

II. Beschreibung dynamischer Systeme durch das Strukturbild

2.1 Einführung des Strukturbildes und Vorgehensweise zu seiner Aufstellung

Beispiel: Raumtemperatur über die Vorlauftemperatur

- Geräteschema siehe Beiblatt 11

↓ *1.Schritt:* Ermittlung der beschreibenden Gleichungen aus den physikalischen Gesetzen.

- Wärmebilanz:

Für den beheizten Raum: enthaltene Wärmemenge $Q(t) = c_R \cdot \vartheta(t)$

$$\begin{aligned} \dot{Q}(t) &= c_R \cdot \dot{\vartheta}(t) = \dot{Q}_{zu}(t) - \dot{Q}_{ab}(t) && \vartheta(t) + T \cdot \dot{\vartheta}(t) = K \cdot \tilde{\vartheta}(t) \quad (1) \\ \text{mit } \dot{Q}_{zu}(t) &= c_H [\vartheta_H(t) - \vartheta(t)] && \text{mit } T = c_R / (c_H + c_F), K = c_F / (c_H + c_F) \\ \dot{Q}_{ab}(t) &= c_F [\vartheta(t) - \vartheta_{au\beta en}(t)] && \tilde{\vartheta}(t) = (c_H / c_F) \cdot \vartheta_H(t) + \vartheta_{au\beta en}(t) \quad (2) \end{aligned}$$

- Heizungsanlage:

$$\vartheta_H(t) = \vartheta_K(t - T_i) \quad (3) \quad \text{mit } T_i = \text{Fließdauer von Kessel bis Heizkörper}$$

$$\vartheta_K(t) = c_B \cdot u(t) \quad (4) \quad \text{falls Brenner mit Kesseltemperaturregelung}$$

- Regler:

$$u(t) = f_R \cdot (\vartheta_{soll}(t) - \vartheta(t)), \text{ z.B. } u(t) = k_R [\vartheta_{soll}(t) - \vartheta(t)]$$

↓ *2.Schritt:* Ordnung und Auflösung der Gleichungen (ggf. mittels Laplace-Transformation) beginnend mit der Ausgangsgröße. Dabei meist: Anfangswerte=0! (weil primär Ein- und Ausgangsverhalten von Interesse)

$$(1) \quad \mathcal{L}\{\vartheta(t)\} + T_s \mathcal{L}\{\dot{\vartheta}(t)\} = K \mathcal{L}\{\tilde{\vartheta}(t)\}$$

$$\Rightarrow \mathcal{L}\{\vartheta\} = \frac{K}{1 + T_s s} \mathcal{L}\{\tilde{\vartheta}(t)\} \quad (6)$$

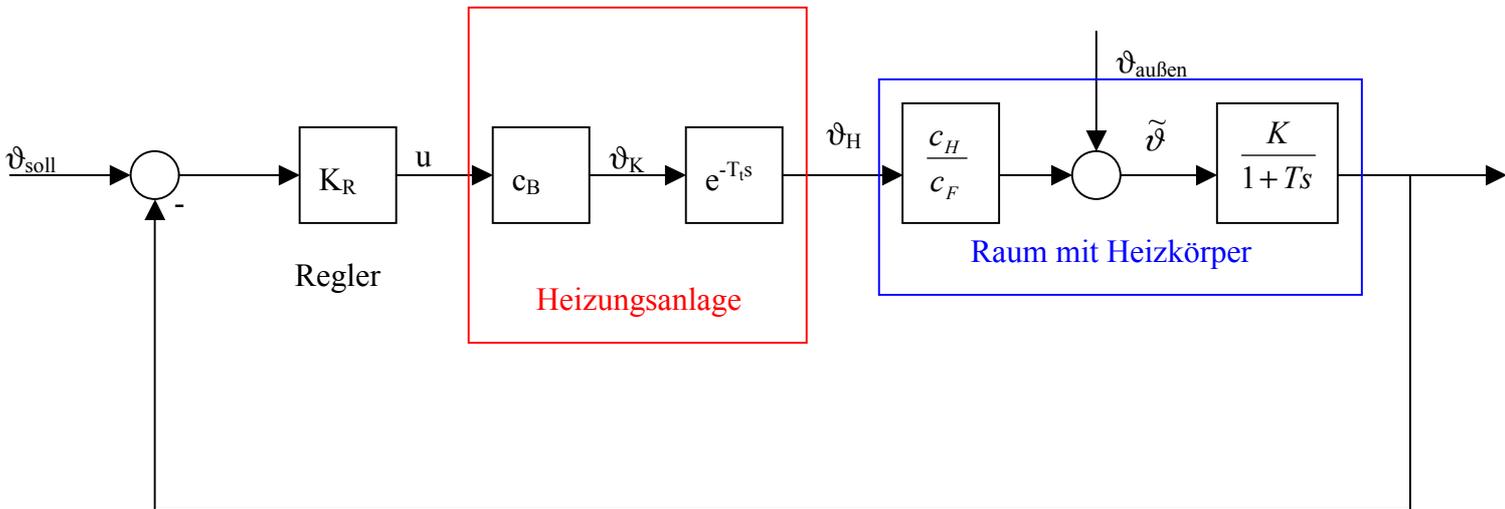
$$(2) \quad \mathcal{L}\{\tilde{\vartheta}(t)\} = \frac{c_H}{c_F} \mathcal{L}\{\vartheta_H(t)\} + \mathcal{L}\{\vartheta_{au\beta en}(t)\} \quad (7)$$

