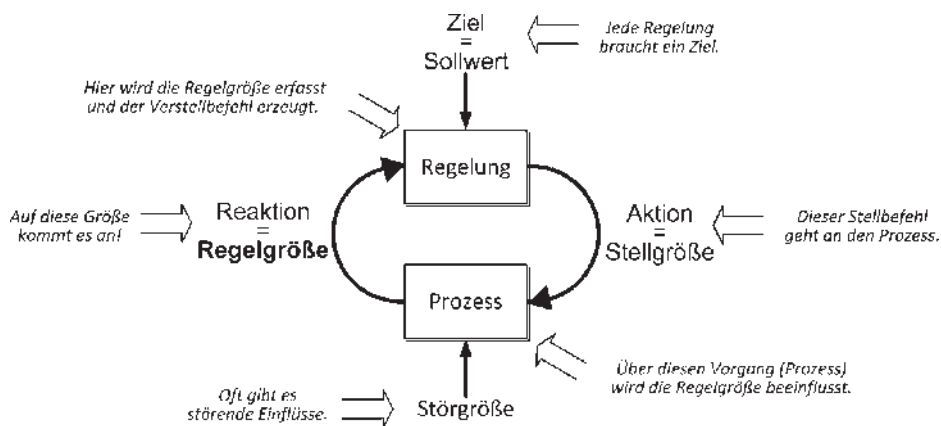


Abbildung 1.4: Regelkreise haben sich in vielen Bereichen bewährt



Das Wichtigste im *Regelkreis* ist die *Regelgröße*, um sie dreht sich alles. Sie wird mithilfe der *Regelung* auf einen gewünschten Wert, den *Sollwert*, gebracht. Die *Regelung* erzeugt dazu eine geeignete *Aktion*, die *Stellgröße*, die im Veränderungsvorgang, dem *Prozess*, umgesetzt wird und so die *Regelgröße* in gewünschter Weise beeinflusst. Häufig treten auch unerwünschte *Störgrößen* auf, die ebenfalls auf die *Regelgröße* wirken. Sie können von der *Regelung* ausgeglichen werden.

Die mit Pfeilen versehenen Linien am Prozess und an der Regelung in Abbildung 1.4 geben die Richtung der Wirkungen an.

Es besteht eine Wechselwirkung zwischen dem, was geregelt werden soll, dem Prozess, und der Instanz, die es tut, der Regelung. Und das ist das Besondere in der Regelungstechnik: Sie können nicht sagen, ob die Regelgröße die Stellgröße beeinflusst oder umgekehrt. Wie war das mit der Henne und dem Ei? Diese gegenseitige Beeinflussung bereitet anfänglich etwas Vorstellungsschwierigkeiten. Sie werden aber sehen, dass ein bisschen Mathematik dieses Problem leicht lösen kann. Das wird spannend in den Kapiteln 4 und 5.

Wichtig ist es, die beiden Begriffe Prozess und Regelung auseinanderzuhalten und die Größen im Regelkreis wie Regelgröße, Sollwert, Stellgröße und Störgröße zu verstehen. Die Alltagsbeispiele in Tabelle 1.1 sollen Ihnen dabei helfen.

Beispiel	Regelgröße	Regelung	Stellgröße	Prozess	Störgröße
Heizung	Raumtemperatur	Thermostat und Heizungsregler	Ventilöffnung und Mischereinstellung	Erzeugung und Transport von Warmwasser	Außentemperatur und Wärmeverluste
Tempomat	Geschwindigkeit	Steuergerät	Kraftstoffzufuhr	Erzeugung von Antriebsmoment und Bremsmoment	Steigungen, Gegenwind
Autopilot	Kurs	Elektronische Steuerung	Ruderstellung	Kursänderung	Querströmung
Aufrechtes Stehen	Senkrechte Haltung	Zentrales Nervensystem	Motorik und Muskeln	Stabilisierende Bewegung	Anrempeln, Windstoß
Körpertemperatur	Bluttemperatur	Temperaturzentrum Zwischenhirn	Schweißdrüsen, Hautkapillare	Wärmeerzeugung, Wärmeabfuhr	Außentemperatur, Muskelarbeit
Pupille	Lichteinfall auf Netzhaut	Zentrales Nervensystem	Iris-muskulatur	Veränderung Pupillenöffnung	Plötzlich veränderter Lichteinfall
Mensch in der Dusche	Wassertemperatur	Mensch	Mischhebel	Kalt- und Warmwassertransport	Druckschwankungen
Autofahren Lenkung	Fahrtrichtung	Fahrer	Lenkrad, Lenkgetriebe, Lenkwinkel	Kurvenfahrt des Fahrzeugs	Seitenwind

