

Leseprobe

Birgit Steffenhagen

Kleine Formelsammlung Regelungstechnik

ISBN: 978-3-446-41467-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

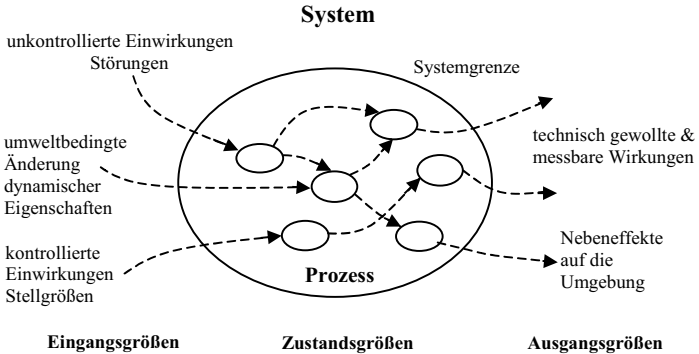
<http://www.hanser.de/978-3-446-41467-9>

sowie im Buchhandel.

# 1 Grundbegriffe

## 1.1 Systeme und Signale

Ein *System* ist ein von seiner Umgebung durch Systemgrenzen abgetrennter Teil eines größeren Ganzen. In einem System laufen Prozesse ab. Es ist aus Komponenten aufgebaut, die wiederum Systeme sind. Diese Teilsysteme sind durch Material-, Energie- und/oder Informationsströme verknüpft, die als *Signale* bezeichnet werden. Ein System stellt also eine *Funktionseinheit zur Verarbeitung und Übertragung von Signalen* dar.



### Systemstruktur

Gesamtheit aller Verknüpfungen zwischen den Systemkomponenten

### Systemgrößen

- *Eingangsgrößen*: Wirken auf das System ein und verursachen zeitliche Veränderungen im Inneren, werden vom System selbst nicht beeinflusst (Rückwirkungsfreiheit).
- *Ausgangsgrößen*: Werden vom System als Reaktion auf Eingangsgrößen beeinflusst, beschreiben Wirkung nach außen.

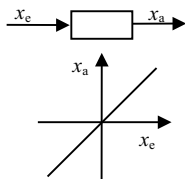
- **Zustandsgrößen:** Zeitlich veränderliche Systemgrößen, mit deren Kenntnis zu einem bestimmten Zeitpunkt bei gegebenem Eingangsgrößenverlauf das Systemverhalten (Verlauf der Ausgangsgrößen) eindeutig bestimmbar ist. Sie wirken nur im Inneren.

## Systemparameter

*Systemparameter* sind Kenngrößen, die das Verhalten des Systems prinzipiell bestimmen und zumindest während der Untersuchungszeit eines Systems zeitlich konstant bleiben.

## Statisches Übertragungsverhalten

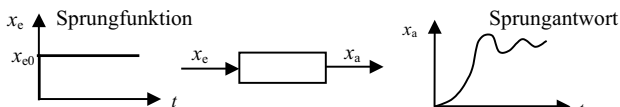
Abhängigkeit des Ausgangssignals vom Eingangssignal im stationären Zustand, d.h., wenn sich  $x_e$  und  $x_a$  zeitlich nicht mehr ändern; Darstellung durch Kennlinien oder Kennfelder



## Dynamisches Übertragungsverhalten

Abhängigkeit des Ausgangssignals vom Eingangssignal bei Änderung des Eingangssignals; mathematische Beschreibung durch Differenzialgleichung, Frequenzgang, Übertragungsfunktion, Zustandsraumdarstellung; grafische Beschreibung durch Übergangsfunktion oder Gewichtsfunktion

Die *Übergangsfunktion*  $h(t)$  ist der auf einen Sprung des Eingangssignals folgende Ausgleichsvorgang des Ausgangssignals, bezogen auf die Sprunghöhe des Eingangssignals (s. Abs. 2.3.2).

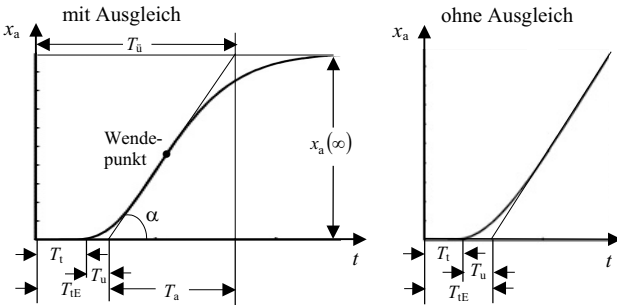


$$x_e(t) = x_{e0} \cdot 1(t)$$

$$\text{Übergangsfunktion: } h(t) = \frac{x_a(t)}{x_{e0}}$$

*Systeme mit Ausgleich:* Auf ein sprungförmiges beschränktes Eingangssignal folgt ein beschränktes Ausgangssignal.

