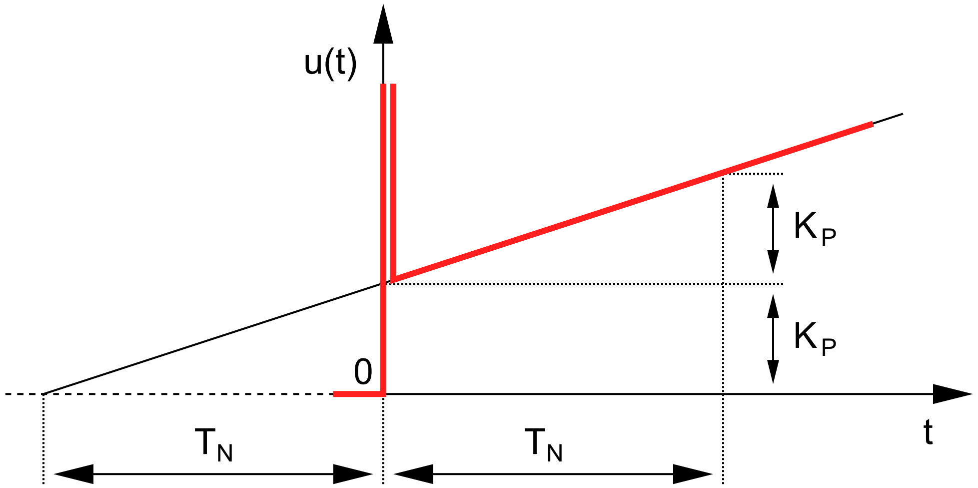
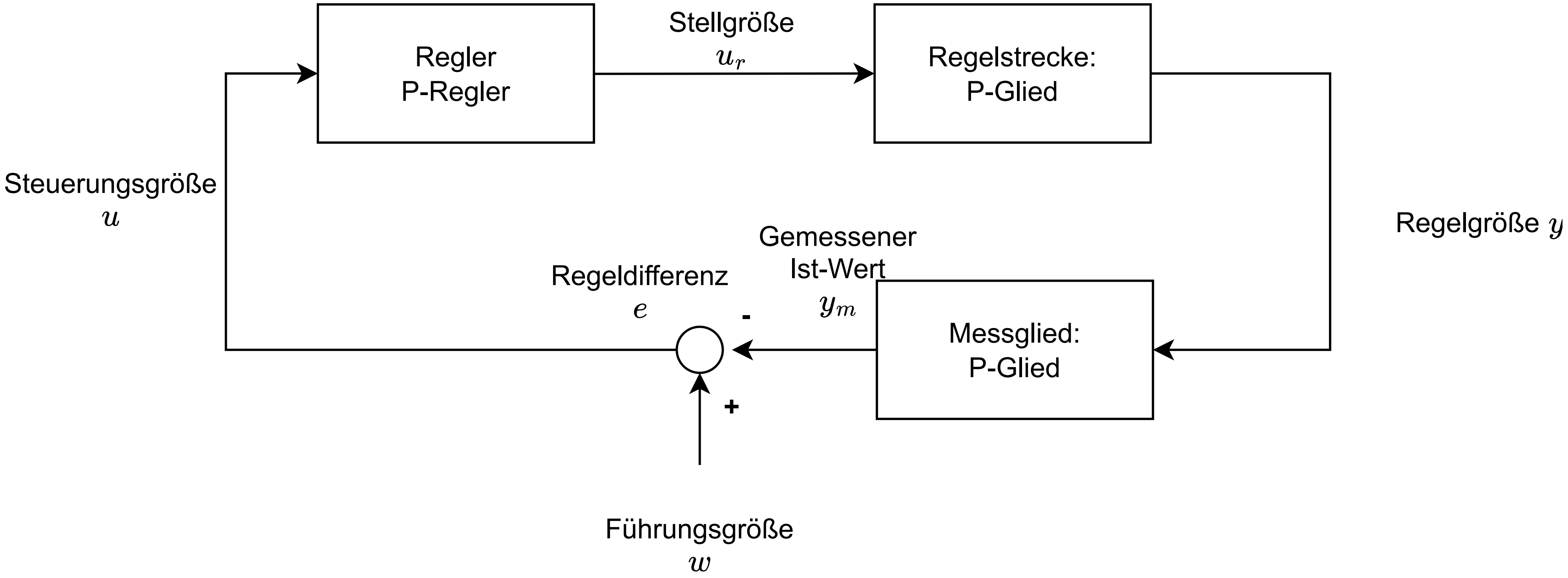
3.2 Regelverhalten

