

Dieses Blockschaltbild hat die für eine Steuerung charakteristische Struktur einer *Steuerkette*:

- Es liegt ein *offener* Wirkungsablauf über ein oder mehrere, in Reihe geschaltete Übertragungsglieder vor.
- Die eigentliche Zielgröße der Steuerung (im Beispiel die Innentemperatur) wird *nicht* gemessen; dies hat zur Folge, dass das Steuergerät Abweichungen dieser Größe vom Sollwert *nicht* bemerkt und insofern darauf auch nicht reagieren kann. Dies ist der entscheidende Nachteil der Steuerung.
- Das Steuergerät wird im Allgemeinen so eingestellt, dass die Steuerung unter bestimmten Bedingungen „vernünftig“ funktioniert. Ändern sich diese Bedingungen (z. B. durch Auswechseln des Heizkörpers gegen einen Heizkörper anderer Baugröße), so wird sich das Systemverhalten verschlechtern.
- Tritt eine Störung auf (z. B. durch Öffnen des Fensters, Störgröße  $z_2$ ), so merkt das Steuergerät davon ebenfalls nichts. Es wird daher in diesem Fall zu einem ungehinderten Abfall der Innentemperatur kommen. Umgekehrt würde es beispielsweise beim Anzünden eines Kamins im Wohnraum zu einer Erhöhung der Raumtemperatur kommen, da das Steuergerät auch darauf nicht reagieren und daher weiterhin unvermindert heizen würde.

Bei einer Steuerung liegt ein offener Wirkungsablauf (Steuerkette) vor. Eine Steuerung kann auf Störungen im Allgemeinen nicht reagieren.



## 1.3 Das Prinzip der Rückkopplung (Regelung)

### 1.3.1 Beispiel Raumtemperaturregelung

Das im vorangegangenen Abschnitt erläuterte Ziel der Einhaltung einer bestimmten Raumtemperatur kann statt über eine Steuerung auch über eine Regelung erreicht werden. Das Wirkschaltbild dazu zeigt Abbildung 1.6.

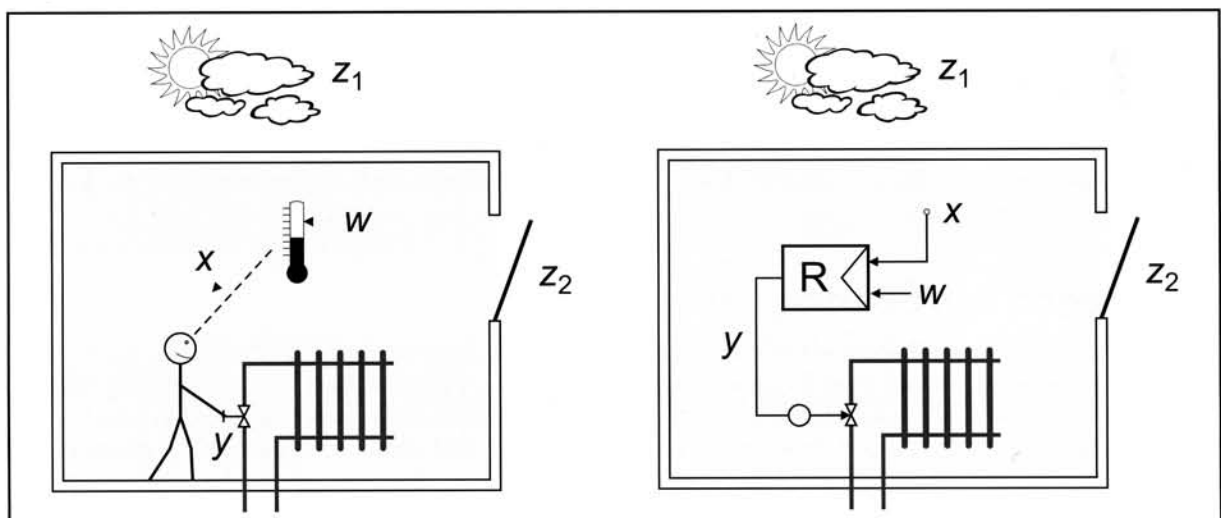


Abbildung 1.6: Prinzip der Raumtemperaturregelung (links: manuell, rechts: automatisch)

Die Funktionsweise ist hier nun wie folgt:

- Der Raum mit Heizkörper stellt wiederum den zu beeinflussenden Prozess dar; er wird in diesem Fall als *Regelstrecke* oder kurz *Strecke* bezeichnet.
- Über ein Raumthermometer findet eine ständige Messung der Zielgröße Innentemperatur (*Regelgröße*  $x$ ) statt. Diese wird mit der gewünschten Soll-Temperatur (*Sollwert*  $w$ ) verglichen. Die Differenz zwischen beiden Größen stellt die so genannte *Regeldifferenz*  $e$  dar.
- In Abhängigkeit von dieser Regeldifferenz wird nun das Heizventil verstellt. Dies kann per Hand (linkes Teilbild) oder automatisch durch den *Regler*  $R$  erfolgen (rechtes Teilbild). Ist der gemessene Temperaturwert kleiner als der Sollwert, wird das Ventil weiter geöffnet, ist er größer, wird es weiter geschlossen. Dadurch wird der aktuelle Temperaturwert (Istwert) an den Sollwert herangeführt.