*Systeme ohne Ausgleich:* Auf ein sprungförmiges beschränktes Eingangssignal folgt ein unbeschränktes Ausgangssignal.



$T_i$	Totzeit (vom Totzeitglied)
$T_u$	Verzugszeit (durch Verzögerungen höherer Ordnung)
$T_{iE}$	Ersatztotzeit
$T_a$	Anlaufzeit (Anstiegszeit)
$T_{\ddot{u}}$	Übergangszeit
$K_P = \frac{x_a(\infty)}{x_{e0}}$	Übertragungsfaktor (Verstärkung), für Glieder mit Ausgleich
$c_s = k_0 \tan \alpha$	Anstiegsgrad, $k_0$ dimensionsloser Faktor
$A = \frac{1}{k_0} \cot \alpha$	Anlaufwert (für $x_{e0} = x_{e0\max}$ )
$x_a(\infty)$	stationärer Endwert des Ausgangssignals
$x_{e0}$	Sprunghöhe des Eingangssignals

## Signal

Ist die Zeitfunktion einer physikalischen Größe (Signalträger), die durch einen ihrer Parameter Informationen überträgt. Dieser Informationsparameter kann der analoge Signalwert, die Pulsweite, die Pulsamplitude oder die Frequenz sein. Signale sind energie- und massearm.

## Unterscheidung von Signalen

### Quantisierung des Informationsparameters

- Analoge Signale: Informationsparameter kann innerhalb eines vorgegebenen Bereiches jeden beliebigen Wert annehmen.
- Diskrete Signale: Informationsparameter kann nur diskrete Werte annehmen; heißen digital, wenn die diskreten Werte des Informationsparameters kodiert sind.

### Zeitliche Quantisierung

- Kontinuierliche Signale: Informationsparameter ist zu jedem beliebigen Zeitpunkt veränderbar.
- Diskontinuierliche Signale: Informationsparameter ist nur zu bestimmten Zeitpunkten veränderbar.

Quantisierung des Informationsparameters

ohne:  
analog

#### Zeitliche Quantisierung

ohne: kontinuierlich

mit: diskontinuierlich (getastet)

Analoge kontinuierliche Signale

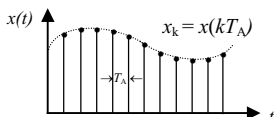
Analoge diskontinuierliche Signale:  
pulsamplituden-, pulslängen-,  
pulsphasenmodulierte Signale  
(ohne Quantisierung der Amplitude,  
Phase usw.)

ohne Trägerfrequenz:

Gleichspannungssignale

mit Trägerfrequenz:

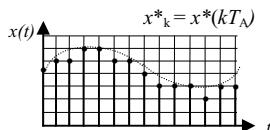
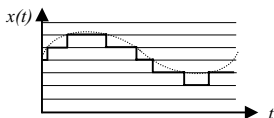
phasen-, amplituden-,  
frequenzmodulierte Signale



mit:  
diskret

Diskrete kontinuierliche Signale:  
Ausgangssignale von Zwei- und  
Dreipunktreglern; logische Signale  
in rein statischen Systemen

Diskrete diskontinuierliche Signale:  
Ausgangssignale von D/A-  
Umsetzern, Pulscode-,  
Pulszahlensignale

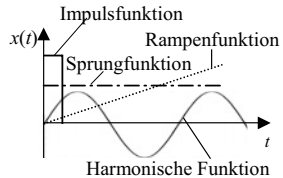


### Anwendungssicht

- Nutzsignale
- Störsignale (z.B. aus Umwelteinflüssen oder anderen Systemen resultierend)

### Zeitverlauf

- **Determinierte Signalverläufe:**  
Zeitlicher Verlauf eindeutig im Voraus bestimmbar.
- **Stochastische Signale:**  
Vorher nicht bestimmbare Zufallsfunktionen, durch statistische Kenngrößen beschreibbar.