🧠 PID-Regler



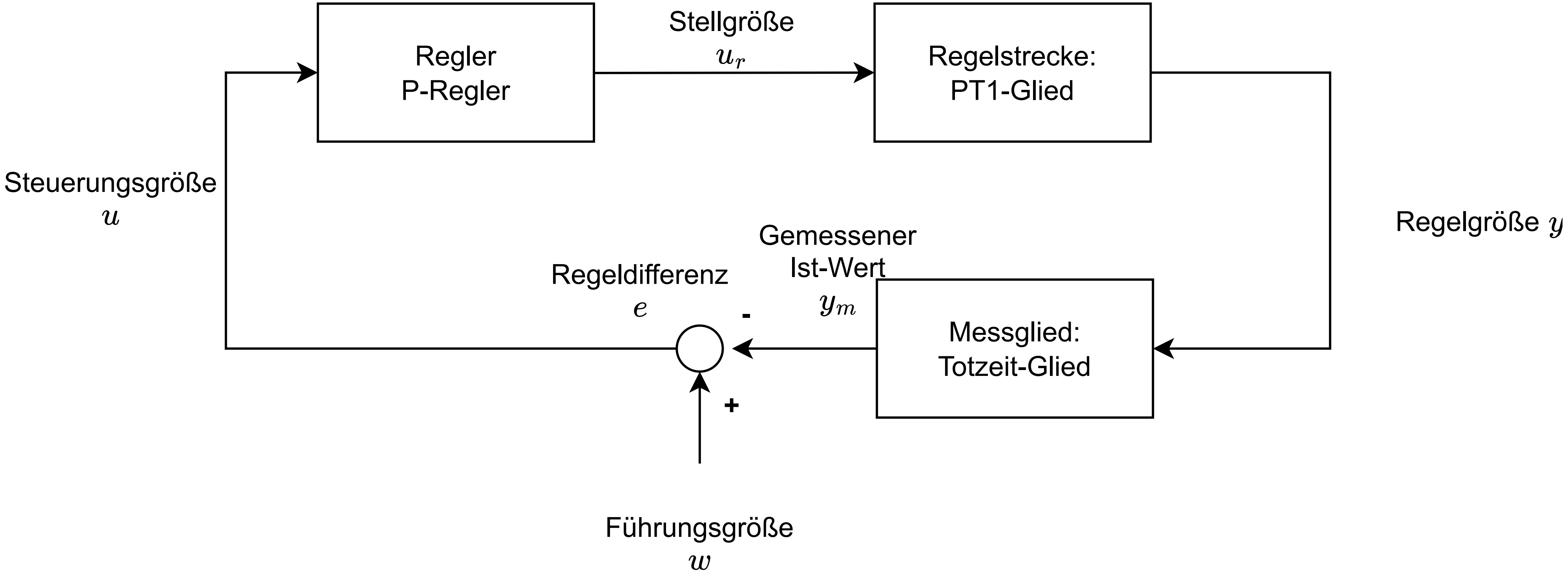
- **universellste** der klassischen Regler
- Der PID-geregelte Kreis ist genau und sehr schnell, deshalb wird er bevorzugt in den **meisten Anwendungen** eingesetzt
- $u(t) = K_P \cdot e(t) + \frac{1}{T_N} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_v \frac{de(t)}{dt}$

Systeme ohne zeitliche Verzögerung



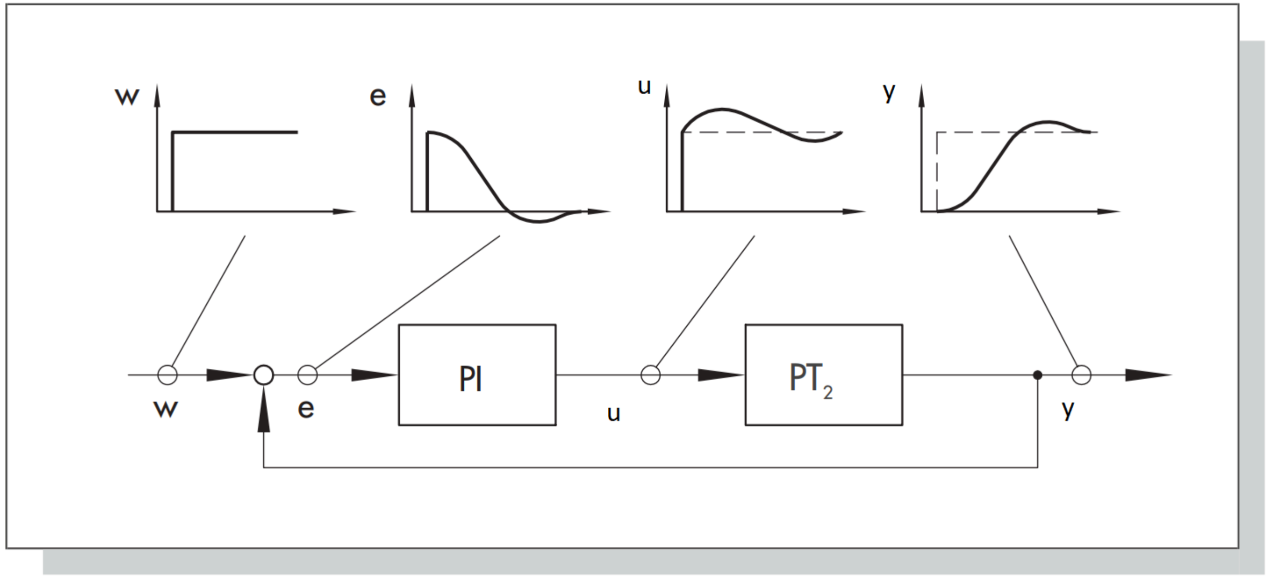
- alle Systeme reagieren unmittelbar auf Veränderungen der Eingänge
- z.B. wird die Lichtstärke der Lampe (u_r) erhöht, erhöht sich die Helligkeit im Raum (y)