Tabelle 1.1: Regelungsbeispiele aus Technik und Biologie

Alles ist in Bewegung

Sie werden schon bemerkt haben, in der Regelungstechnik steckt Bewegung, also zeitliche Veränderung. Die Physik und die Regelungstechnik nennen das *Dynamik*.



Die *Dynamik* beschreibt die zeitliche Veränderung eines Systems.

Das Besondere der Regelungstechnik ist, dass sie Dynamik nicht nur beschreibt, sondern auch gewünschte Dynamik erzeugt. Aha! Wie aber lässt sich Dynamik, also zeitliche Veränderung, in einem Buch darstellen? Das geht zum einen mit der verbalen Beschreibung »schnell« oder »langsam«, viel besser aber mit Diagrammen, die eine Zeitachse besitzen. Abbildung 1.5 zeigt zwei Temperaturverläufe unterschiedlicher Dynamik.

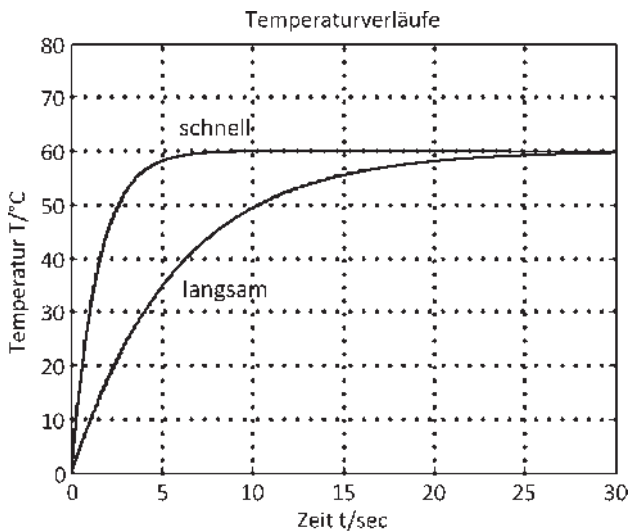


Abbildung 1.5: Prozessverläufe können unterschiedliche Dynamik besitzen



Dynamik darstellen

Halten Sie Ihre rechte oder Ihre linke Hand flach nach vorn. Heben Sie die Hand dann um etwa 40 Zentimeter an und zwar mit der Geschwindigkeit, wie sich die Temperaturen in Abbildung 1.5 verändern, erst die »langsame«, dann die »schnelle«. Beachten Sie, dass in beiden Fällen die Geschwindigkeit beim Ansteigen abnimmt. Im langsamen Fall sind die 50 Prozent, also 30 °C, nach vier Sekunden, im schnellen Fall nach einer Sekunde erreicht. Stellen Sie so den Temperaturanstieg in »Echtzeit« dar. Sie bekommen ein Gefühl dafür, was Zeitdiagramme darstellen.

Die Aufgaben von Regelungen

Im Zentrum des Interesses steht die *Regelgröße*.



Die *Regelgröße* ist diejenige physikalische Größe eines Prozesses, die mithilfe eines Reglers auf einen gewünschten Wert gebracht und dort gehalten werden soll.

Was sind solche Regelgrößen in der Technik? Das sind Bewegungen von Maschinenteilen wie Arme von Industrierobotern, Bewegungen von Werkzeugmaschinen, aber auch Temperaturen in Industrieöfen, Flüssigkeitsstände in Behältern, Gasdrücke in chemischen und verfahrenstechnischen Anlagen, um erst mal einige Beispiele zu nennen.

