

Was ist der Unterschied zwischen einem analogen Regler und einem digitalen Regler?
Was sind die am häufigsten eingesetzten Regler?

Thierry Prud'homme

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Outline

① Lernziele

Outline

- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler

Outline

- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler
- ③ 2-Punkt / 3-Punkt Regler

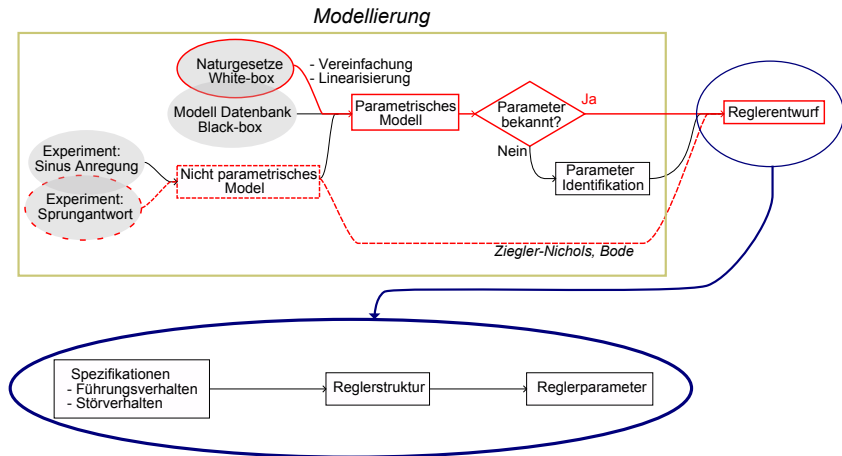
Outline

- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler
- ③ 2-Punkt / 3-Punkt Regler
- ④ PID Regler

Lernziele

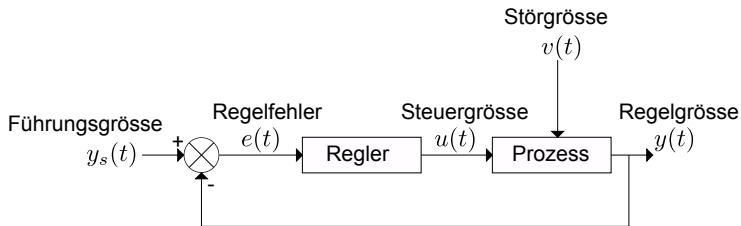
- Die Studierende kennen die Unterschiede zwischen *analogen Reglern* und *digitalen Reglern*.
- Die Studierende verstehen den Prinzip von *2-Punkte* und *3-Punkte* Reglern.
- Die Studierende verstehen den Prinzip vom *PID* Regler.

Reglerentwurfprozess

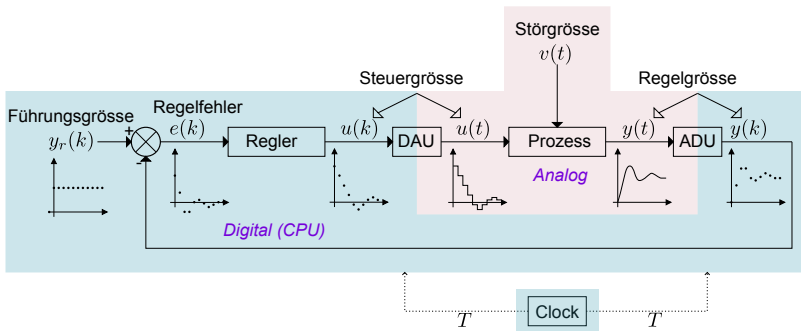


- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler
Analoger Regler
Digitaler Regler
Beispiele von analogen Reglern
- ③ 2-Punkt / 3-Punkt Regler
- ④ PID Regler