Systeme mit zeitlicher Verzögerung



- z.B. mit Erhöhung des Durchfluss durch die Heizung (u_r) erwärmt sich der Raum nur langsam (y). Das Thermometer gibt die gemessene Temperatur (y_m) nur mit Verzögerung weiter

Bestimmung des dynamischen Verhaltens



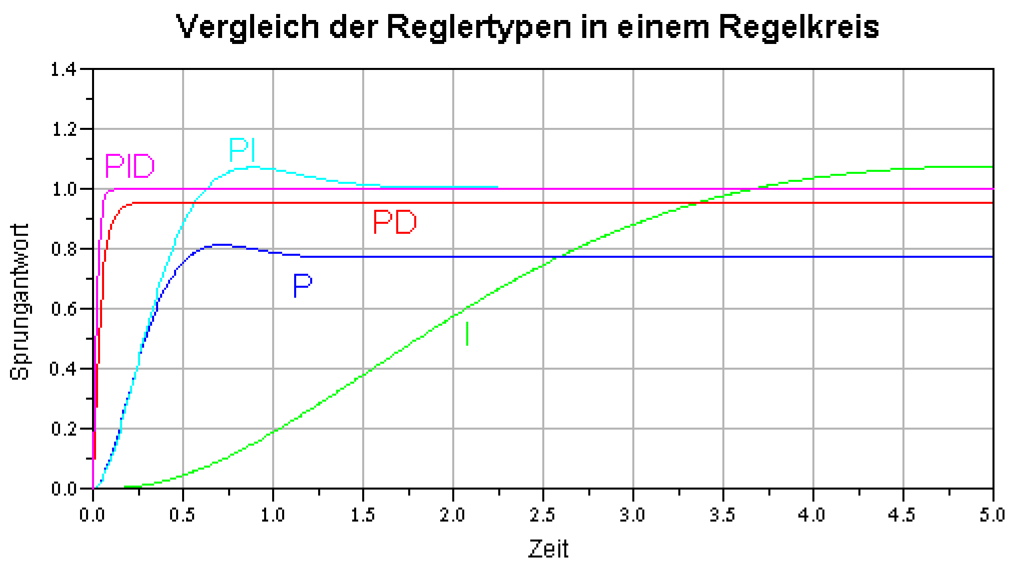
- Ziel der Regelungstechnik ist es ein erwünschtes Verhalten der Regelgröße y zu erhalten
- Mathematische Beschreibung und Analyse
- Simulationsprogramme: z.B. Matlab Simulink oder Scilab Xcos

Quelle

Fazit

- Zeitverhalten von Regelkreisen wird durch alle Komponenten (Zeitverhalten) und die Einstellung des Reglers (gewählte Parameter) beeinflusst
- komplexere Regelkreise müssen als Gesamtheit betrachtet werden
  - Beobachtung am echten System
  - Modellierung durch Vereinfachung (Regelungstechnik)
  - Kalibrierung am realen System

Regelverlauf der verschiedenen Reglertypen im Zeitverlauf

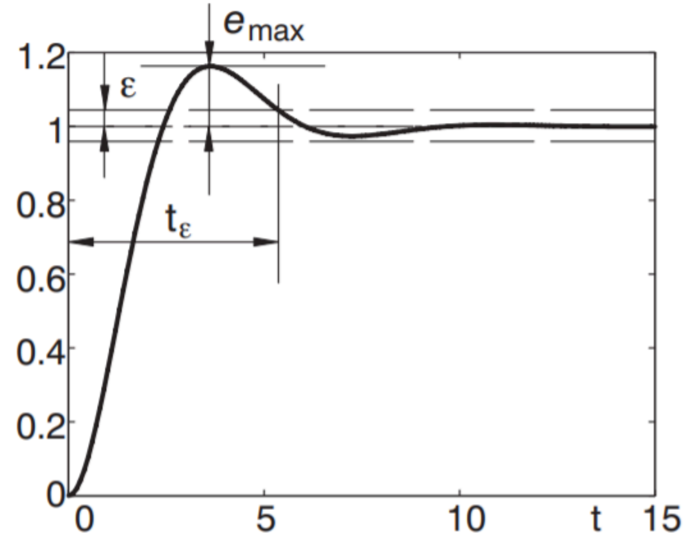


- Reaktion auf Sprungfunktion im einfachen Regelkreis
- Deutlich wird die bleibende Regelabweichung des P-Reglers
- Das schnelle Verhalten der Regler mit D-Anteil