Durch das Zusammenspiel von Prozess und Regelung entstehen dabei ganz neue Möglichkeiten, einen Prozess ablaufen zu lassen. Allerdings ist dazu für die Regelung die richtige Strategie und Einstellung zu wählen. In diesem Buch lernen Sie, wie dabei vorzugehen ist.

Die Regelstrecke

Um einen Prozess regeln zu können, das heißt eine Regelgröße schnell und genau auf einen gewünschten Wert zu bringen, ist eine Einrichtung nötig, die den Stellbefehl der Regelung in eine Veränderung des Prozesses umsetzt. Das ist die Aktorik, sozusagen das Gaspedal. Der Erfolg dieser Prozesseinflussnahme wird gemessen, das ist die Sensorik. Das ist der Tachometer, um im Bild zu bleiben.



Die Regelung arbeitet somit an den drei Teilsystemen Aktorik, Prozess und Sensorik. Das Zusammenspiel von Aktorik, Prozess und Sensorik nennt die Regelungstechnik die *Regelstrecke* (siehe Abbildung 1.6).

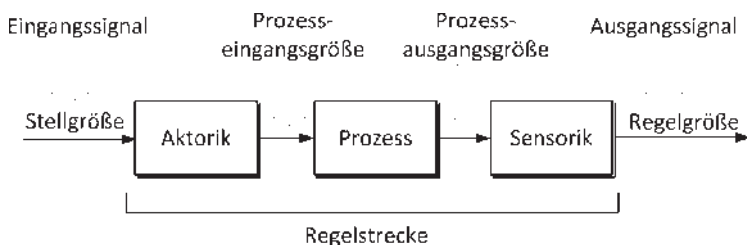


Abbildung 1.6: Die Regelstrecke besteht aus Aktorik, Prozess und Sensorik

Die Stellgröße gibt vor, was am Prozess getan werden soll. Die Aktorik setzt das am Prozess mit der Prozesseingangsgröße um. Die Regelgröße gibt über die Sensorik Auskunft darüber, wie der Prozess mit der Prozessausgangsgröße darauf reagiert. Stellgröße und Regelgröße sind also die Signale für die physikalischen Ursachen und Auswirkungen am Prozess. Nur mit diesen Signalen sind überhaupt quantitative Aussagen über das Geschehen in Maschine und Anlage möglich.

Da der Befehl der Stellgröße an die Aktorik und die Meldung der Sensorik durch die Regelgröße nur Signale, also Informationen über Prozesseingänge und Prozessausgänge, sind, ist es wichtig, dass die Aktorik und Sensorik verlässlich arbeiten und diese Signale fehlerfrei umsetzen.

Die drei Schritte zu Regelungen

Der Aufbau von gut funktionierenden Regelungen erfolgt immer in drei Schritten:

1. Analyse der Regelstrecke

Wie verhält sich der Prozess, wenn er über die Aktorik verstellt wird? Gemessen wird das über die Sensorik.

2. Vorgabe des gewünschten Regelverhaltens

Was wird von der Regelung an Genauigkeit, Geschwindigkeit und Robustheit erwartet?

3. Berechnung der Regelung

Aus dem Verhalten der Regelstrecke und den Erwartungen an die Regelung resultiert die Einstellung der Regelung.

Es gibt viel zu tun

Die Regelung hat dabei vier wesentliche Aufgaben zu erfüllen:

- ✓ Das Wichtigste zuerst: Die Regelung muss die Regelgröße stabil auf einem Wert halten können und darf nicht instabil werden.
- ✓ Die Regelgröße soll möglichst genau auf den Sollwert laufen.
- ✓ Bei der Veränderung des Sollwerts ist die Regelgröße schnell und möglichst ohne Überschwingen dem Sollwert nachzuführen.
- ✓ Auftretende Störungen sind schnell und ohne große Einbrüche auszuregeln.

Die Abbildungen 1.7 bis 1.10 geben Beispiele zu diesen vier Aufgaben.