Analoger Regler



Digitaler Regler



Vergleich Analoger / Digitaler Regler

Digitaler Regler

- A/D- und D/A-Wandler → Amplitudenquantisierung und Zeitdiskretisierung (Zeitverschiebung)
- Minderung der dynamischen Leistungen
- Anpassungen der Reglerparameter durch Softwareänderung
- Platzsparende und kostengünstige Implementierung
- Der Rechner kann anderen Aufgaben übernehmen

Mögliche Implementierung eines digitalen Reglers

Mögliche hardware für die Implementierung der Regelung

- (Industrie) PC mit Echtzeitbetriebssystem ▶ Beckhoff Industrial PC
- Mikrokontroller - Eingebettete Systeme ▶ TI Microcontrollers
- Speicherprogrammierbare Steuerung ▶ Siemens Simatic

Zentralisiert - Feldbus

- Zentralisiert: ADU und DAU im Mikrokontroller, AD/DA Karte für PC, I/O Modulen für SPS
- Feldbus: Profibus, CAN/CANOpen, EtherCat, usw.

Vergleich Analoger / Digitaler Regler

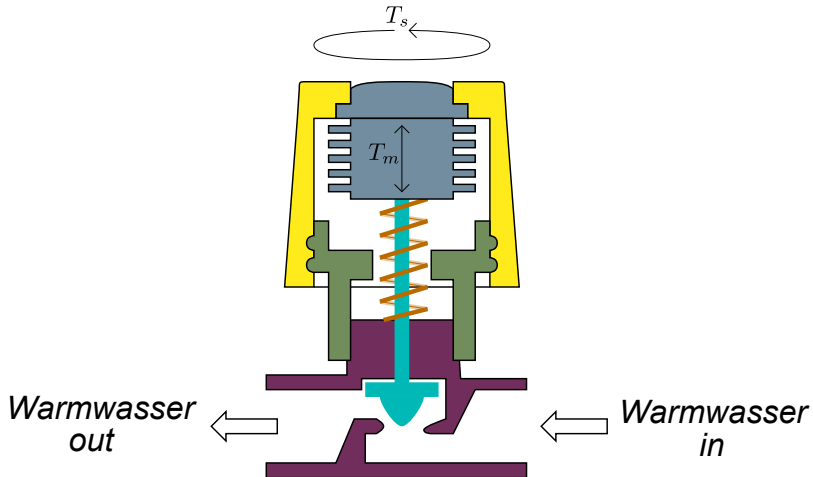
Analoger Regler

- Keine Amplitudenquantisierung und Zeitdiskretisierung
- Verarbeitung in Echtzeit
- Verwendung von analogen Komponenten