Quelle

Kriterien zur Beurteilung eines Regelkreises

- Führungsverhalten bei Anregung mit Sprungfunktion:
- **Ausregelzeit** t_ϵ: gibt den Zeitpunkt an, ab dem die Regelabweichung kleiner als eine vorgegebene Schranke $\pm\epsilon$ ist.
- Maximale **Überschwingweite** e_{max}: gibt den Betrag der maximalen Regelabweichung an, die nach dem erstmaligen Erreichen des Sollwertes auftritt



riterien zur Beurteilung eines Regelkreises im Zei

Quelle

Regelfläche

- **Regelfläche**: Die Fläche zwischen Führungsgröße und Ist-Wert kann als Maß definiert werden.
- Besonders sinnvoll ist die Beurteilung mittels der Regelfläche allerdings nur, wenn kein Überschwingen auftritt
- Alternativ z.B. Absolutwert des Integrals der Regelfläche

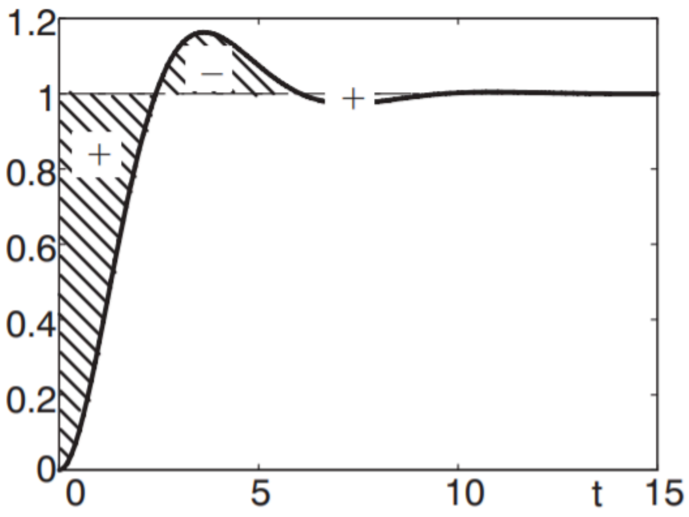


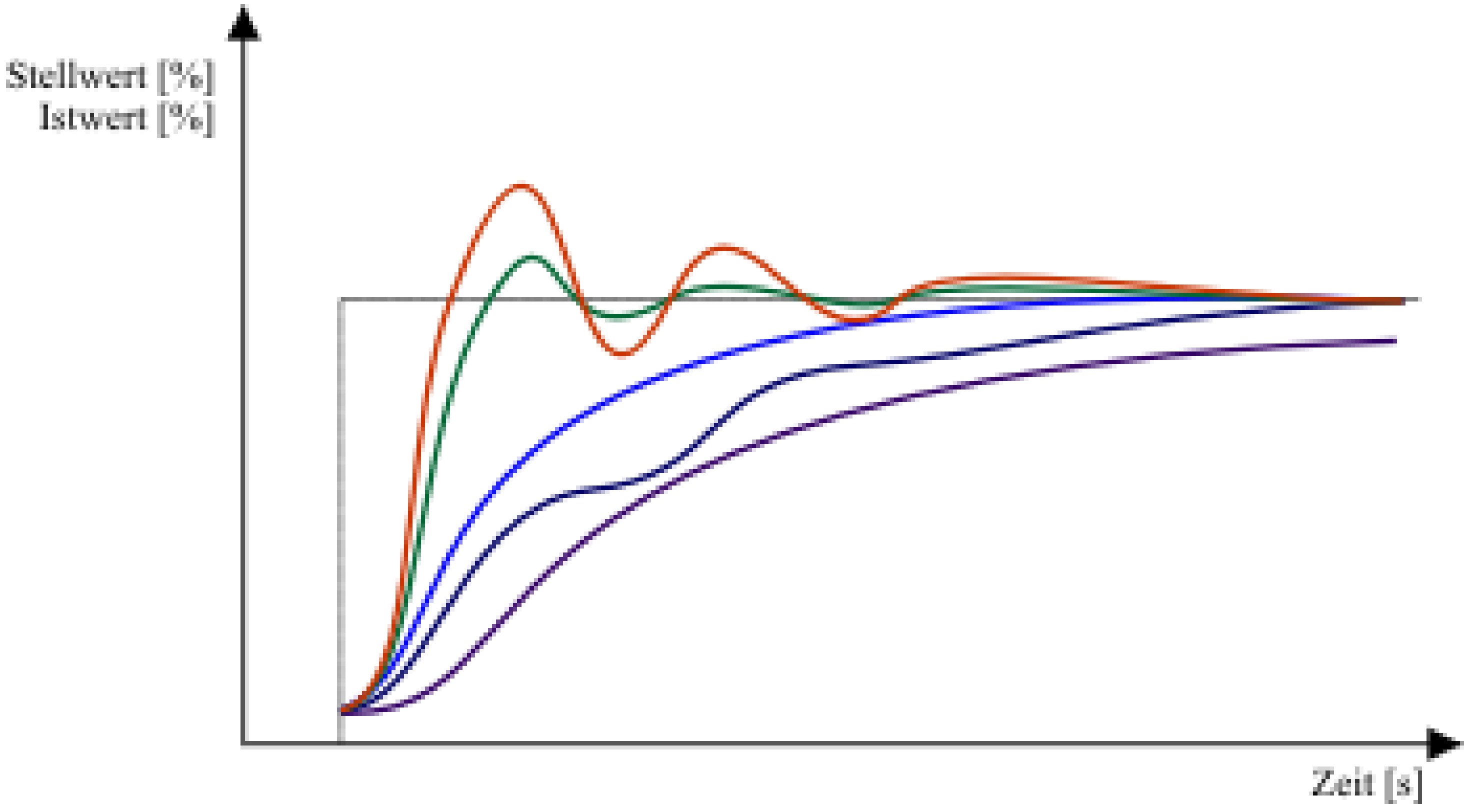
Bild 7.8: Lineare Regelfläche

Quelle

Praktische Überlegungen

- Um eine gewünschtes Regelverhalten zu erreichen, muss ein geeigneter Regler mit den passenden Faktoren (z.B. Verstärkungsfaktor K_P) ausgewählt oder **kalibriert** werden.