Abbildung 1.7 zeigt für eine Positionierung eines Industrieroboters von 6 Millimeter auf 5 Millimeter einen stabilen und einen instabilen Fall. Der Regelkreis wird instabil, wenn die Regelung falsch berechnet oder eingestellt wurde. Es kann aber auch passieren, dass die Dynamik des Prozesses sich so stark verändert, dass der Regler dazu nicht mehr passt und die Regelung instabil wird.

Die Temperaturregelung in Abbildung 1.8 zeigt einen günstigen Fall ohne Abweichung des Prozesszustands vom Sollzustand und einen ungünstigen mit einer bleibenden Abweichung von etwa 2 °C.

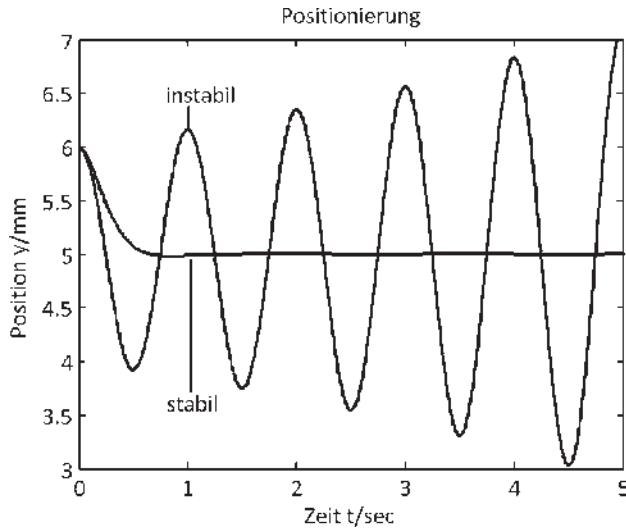


Abbildung 1.7: Bei einem falsch eingestellten Regler wird der Regelkreis instabil

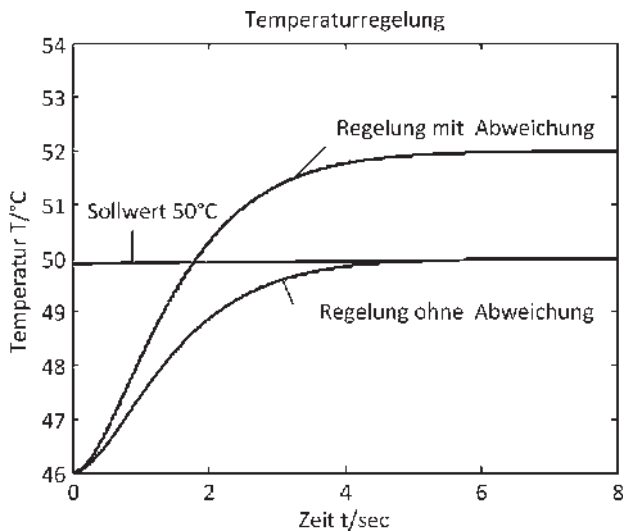


Abbildung 1.8: Regelungen ohne bleibende Abweichungen sind erwünscht

Abbildung 1.9 dokumentiert zwei Fälle einer Füllstandsregelung: ein »schnelles« und gut gedämpftes Erreichen des Sollwerts sowie ein »langsames« Verhalten mit starken Schwingungen.

Abbildung 1.10 zeigt zwei Fälle einer Druckregelung nach einer Störung. Mit einer richtigen Einstellung der Regelung kann der Einfluss der Störung deutlich verringert werden.

Versuchen Sie auch für diese vier Diagramme, die Dynamik mit einer entsprechenden Arm-bewegungen in Echtzeit darzustellen.