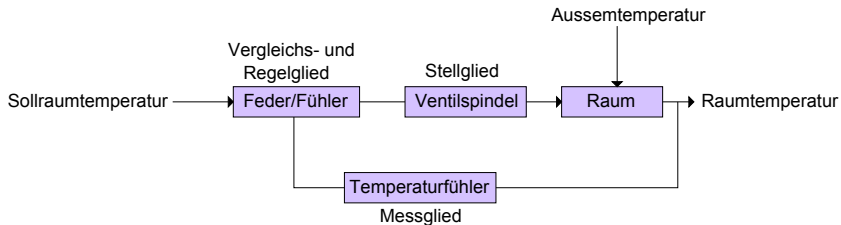
Thermostatventil



Thermostatventil



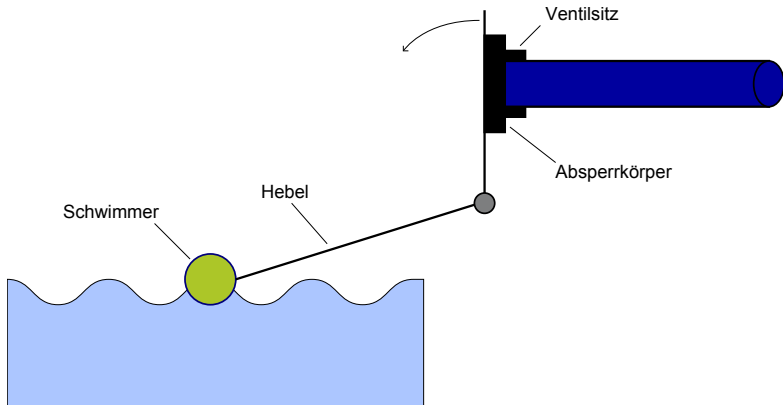
Thermostatventil



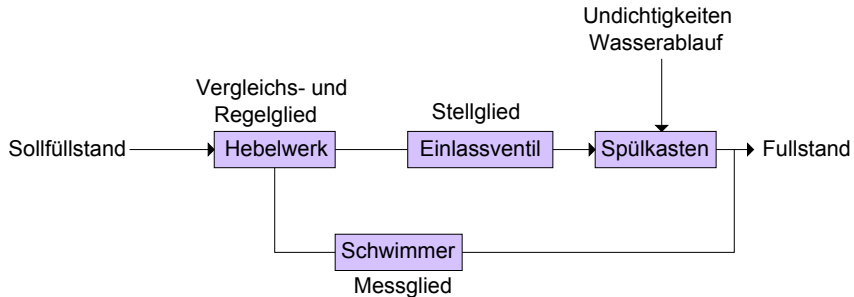
Spülkasten



Spülkasten

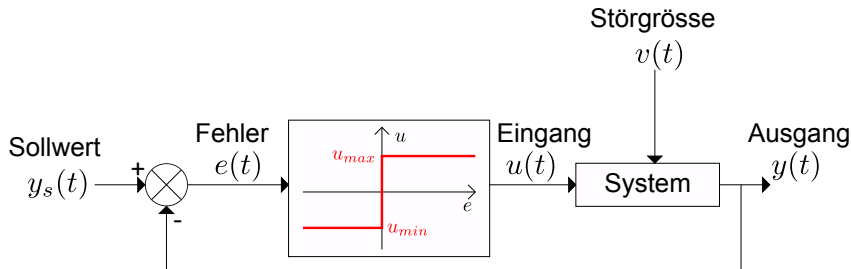


Spülkasten



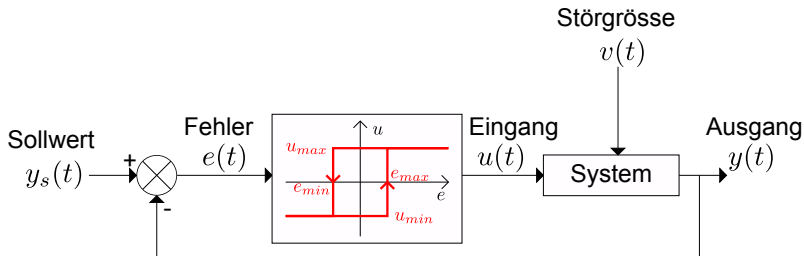
- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler
- ③ **2-Punkt / 3-Punkt Regler**
2-Punkt Regler
3-Punkt Regler
- ④ PID Regler

2-Punkt Regler



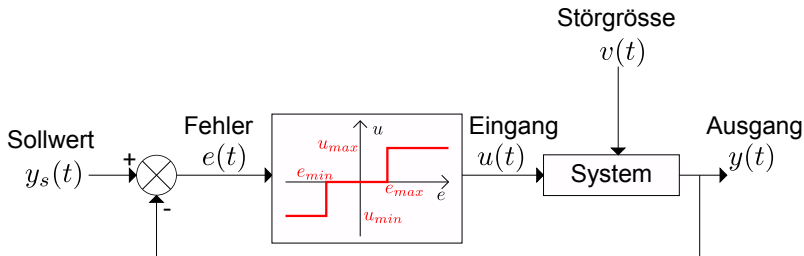
$$\begin{cases} u = u_{max} & \text{wenn } e > 0 \\ u = u_{min} & \text{wenn } e < 0 \end{cases}$$

