

# Regelungstechnik

Zusammenfassung

Joel von Rotz

14.03.23

 [Quelldateien](#)

## Inhaltsverzeichnis

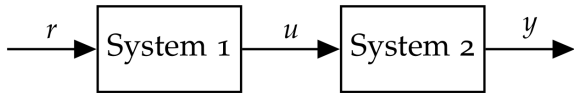
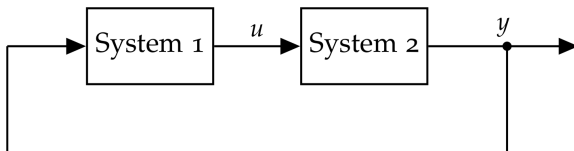
<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	Rückkopplung . . . . .	3
1.2	Mit- und Gegenkopplung . . . . .	3
1.3	Steuerung (Feedforward Control) . . . . .	3
1.4	Regelung (Feedback Control) . . . . .	3
1.4.1	Eigenschaften . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Modellierung</b>	<b>4</b>
2.1	Zustandsraum . . . . .	4
2.2	Störverhalten . . . . .	4
2.3	Führungsverhalten . . . . .	4
2.4	Vorsteuerung . . . . .	4
2.5	Stationären Zustand (steady state) . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Dynamik</b>	<b>4</b>
3.1	Stabilität . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Linearität &amp; Zeitinvarianzen</b>	<b>4</b>
4.1	Adjunkte $\text{adj}(A)$ . . . . .	4
4.2	LTI-Systeme . . . . .	4
4.2.1	Überlagerungsprinzip . . . . .	4
4.2.2	Verstärkungsprinzip . . . . .	5
<b>5</b>	<b>MATLAB</b>	<b>5</b>
5.1	Vektoren . . . . .	5
5.1.1	Slicing . . . . .	6
5.2	Plotting . . . . .	6
5.2.1	XY-Graph . . . . .	6
5.2.2	XYX-Graph . . . . .	6

<b>6</b>	<b>Simulink</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Glossar</b>	<b>6</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Rückkopplung

*Rückkopplung* beschreibt eine Anordnung, bei welcher zwei oder mehr dynamische Systeme untereinander so verbunden sind, dass sie sich gegenseitig beeinflussen.



Wird das Rückkopplungssignals des geschlossenen Kreises vom Eingangssignal entfernt, also die Leitung wird aufgebrochen, wird aus dem Kreis ein *offener* Kreis.

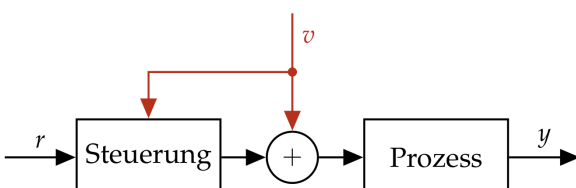
### Vorsicht

**Geschlossene** Kreise sind schwieriger zum Berechnen und zum Untersuchen, da diese ein rückgekoppeltes Signal (mit dem Eingangssignal kombinierend) Teil des Eingangssignals zum System besitzen. **Offene** Kreise haben kein rückgekoppeltes Signal.

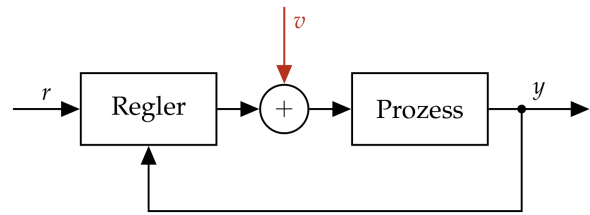
## 1.2 Mit- und Gegenkopplung

Beide beschriebenen Systeme arbeiten nach dem Prinzip der *Gegenkopplung*

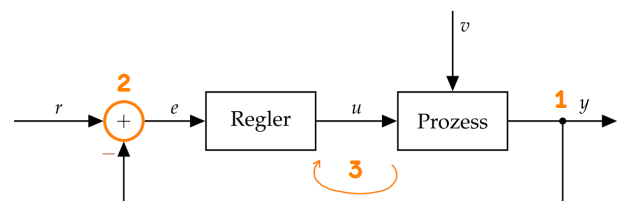
## 1.3 Steuerung (Feedforward Control)



## 1.4 Regelung (Feedback Control)



Ziel eines Reglers ist die Angleichung einer Regelgrösse  $y$  an eine Führungsgrösse  $r$ . Hauptmerkmal des Reglers ist die Rückkopplung und die Fehlergrösse  $e$ . Das System versucht die Fehlergrösse möglichst auf 0 zu behalten, was  $r = y$  bedeutet, also die Ist-Grösse entspricht der Soll-Grösse.