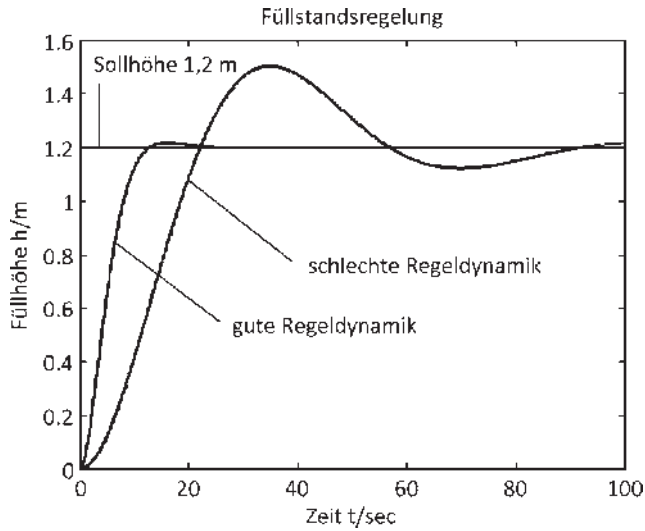


Abbildung 1.9: Schnelles Erreichen der Sollhöhe ist erwünscht

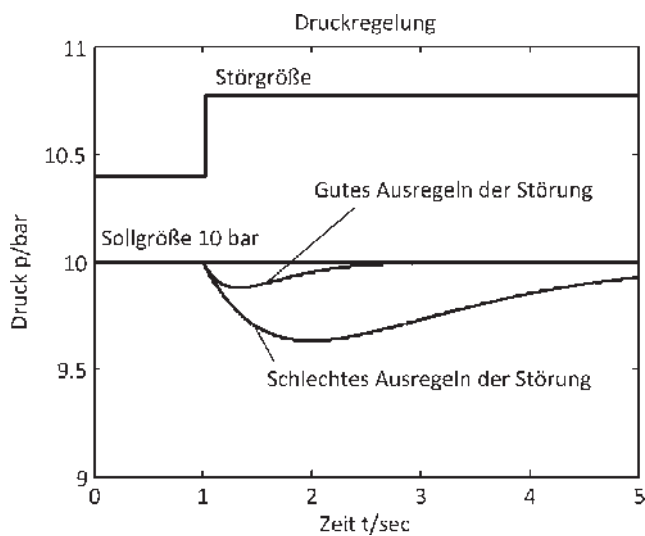


Abbildung 1.10: Regelungen werden auch mit Störungen fertig

Viele Partner in einem Kreis

Für das Funktionieren technischer Regelkreise sind mehrere Komponenten erforderlich. Das zeigt Abbildung 1.11 – hier einmal wirklich in einem Kreis dargestellt, denn es wird ja in der Regelungstechnik immer vom Regelkreis gesprochen. Bei dieser Darstellung wird das Besondere der Regelungstechnik sehr deutlich: die gegenseitige Beeinflussung aller Komponenten.

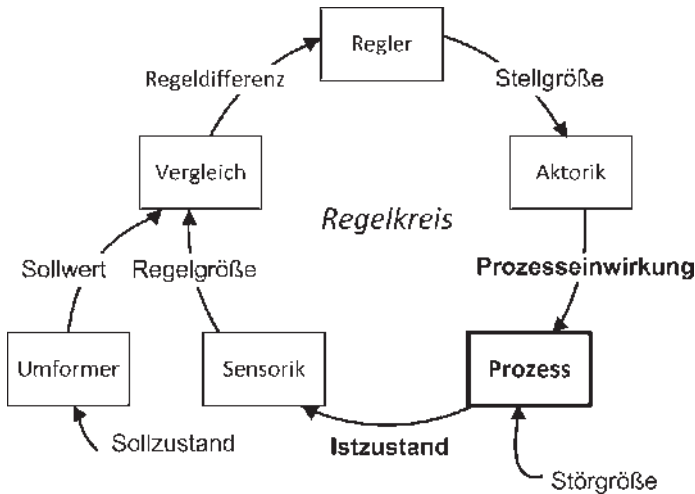


Abbildung 1.11: Im Regelkreis arbeiten viele Partner zusammen

Es gibt zwei Größen, die von außen in diesen Kreislauf gehen: die Vorgabe des gewünschten Sollzustands und der unerwünschte Einfluss von Störgrößen. Das Ziel ist es, mit dem Regler den Sollwert schnell zu erreichen und Störungen gut zu kompensieren. Die physikalischen Vorgänge in der Maschine oder Anlage sind in Abbildung 1.11 mit fetten Linien dargestellt.

Die folgende Beschreibung der Teile des Regelkreises fasst alles noch einmal zusammen.