- Hier lässt sich entweder ein **Modell der Regelstrecke** bilden. In der Praxis werden Regelkreise häufig durch **Ausprobieren** von Reglere instellungen eines PID-Regler kalibriert.

🤓 Praktische Überlegungen PID-Regler

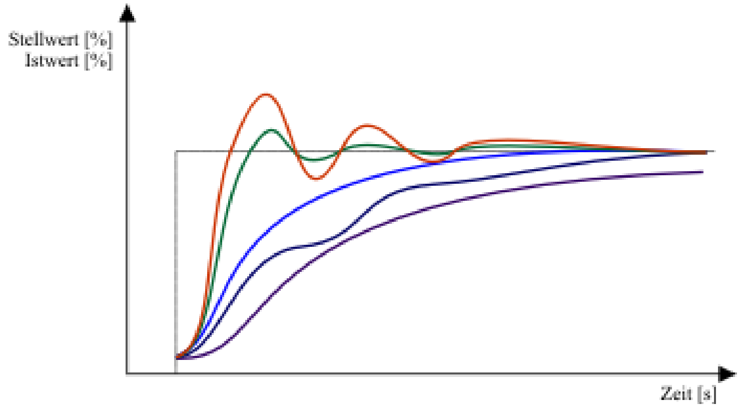


Quelle

✍️ Aufgabe 3_3_1: Auswahl Reglerverhalten

Welchen Reglerverlauf wünschen Sie sich für folgende Anwendungen

- **Startoptimierung** der Raumtemperatur (unter Energieeffizienzgesichtspunkten)
- **Konstantlichtregelung** (Beleuchtung aus Komfortgesichtspunkten)
- **Bewegungssteuerung** eines Laufroboters

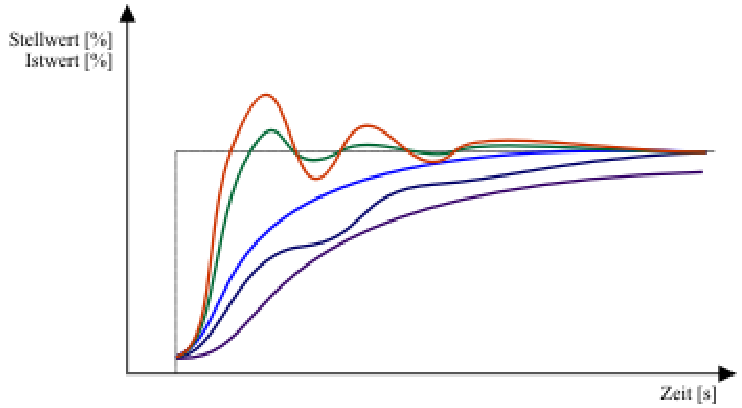


Quelle

Lösung

Welchen Reglerverlauf wünschen Sie sich für folgende Anwendungen

- **Startoptimierung** der Raumtemperatur (unter Energieeffizinzgesichtspunkten)
  - Langsam kein Überschwingen
- **Konstantlichtregelung** (Beleuchtung aus Komfortgesichtspunkten)
  - Langsam kein Überschwingen
- **Bewegungssteuerung** eines Laufroboters
  - Schnell, minimales Überschwingen