Auch hier werden die Zusammenhänge durch ein Blockschaltbild unmittelbar deutlich:

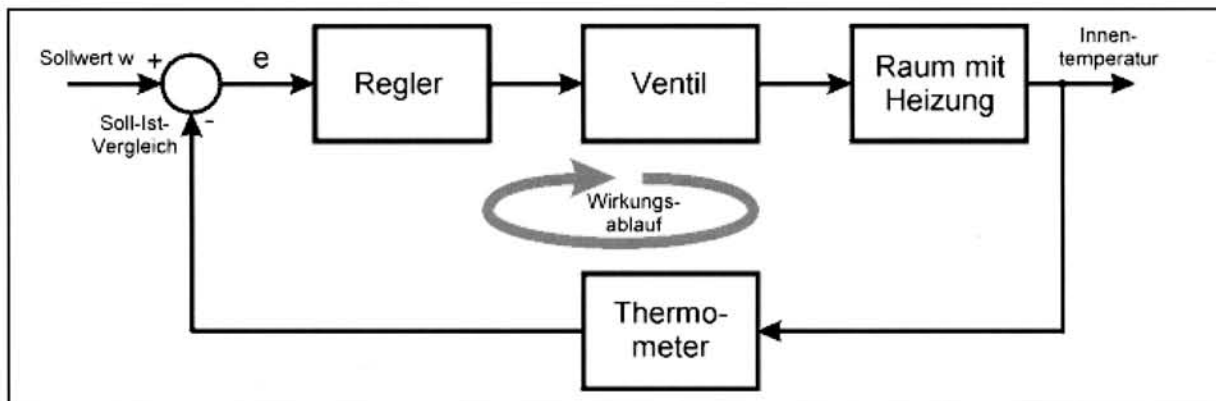


Abbildung 1.7: Wirkungsplan der Raumtemperaturregelung

Man erkennt, dass durch eine scheinbar geringe Änderung des Wirkschaltbildes gegenüber der Steuerung (Verlegen des Thermometers in den Innenraum) eine wesentliche Verbesserung des Systemverhaltens erzielt wird. Es entsteht nämlich ein *geschlossener* Wirkungsablauf mit Rückkopplung der Regelgröße, ein so genannter *Regelkreis*. Durch den ständigen Soll-Ist-Vergleich bemerkt der Regler eine Abweichung vom Sollzustand unmittelbar und kann dieser durch einen entsprechenden Stell-eingriff (Öffnen bzw. Schließen des Ventils) entgegen wirken. Dabei ist es völlig gleichgültig, ob diese Abweichungen vom Sollzustand (Regeldifferenz) durch Änderungen in der Regelstrecke selbst (Parametervariationen wie z. B. Austausch des Heizkörpers gegen einen anderen Typ) oder aber irgendwelche Störungen (z. B. Öffnen des Fensters oder starker Sonneneinfall durch das Fenster) zustande kommen. Dies ist der prinzipielle Vorteil eines Regelkreises gegenüber einer Steuerkette. Ein Nachteil der Regelung liegt jedoch darin, dass in jedem Fall eine Messung der Regelgröße erforderlich ist, was in der Regel zu einem höheren Materialaufwand (Sensor) führt; insbesondere gilt dies im betrachteten Beispiel, wenn eine Temperaturregelung parallel in mehreren Räumen erfolgen soll. Bei einer Steuerung ist hingegen die Messung der Regelgröße nicht erforderlich (u. U. aber - wie bei der besprochenen Raumtemperatursteuerung - die Messung anderer Größen).

Bei einer Regelung liegt ein geschlossener Wirkungsablauf (Regelkreis) mit Messung der zu regelnden Größe vor. Eine Regelung kann daher auf Störungen besser reagieren als eine Steuerung.



## 1.4 Begriff des Übertragungsgliedes

Alle Komponenten eines Regelkreises können als *Übertragungsglieder* aufgefasst werden, die aus einem vorgegebenen Verlauf ihrer Eingangsgröße(n) nach einem spezifischen Zusammenhang den entsprechenden Verlauf der Ausgangsgröße(n) erzeugen. In der Regelungstechnik werden Übertragungsglieder unabhängig von ihrer physikalischen Struktur (elektrisch, mechanisch, ...) meist in Blockstruktur dargestellt (Abbildung 1.8). Dabei weist ein solches „System“ dann eine oder mehrere Eingangsgrößen (unten  $y$ ) und ein oder mehrere Ausgangsgrößen (unten  $x$ ) auf. Durch Verknüpfung einzelner Systemblöcke (Reihen- oder Parallelschaltung) lassen sich dann beliebig komplexe Systemstrukturen in übersichtlicher Form als so genannter *Wirkungsplan* darstellen.