- ✓ **Prozess:** Die Prozesse in Maschinen, Anlagen, Fahrzeugen oder Geräten sind Vorgänge, die in gewünschter Weise ablaufen sollen. In vielen Fällen sind dazu Regelungen, das heißt kontinuierliche Beeinflussungen erforderlich. Die Regelung bringt mithilfe der Einwirkung auf einen Prozess den physikalischen Zustand auf einen gewünschten Wert.
- ✓ **Sensorik:** Die Sensorik erfasst den Istzustand des Prozesses und macht daraus die Messsignale der Regelgröße. Erst mit der Sensorik sind quantitative Aussagen über den Prozessverlauf möglich.
- ✓ **Sollwert-Umformer:** Der Sollwert-Umformer ist ein Eingabegerät, das aus den physikalischen Vorgaben (Sollzustände) für die Regelung solche Sollwerte macht, die mit den Messsignalen verglichen werden können.
- ✓ **Vergleich:** Der Vergleich von Sollwert und Regelgröße ergibt die Regeldifferenz. Dabei wird die Regelgröße vom Sollwert abgezogen.
- ✓ **Regler:** Der Regler wertet die Regeldifferenz aus und berechnet eine geeignete Stellgröße, um die Regeldifferenz abzubauen.
- ✓ **Aktorik:** Die Aktorik setzt die berechnete Stellgröße in eine physikalische Prozesseinwirkung (Prozesseingangsgröße) um. Das Ziel ist es, damit den Istzustand so zu verstellen, dass die Regeldifferenz möglichst zu null wird.

Der Prozess findet im technischen System (Maschine, Anlage, Fahrzeug oder Gerät) statt. Sensorik und Aktorik sind im technischen System integriert und über Signalleitungen mit der Regeleinrichtung (Sollwert-Umformer, Vergleich und Regler) verbunden.



Regelung einer Füllhöhe

Das Beispiel in Abbildung 1.12 zeigt die Regelung einer Füllhöhe in einem Flüssigkeitsbehälter. Ist die Füllhöhe im Vergleich zum Sollwert zu gering, wird der Zulauf geöffnet, im anderen Fall wird der Ablauf geöffnet.

- ✓ **Prozess:** Die Füllhöhe ändert sich mit Verstellung von Zulauf und Ablauf.
- ✓ **Sensorik:** Ein Drucksensor am Behälterboden misst die aktuelle Füllhöhe über den hydrostatischen Druck.
- ✓ **Sollwert-Umformung:** Die Vorgabe der Soll-Füllhöhe wird umgeformt in den elektrischen Sollwert für die Regelung.