$r$  : Führungsgrösse (Soll-Wert)

$e$  : Regelfehler

$u$  : Stell-/Steuergrösse

$y$  : Regelgrösse (Ist-Wert)

$v$  : Störgrösse

### Merkmale einer Regelung

Folgende Merkmale **muss** eine Regelung aufweisen. Liegt eines nicht vor, so handelt es sich nicht um eine Regelung.

1. Erfassung (Messen) der Regelgrösse
2. Vergleich von Regel- und Führungsgrösse
3. Geschlossener Wirkungskreis

$$y = R \cdot P \cdot e = R \cdot P (r - y) = R \cdot P \cdot r - R \cdot P \cdot y$$

$$y + R \cdot P \cdot y = R \cdot P \cdot r \Rightarrow \frac{y}{r} = \frac{R \cdot P}{1 + R \cdot P} \stackrel{!}{=} 1$$

### 1.4.1 Eigenschaften

- **Robustheit** –
- **Dynamik** –
- **Modularität** –
- **Genauigkeit** –
- **Herausforderungen** –

## 2 Modellierung

### 2.1 Zustandsraum

### 2.2 Störverhalten

Das Störverhalten beschreibt den Einfluss der Störgrößen  $v$  auf die Regelgrösse  $y$  bei einer konstanten Führungsgrösse  $r$ . Ein gutes Störverhalten minimiert diese Einflüsse, wobei das letztendliche Verhalten des Systems abhängig auf das Zielsystem ist.

#### Beispiel

- Eine Beigemaschine darf keine Überschwingungen in der Regelgrösse haben, da dies zu einer Überbiegung führt, was ein *no-go* ist.
- Eine Sauna kann sich dies eher noch erlauben, da eine Überschwingung nur einen kleinen Einfluss auf die Systemqualität hat.

#### i Merkmale

Die Störgrösse verfügt über vier Merkmale, welche für jedes System betrachtet soll:

- **Stabilität** –
- **Statischer Fehler / stationäre Genauigkeit** –
- **Überschwingen** –
- **Schnelles Erreichen des stationären Wertes** –

### 2.3 Führungsverhalten

Das Führungsverhalten beschreibt den Einfluss der Führungs-/Sollgrösse  $r$  auf die Regel-/Istgrösse  $y$  bei (idealerweise) einer konstanten Störgrösse  $e$ . Ein gutes Führungsverhalten minimiert die Ausschwingungen und Trägheit der Regelgrösse zur Führungsgrösse.

### 2.4 Vorsteuerung

### 2.5 Stationären Zustand (steady state)

## 3 Dynamik

### 3.1 Stabilität

Die Stabilität eines Systems wird in drei Zustände unterschieden:

**stabil**, falls alle Zustände (unterschiedliche Anfangspositionen) in der Nähe der Gleichgewichtslage  $x_e$  zu Lösungen führen. **asymptotisch stabil**, falls alle Zustände in der Nähe von  $x_e$  nach langer Zeit ( $t \rightarrow \infty$ ) in  $x_e$  enden. **instabil**, falls der Zustand nie eine Gleichgewichtslage erreicht.

#### i Beispiel

Das Pendel, welches die gesamte Rotationsachse (360, rundherum) ausnützen kann, hat zwei Gleichgewichtslagen. Eine Lage ist wenn die Pendelmasse nach oben gerichtet ist und eine andere wenn die Masse nach unten gerichtet ist.

Wird das Pendel in diese beiden Lage gelegt, ist das System **stabil**. Wird es nach links oder nach rechts gerichtet losgelassen, dauert es eine Weile bis es die eine Gleichgewichtslage erreicht, dies nennt man **asymptotisch stabil**. Würde es einen Zustand geben, wo das Pendel nie "still steht", nennt man dies **instabil**.

## 4 Linearität & Zeitinvarianzen

### 4.1 Adjunkte $\text{adj}(A)$

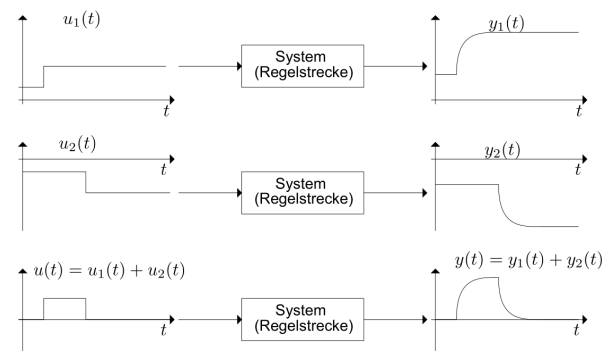
$$\text{adj}(A) =$$

### 4.2 LTI-Systeme

#### 4.2.1 Überlagerungsprinzip

#### ! Definition

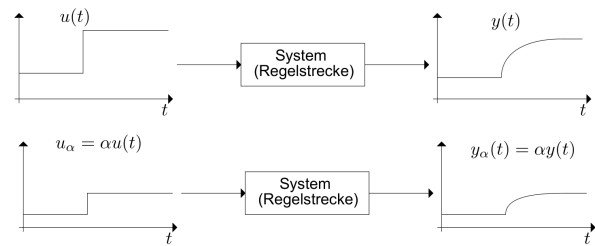
Wenn  $y_1(t)$  die Antwort auf  $u_1(t)$  ist und  $y_2(t)$  die Antwort auf  $u_2(t)$  ist, so ist  $y_1(t) + y_2(t)$  die Antwort auf  $u_1(t) + u_2(t)$ .