2-Punkt Regler mit Hysterese



$$\left\{ \begin{array}{ll} u = u_{max} & \text{wenn } e > e_{max} \\ u = u_{max} & \text{wenn } e_{min} < e < e_{max} \text{ und } \dot{e} < 0 \\ u = u_{min} & \text{wenn } e_{min} < e < e_{max} \text{ und } \dot{e} > 0 \\ u = u_{min} & \text{wenn } e < e_{min} \end{array} \right.$$

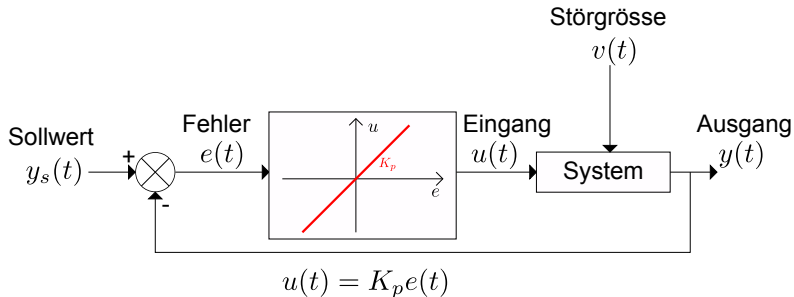
3-Punkt Regler



$$\begin{cases} u = u_{max} & \text{wenn } e > e_{max} \\ u = 0 & \text{wenn } e_{min} < e < e_{max} \\ u = u_{min} & \text{wenn } e < e_{min} \end{cases}$$

- ① Lernziele
- ② Analoger Regler / Digitaler Regler
- ③ 2-Punkt / 3-Punkt Regler
- ④ PID Regler
 - P Regler
 - PI Regler
 - PID Regler

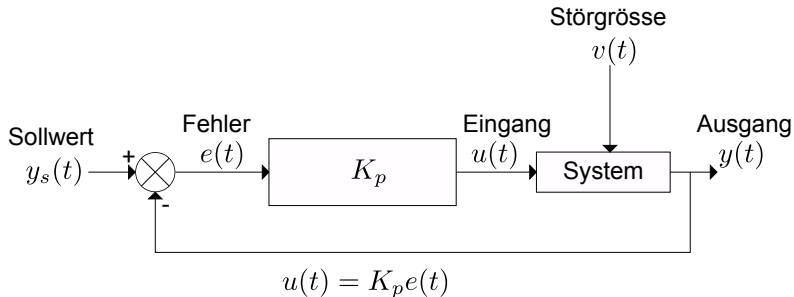
Proportional Regler - P Regler



Bemerkungen

K_p Reglerverstärkung

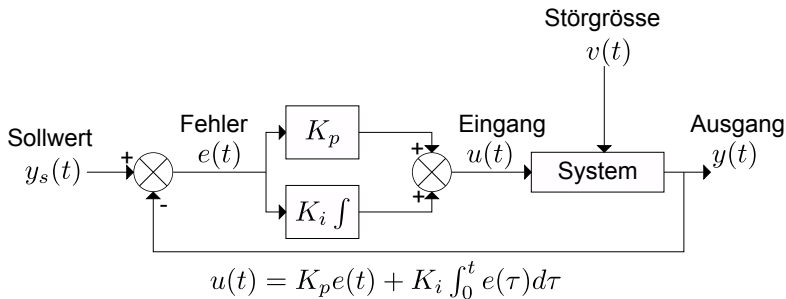
Proportional Regler - P Regler



Bemerkungen

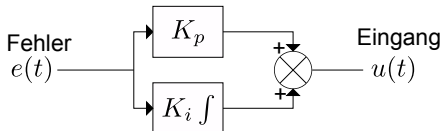
K_p Reglerverstärkung

PI Regler



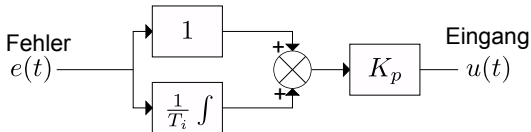
PI Regler - Übliche Parametrisierung

Mathematische Parametrisierung



$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Technische übliche Parametrisierung