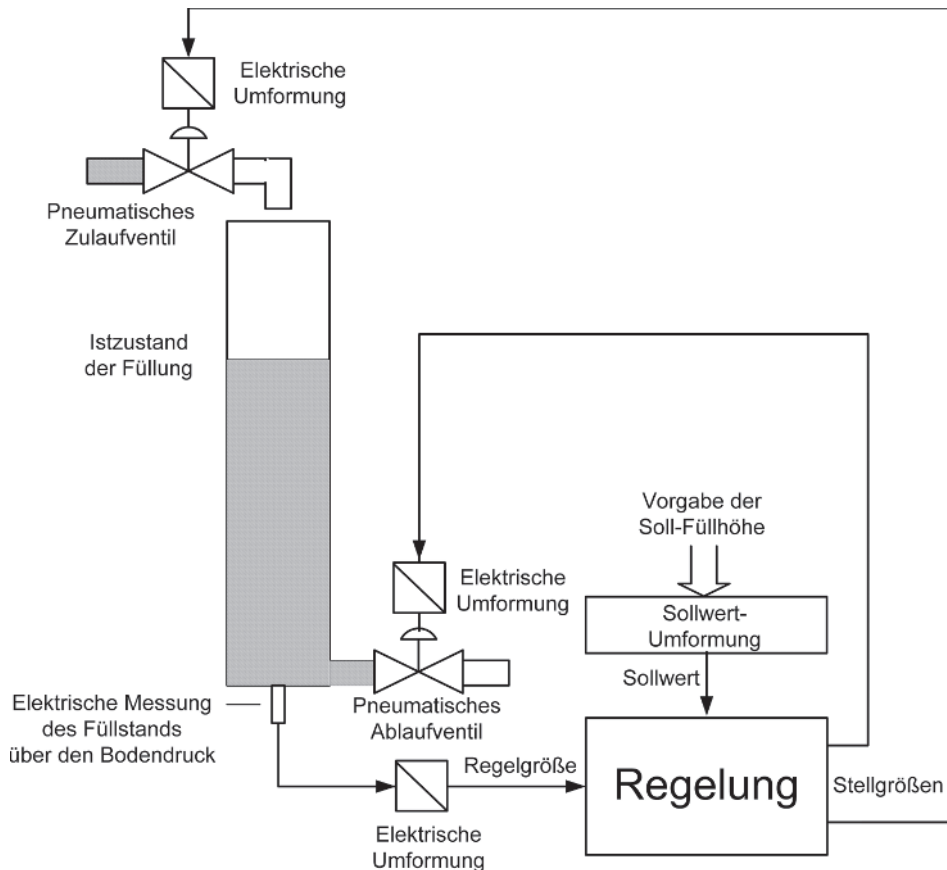


Abbildung 1.12: Die Regelung stellt die gewünschte Füllhöhe in einem Behälter ein

- ✓ **Vergleich:** Die Bildung der Regeldifferenz findet in der elektronischen Regelung statt.
- ✓ **Regelung:** Aus der Regeldifferenz berechnet die Regelung geeignete Stellgrößen für Zulauf und Ablauf.
- ✓ **Aktorik:** Die Aktorik besteht für Zulauf und Ablauf aus einer elektrischen Umformung und einem pneumatischen Ventil.

Das Anlagenbild in Abbildung 1.12 hat zunächst wenig Ähnlichkeit mit der Struktur in Abbildung 1.11. Es sind jedoch alle Teile enthalten, und das gehört zu den Kompetenzen in der Regelungstechnik: in konkreten technischen Gegebenheiten regelungstechnische Strukturen zu erkennen.

Prozess und Regelung im Wechselspiel

Es ist Ihnen schon klar geworden, dass die Regelung in gewünschter Weise auf den Prozess einwirken soll und dass sich Prozess und Regelung gegenseitig beeinflussen. Während der Prozess mit handfester Technik Energie umsetzt, besteht die Regelung im Wesentlichen aus Informationsverarbeitung, realisiert in einem Rechner oder einem speziell für diese Aufgabe vorgesehenen digitalen Regelgerät. Die an den Prozess angekoppelte Aktorik erzeugt aus der von der Regelung berechneten Stellinformation den physikalischen Prozesseingang. Die Sensorik erfasst den für die Regelung wichtigen Prozesszustand und stellt diese Information dem Regler zur Verfügung.



Das kann auch so formuliert werden: Im Prozess wird Materie und Energie transportiert und umgeformt, die Sensorik sorgt für die Informationsgewinnung über den Prozess, die Regelung verarbeitet diese Information und die Aktorik ist zuständig für die Informationseinwirkung.

Dieser Zusammenhang, der nicht nur auf die Regelungstechnik zutrifft, sondern allgemein für die Automatisierungstechnik gilt, ist in Abbildung 1.13 dargestellt.

Die Informationseinwirkung (Aktorik), der Prozess und die Informationsgewinnung (Sensorik) ergeben zusammen die Regelstrecke mit Signalen am Eingang und Ausgang, wie schon weiter vorn in diesem Kapitel in Abbildung 1.6 dargestellt. An die Regelstrecke kann jetzt die Informationsverarbeitung der Regelung angekoppelt werden. Diese beiden Partner mit Signalen an Eingängen und Ausgängen werden zum Regelkreis zusammengeschaltet. Die beiden Partner haben jeder für sich ein Eigenleben, eine Dynamik. Die Dynamik des Prozesses mit Aktorik und Sensorik ist vorgegeben. Die Dynamik der Regelung wird entworfen – das ist Inhalt und Aufgabe der Regelungstechnik.