Abbildung 1.8: Übertragungssystem

Die Komplexität eines Übertragungssystems wird durch seine Ordnung (d. h. die Zahl der im System enthaltenen unabhängigen Energiespeicher) gekennzeichnet.

Die Ordnung eines Übertragungsgliedes ist durch die Zahl seiner unabhängigen Energiespeicher gegeben.



Die Ordnung eines Übertragungsgliedes ist durch die Zahl seiner unabhängigen Energiespeicher gegeben.

Das im nachfolgenden Bild dargestellte RC-Glied besitzt einen Energiespeicher (nämlich den Kondensator) und stellt somit ein System 1. Ordnung dar.

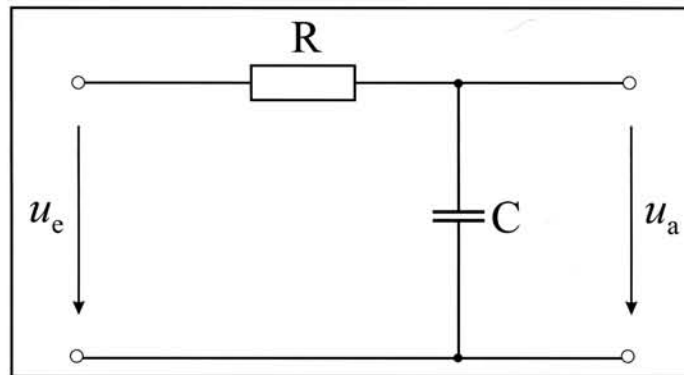


Abbildung 1.9: RC-Glied als ein Beispiel für ein Übertragungssystem

- Betrachten wir zunächst den Fall, dass der Kondensator zum Zeitpunkt  $t = 0$  auf eine Spannung  $u_{a0} = u_a(t = 0)$  (also z. B. 5 V) aufgeladen sei und der Eingang des Netzwerks in diesem Moment kurzgeschlossen wird (d. h.  $u_e(t) = 0$ ). Die Ausgangsspannung folgt dann der Gleichung

$$u_a(t) = u_{a0} e^{-t/RC},$$

d. h. die Kondensatorspannung fällt beginnend beim Anfangswert  $u_{a0}$  e-förmig gegen 0 ab (Entladekurve eines Kondensators, Abbildung 1.10 links).

Betrachten wir nun den Fall, dass der Kondensator zum Zeitpunkt  $t = 0$  vollständig entladen ist ( $u_{a0} = u_a(t = 0) = 0$ ) und in diesem Moment eine Eingangsspannung  $u_{e0} = u_e(t = 0)$  auf das Netzwerk geschaltet wird. Die Ausgangsspannung folgt in diesem Fall der Gleichung

$$u_a(t) = u_{e0} (1 - e^{-t/RC}),$$

d. h. die Kondensatorspannung steigt von 0 e-förmig auf den Eingangswert  $u_{e0}$  an (Ladekurve eines Kondensators, Abbildung 1.10 rechts).

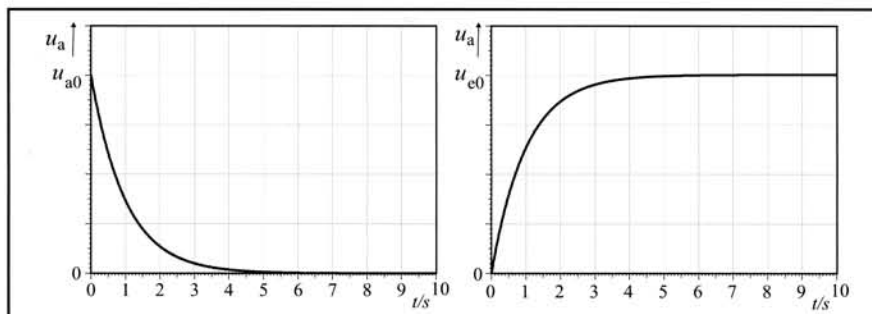


Abbildung 1.10: Entladekurve (links) und Ladekurve (rechts) eines Kondensators (hier für  $R \cdot C = 1$  s).

Beim RC-Glied handelt es sich wie bei den meisten in der Regelungstechnik betrachteten Übertragungsgliedern um ein *lineares* System, sodass das so genannte *Verstärkungsprinzip* gilt. Dies besagt, dass sich bei einer Multiplikation des Eingangssignals mit einem konstanten Faktor ein Ausgangssignal ergibt, das um denselben Faktor vergrößert bzw. verkleinert ist. Legt man also beispielsweise die doppelte Eingangsspannung an das RC-Netzwerk an, so erhält man eine Ladekurve mit genau doppelt so großer Amplitude.