Quelle

Beispiele

Hardware PID-Regler

QUAN LC100 D 24 PID-Regler Quantrol LC100, -5 ... +55 °C

Artikel-Nr.: QUAN LC100 D 24

185,95 €

inkl. gesetzl. MwSt. zzgl. Versandkosten

ab Lager, Lieferzeit: 2-3 Werktage

- 1 Stück + in den Warenkorb

Zum Vergleich markieren

in Liste übernehmen

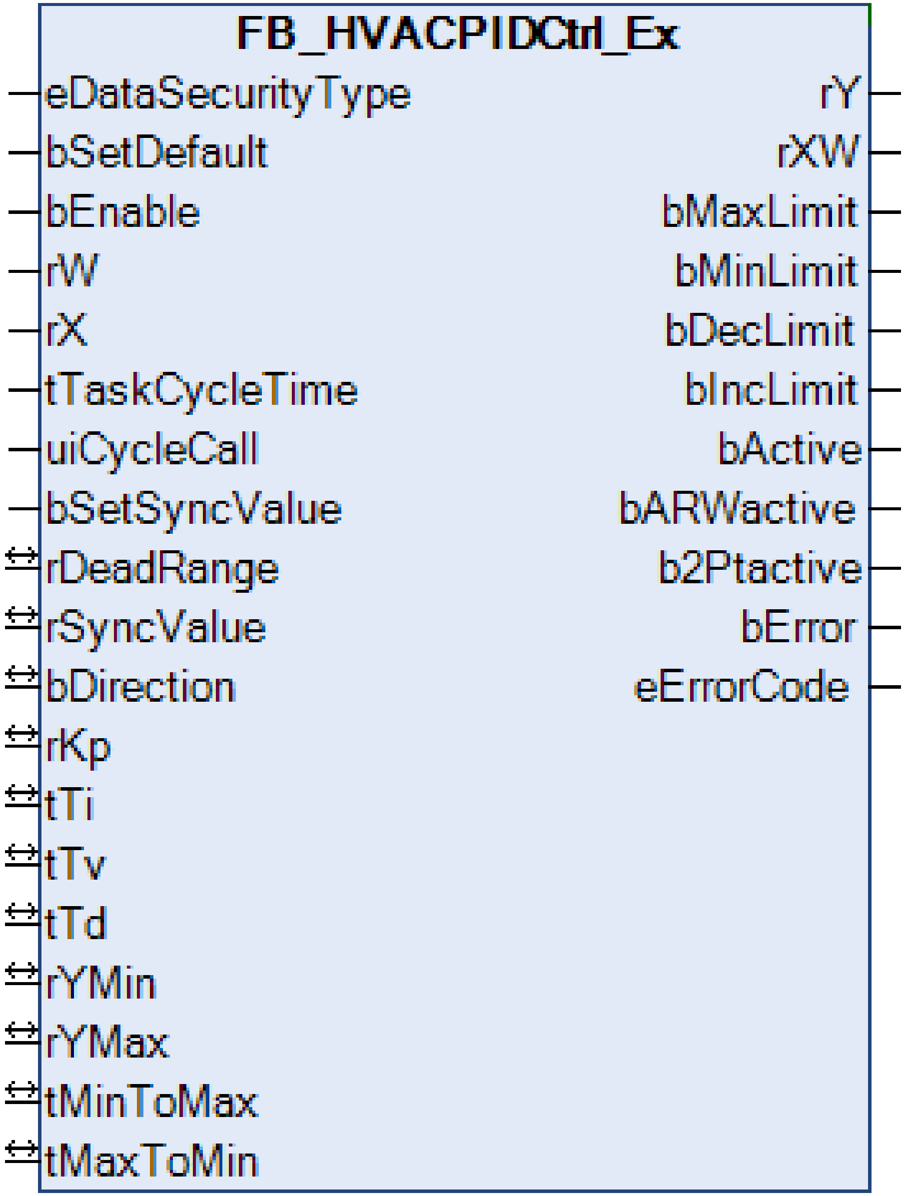
neue Liste erstellen   + Hinzufügen

% WG-Rabatt Dieser Artikel ist rabattfähig

Software Baustein PID-Regler

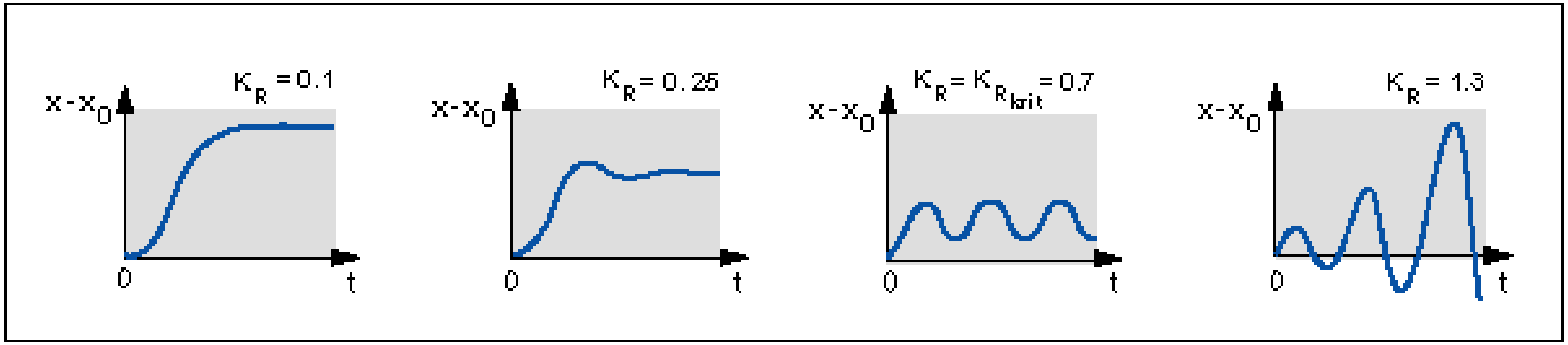
- Eingänge
  - `rW` : Sollwert
  - `rX` : Istwert
- Eingangsparameter
  - `rKp` : Proportionalfaktor Verstärkung
  - `tTi` : Integrierzeit [s]
  - `tTv` : Vorhaltezeit [s]
- Ausgänge
  - `rY` : Stellgröße
  - `rXW` : Regelabweichung