## 1.2 Steuerung und Regelung

### Steuerung (allgemeiner Aspekt)

Zielgerichtete Beeinflussung eines dynamischen Systems hinsichtlich des statischen und dynamischen Verhaltens

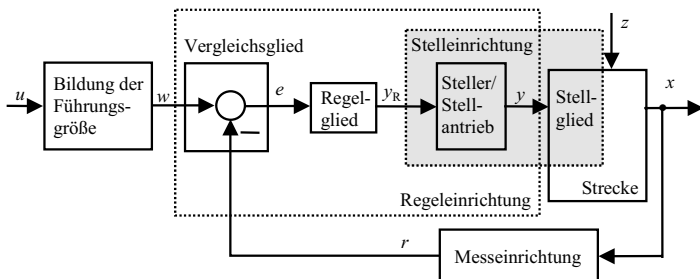
### Zielfunktion

- Legt Kriterien über Güte, zulässige Fehler, z.B. maximale bleibende Regelabweichung, Gewinn oder Kosten fest.
- Dient als Grundlage zur Lösung eines Steuerungsproblems und zur Beurteilung der Güte einer vorgeschlagenen Lösung.

### Geschlossener Wirkungskreis = Regelkreis

In der DIN 19226 und DIN EN 60027-6 sind Struktur, Begriffe und Formelzeichen für Signale in Regelkreisen festgelegt. Beide Normen verwenden jedoch eine unterschiedliche Nomenklatur und Struktur. In der DIN EN 60027-6 wird der Steller mit dem Regelglied sowie das Stellglied mit der Regelstrecke zusammen-

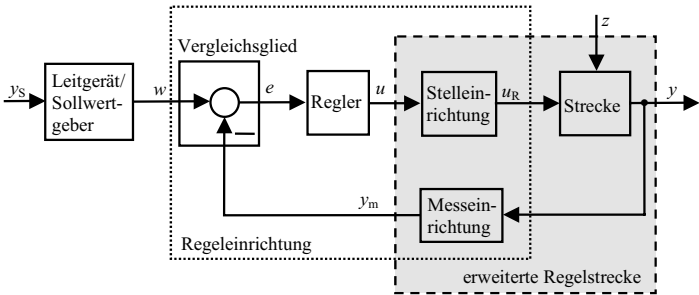
gefasst und nicht explizit aufgeführt. Außerdem wird die Zielgröße mit  $c$  bezeichnet.



Struktur nach DIN 19226

- $u$  ( $c$ ) Zielgröße (Bezeichnung  $c$  nach DIN EN 60027-6)
- $w$  Führungsgröße
- $r$  Rückführgröße (aus Messung hervorgegangene Größe)
- $e$  Regeldifferenz  $e=w-r$
- $x$  Regelgröße
- $y$  Stellgröße (Ausgangsgröße der Regeleinrichtung)
- $y_R$  Reglerausgangsgröße
- $z$  Störgröße

In der deutschen und ausländischen Fachliteratur sind verschiedene abweichende Darstellungen zu finden, die sich durch andere Formelzeichen und Zuordnungen unterscheiden sowie die doppelte Verwendung des Buchstaben  $x$  für Regel- und Zustandsgrößen in der Zustandsraumdarstellung vermeiden. Um den Zugang zu diesen Quellen zu erleichtern und Irritationen durch Doppelbenennung zu umgehen, wird in diesem Buch folgende Darstellung verwendet.



## Signale des Regelkreises

- $w$  Führungsgröße
- $y_s$  Zielgröße (Sollwert)
- $y$  Regelgröße (zu regelnde Größe eines Prozesses)
- $y_m$  gemessene Regelgröße
- $e$  Regelabweichung (Regeldifferenz)  $e = w - y_m$
- $e'$  Differenz zur Zielgröße  $e' = y_s - y$
- $u$  Stellgröße (Ausgangssignal des Reglers)
- $u_R$  realisierte Stellgröße (tatsächlich auf den zu steuernden Prozess einwirkende Größe)
- $z$  Störgröße (von außen wirkende Größe, die die Regelung in unerwünschter Weise beeinträchtigt)

## Regelung

Primäres Kennzeichen: *Rückkopplungsprinzip*

Vorgang, bei dem die Werte der gesteuerten Größen fortlaufend erfasst und mit den Werten der zugehörigen Führungsgrößen verglichen werden, damit trotz einwirkender Störgrößen die Werte der gesteuerten Größen an die der Führungsgrößen angeglichen werden. Dazu wird eine Regeleinrichtung benötigt, die mit dem zu steuernden Prozess einen geschlossenen Wirkungskreis, den Regelkreis, bildet.