### 4.2.2 Verstärkungsprinzip

#### ! Definition

Wenn  $y(t)$  die Antwort auf  $u(t)$  ist,  $\alpha \cdot y(t)$  ist die Antwort auf  $\alpha \cdot u(t)$ .



## 5 MATLAB

### 5.1 Vektoren

Vektoren werden mit `[. . .]` deklariert. Elemente werden Spaltenweise mit einem Leerschlag ' ' oder Komma , eingeteilt und mit einem Semikolon ; Reihenweise geteilt.

```
data = [1,2,3;4,5,6;7,8,9]; % same as [1 2 3;4 5 6;7 8
↪ 9];
```

#### i Grösse size

Mit `size` kann die Grösse einer Variable ermittelt werden. `size` gibt als Resultat ein 1x2 Vektor zurück (`[Rows Columns]`)

```
>> a = 1
>> size(a)
      1      1 % rows, columns
```

```
a = 1
```

`[1]` oder einfach `1`

Die `size`-Funktion gibt auch bei einzelnen Werte eine Grösse aus, nämlich `[1 1]`

```
b = [1 2 3] % Linienvektor
```

`[1 2 3]`

```
c = [2;3;4] % Spaltenvektor
```

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$$

### 5.1.1 Slicing

Mit *Slicing* kann ein Teil einer Matrix **kopiert** werden und einer anderen Variable zugewiesen werden.

```
<matrix>(<rowStart>:<rowEnd>,<colStart>:<colEnd>)
```

## 5.2 Plotting

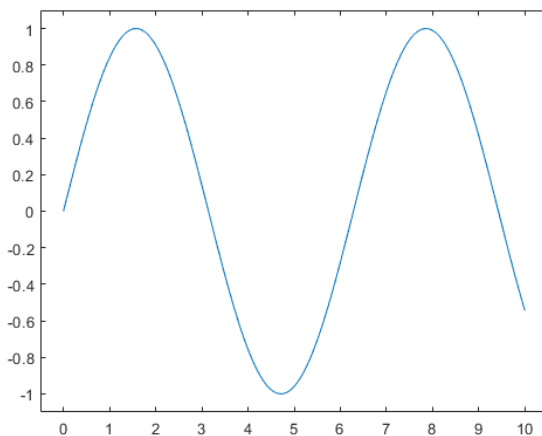
### i Figure-Separierung

Mit `figure(n)` können mehrere Plot-Befehle in eigene Figuren geladen werden.

### 5.2.1 XY-Graph

```
figure(1);
t = 0:0.5:10;
y = sin(t);

plot(t,y);
xlim([-0.5 10.5]);
ylim([-1.1 1.1]);
```



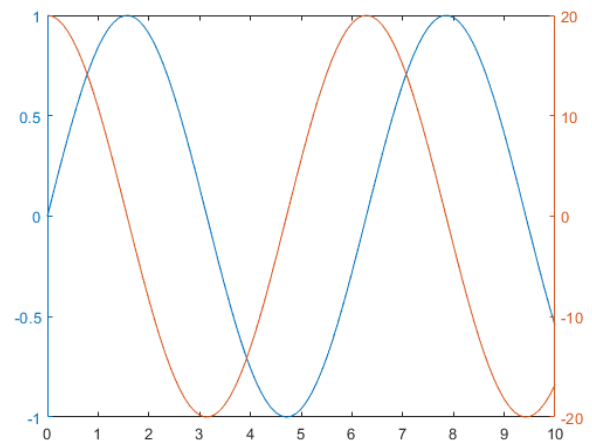
### 5.2.2 XYY-Graph

Mit `yyaxis` kann die Y-Achse beim selben Plot mit `left` & `right` gewechselt werden.

```
figure(1);
t = 0:0.5:10;

yyaxis left;
plot(t, sin(t));
xlim([-0.5 10.5]);
ylim([-1.1 1.1]);

yyaxis right;
plot(t, 20*cos(t));
xlim([-0.5 10.5]);
ylim([-20.5 20.5]);
```



## 6 Simulink

## 7 Glossar

- *SSO* – Single Input Single Output
- *MIMO* – Multiple Input Multiple Output