Quelle



Methode von Ziegler und Nichols

- **heuristisches** Verfahren zur Bestimmung von Reglerparametern
- nur für existierenden **stabile Anlagen** geeignet
- oder bei denen instabiles Verhalten keine Schäden verursachen kann



- Eigenschaft Regelstrecke und P-Regler
- dynamischen Eigenschaften hängen stark vom Verstärkungsfaktor (K_P) des Gesamtsystems ab.
- Ab bestimmtem K_P^{krit} beginnt die Regelgröße zu schwingen (Stabilitätsgrenze)

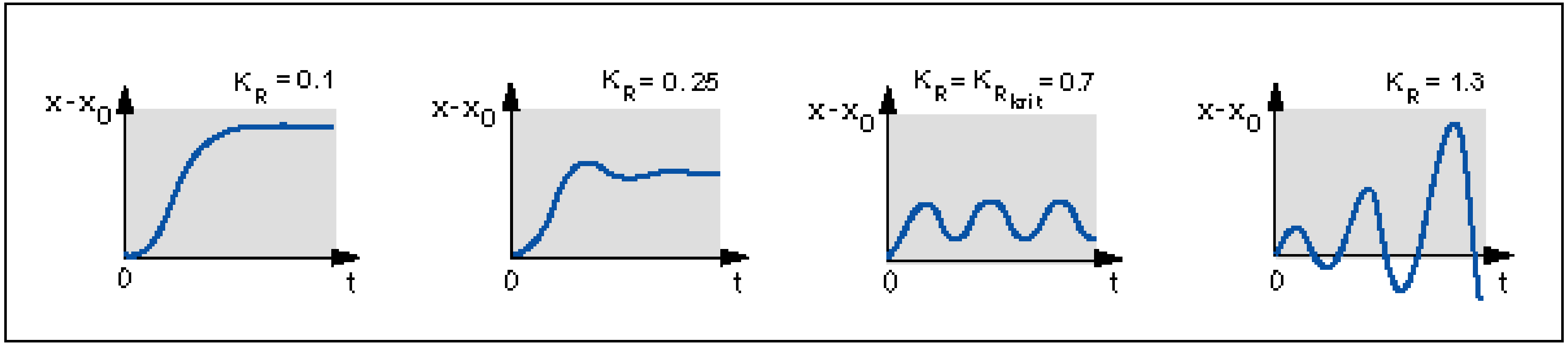
Quelle

Umformung mit Vorhalt- und Nachstellzeit für PID-Regler:

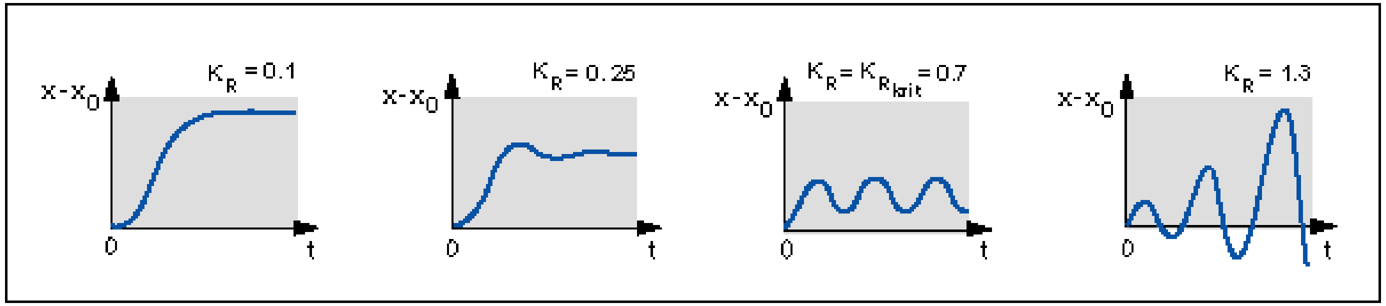
- Neben der Darstellung mit Vorhalte- und Nachhaltezeit findet sich auch häufig eine Darstellung mit Faktoren (K):
- $u(t) = K_P \cdot e(t) + \frac{1}{T_N} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_v \frac{de(t)}{dt}$
- $u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$
- $u(t) = K_P \cdot \left[e(t) + \frac{K_I}{K_P} \int_0^t e(\tau) d\tau + \frac{K_D}{K_P} \frac{de(t)}{dt} \right]$

Vorgehen Methode von Ziegler und Nichols (I)

- **Voreinstellung** des Reglers als reiner P-Regler:
  - $K_I = 0, K_D = 0$
  - bzw. $T_v = 0, T_n = \infty$
- $u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt}$
- $u(t) = K_P \cdot [e(t) + \frac{1}{T_N} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_v \frac{de(t)}{dt}]$



Methode von Ziegler und Nichols (II)