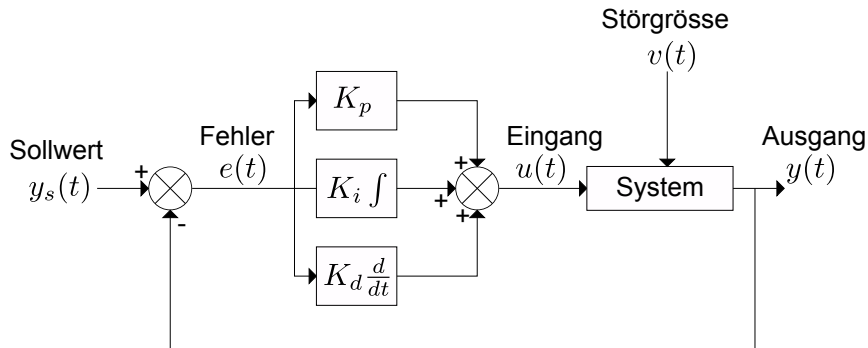
$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \right)$$

PI Regler - Übliche Parametrisierung

Parameter

- K_p Reglerverstärkung
- $T_i = \frac{K_p}{K_i}$ Nachstellzeit

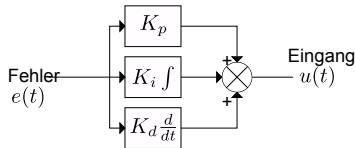
PID Regler



$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

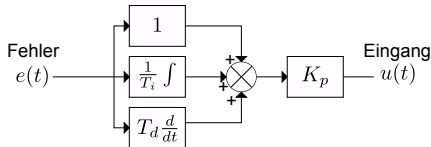
PID Regler - Übliche Parametrisierung

Mathematische Parametrisierung



$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Technische übliche Parametrisierung



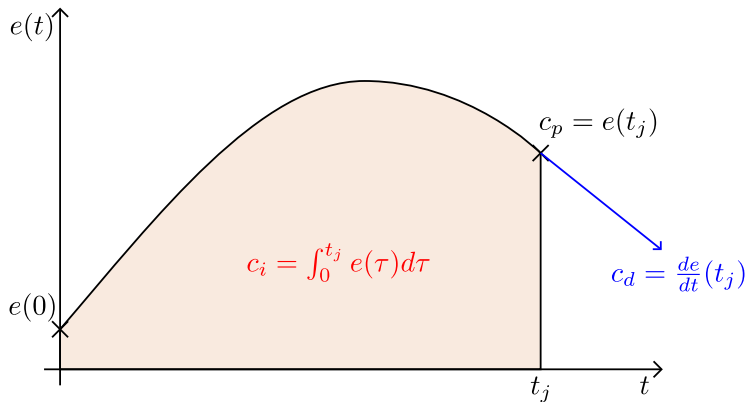
$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

PID Regler - Übliche Parametrisierung

Parameter

- K_p Reglerverstärkung
- $T_i = \frac{K_p}{K_i}$ Nachstellzeit
- $T_d = \frac{K_d}{K_p}$ Vorhaltezeit

PID Regler - Grundprinzip



$$u(t_j) = K_p c_p + K_i c_i + K_d c_d$$

$$u(t_j) = K_p \left(c_p + \frac{1}{T_i} c_i + T_d c_d \right)$$

PID Regler - Grundprinzip

- P -Anteil: Je grösser $e(t)$, umso grösser $u(t)$.
- I -Anteil: Solange $e(t) \neq 0$ wird sich $u(t)$ verändern.
- D -Anteil: Je grösser $\dot{e}(t) = \frac{de}{dt}(t)$, umso grösser $u(t)$.