Allerdings können Sie mit einer Regelung weder das Flugverhalten eines Jumbojets in das eines Sportflugzeugs umwandeln noch ein träges Frachtschiff durch Regelung zu einem flotten Motorboot machen. Da sind Grenzen gesetzt, das sehen Sie sicher sofort ein. Jedoch kann eine Regelung einen trägen Vorgang in Grenzen durchaus verbessern.

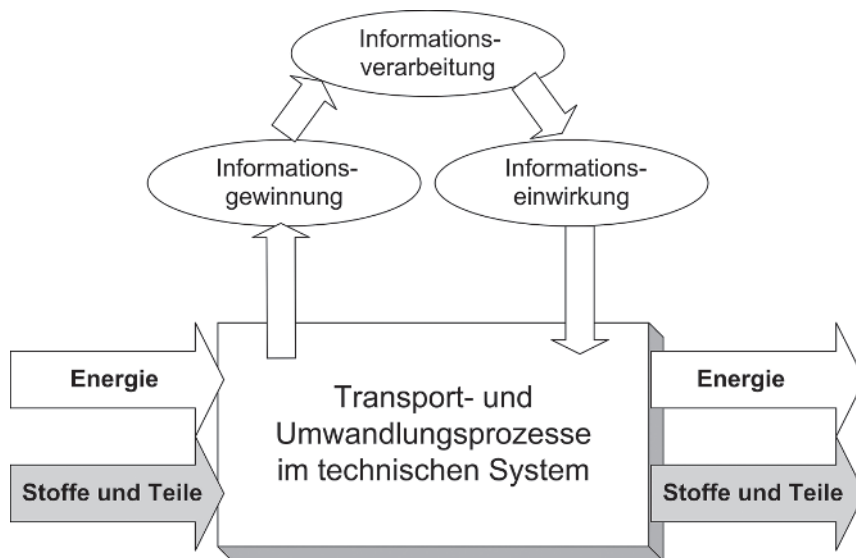


Abbildung 1.13: Stoffe, Energien und Informationen werden verarbeitet

Die Beispiele machen deutlich, dass der Regelungstechniker sich zunächst mit der Dynamik des Prozesses auseinandersetzen muss. Da reichen keine qualitativen Aussagen wie »viel« und »wenig« oder »schnell« und »langsam«, sondern Sie brauchen quantitative Angaben zum Verhalten des Prozesses, also genaue Zahlen. Da die Regelungstechnik in allen Branchen stattfindet, hat sie fachübergreifend eine einheitliche und einfache mathematische Beschreibung von Prozessen entwickelt. Die in der Regelungstechnik verwendeten Prozessbeschreibungen heißen *Prozessmodelle*.

Ob das Sensorsignal von der Position eines Roboterarms, von der Temperatur in einem Industrieofen, von dem Flüssigkeitsniveau in einem Behälter oder von dem Druck in einem Gasbehälter stammt, ist für die Regelungstechnik nicht entscheidend, sondern es interessiert, wie die Signale sich dynamisch verhalten und was von der Regelung erwartet wird.



Prozessmodelle beschreiben das Verhalten von realen Prozessen mit mathematischen Methoden. Das gelingt nie hundertprozentig, deshalb gilt für die Modellbildung: Mach das Modell so einfach wie möglich und so genau wie für den Zweck nötig.

Der Entwurf einer Regelung basiert auf dem Prozessmodell und den Anforderungen an die Regelung. Auch für die Regelung stehen standardisierte mathematische Funktionen zur Verfügung. Die Einstellwerte der Regelung müssen allerdings zum Prozess passen. So wird eine Regelung für einen Prozess, der in Bruchteilen einer Sekunde ablaufen soll, sicherlich andere Einstellwerte benötigen als ein Vorgang im Minutenbereich.

Das Prozessmodell ist also für die richtige Berechnung und Einstellung der Regelung sehr wichtig. Es gibt zwei Methoden, um zum Prozessmodell zu kommen:

- ✓ die theoretische Methode der physikalischen Modellbildung und
- ✓ die experimentelle Methode mit Versuchen am Objekt.