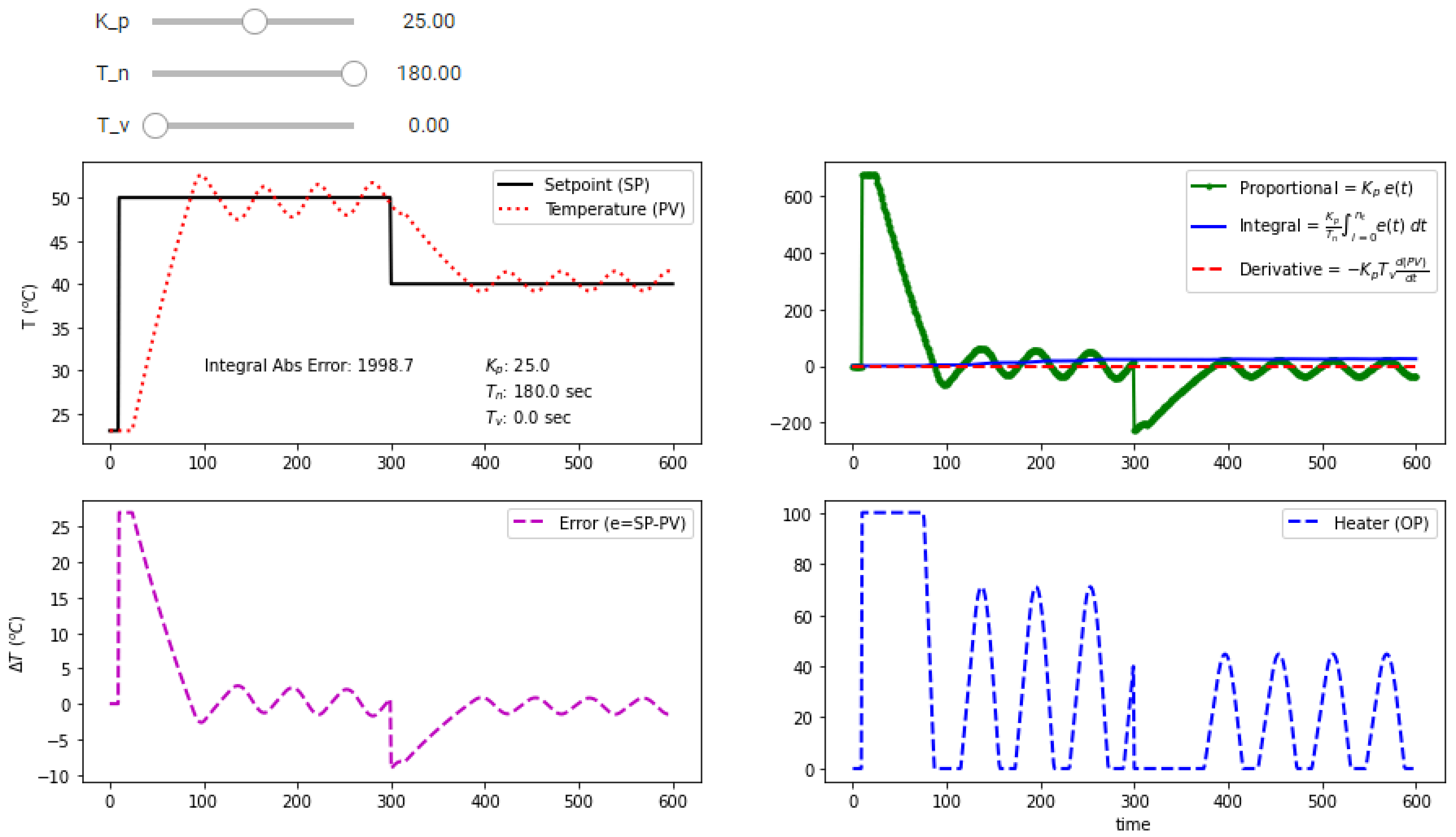
- **Erhöhung von K_P** (beginnend mit kleinen Werten von K_P) bis zur **Stabilitätsgrenze** (die Regelgröße x beginnt gleichmaßig mit konstanter Amplitude zu schwingen)
- **Ablesen von K_P^{krit}**
  Messung der beobachtbaren Periodendauer T^{krit}
- **Berechnung der Reglerparameter** (K_P, T_n, T_v) entsprechend den folgenden Regeln:

[Quelle](Ziegler, John G., and Nathaniel B. Nichols. "Optimum settings for automatic controllers." trans. ASME 64.11 (1942))

Einstellregeln nach Ziegler und Nichols (III)

	K_P	T_n	T_v
P-Regler	$K_P = K_P^{krit} \cdot 0,5$		
PI-Regler	K_P=$K_P^{krit} \cdot 0,45$	$T_n = 0,85 \cdot T^{krit}$	
PID-Regler	K_P=$K_P^{krit} \cdot 0,6$	$T_n = 0,5 \cdot T^{krit}$	$T_v = 0,12 \cdot T^{krit}$

✍️ Aufgabe 3_3_2:



- Kalibrieren Sie den Regler für die folgenden Anwendungen nach der Methode von Ziegler und Nichols: Colab

🤓 ✍️ Aufgabe 3_3_2:

- Kalibrieren Sie das folgende System nach der Methode von Ziegler und Nichols

✔ Lösung

??? optional-class "💡 anzeigen"
Link