$$(3) \quad \mathcal{L}\{\vartheta_H(t)\} = e^{-T_i s} \mathcal{L}\{\vartheta_K(t)\} \quad (8)$$

$$(4) \quad \mathcal{L}\{\vartheta_K(t)\} = c_B \mathcal{L}\{u(t)\} \quad (9)$$

$$(5) \quad \mathcal{L}\{u(t)\} = k_R [\mathcal{L}\{\vartheta_{soll}(t)\} - \mathcal{L}\{\vartheta(t)\}] \quad (10)$$

↓ *3.Schritt:* Übersetzung der Gleichungen ins Strukturbild, d.h. die Operationen werden durch Rechtecke bzw. Kreise und die Größen durch gerichtete Linien dargestellt sowie als Operationssymbole z.B. die Übertragungsfunktion eingetragen.



2.2 Weiteres Beispiel zur Strukturbildarstellung

Geschwindigkeitsregelung eines PKW (siehe Beiblatt 12)

Schritt 1+2 Gleichungsermittlung und -auflösung

- Fahrzeug (Beiblatt 12/1):

$$m \cdot \dot{v}(t) = F_A(t) - F_H(t) - F_R(t) - F_L(t)$$

L-Trafo \rightarrow

$$\mathcal{L}\{v\} = \frac{1}{s} \mathcal{L}\{F_A - F_H - F_R - F_L\} \quad (1)$$

$$F_A = \frac{1}{r} * M_A \quad (2), \quad F_H = m * g * \sin \alpha_{St} \quad (3), \quad F_R = m * g * f_R \quad (4)$$

$$F_L = c_W * A * \frac{\rho}{2} * v^2 \quad (5), \quad \omega_A = \frac{1}{r} * v \quad (6)$$

- Motor und Getriebe (Beiblatt 12/2, 12/3)

$$M_A = \eta * i * (M_M - M_N) \quad (7), \quad M_M = f_M(\tilde{\alpha}_{DK}, n_M) \quad (8)\text{-Motorkennfeld}$$

$$n_M = i * n_A \quad \text{mit } n_A = \frac{60}{2\pi} \omega_A \Rightarrow n_M = \frac{60i}{2\pi} \omega_A \quad (9)$$

- Sauganlage
Durch DK-Verstellung, Veränderung des Luftmassenstroms (d.h. Beschleunigung oder Verzögerung) \Rightarrow zeitlicher Übergangsvorgang gemäß

$$\tilde{\alpha}_{DK} + T_s \dot{\tilde{\alpha}}_{DK} = \alpha_{DK} \quad \text{mit } \tilde{\alpha}_{DK}(0)=0 \quad \mathcal{L}\{\tilde{\alpha}_{DK}\} = \frac{1}{1+T_s s} \mathcal{L}\{\alpha_{DK}\} \quad (10)$$

Am Motoreingang wirksamer DK-Wert

- Tempomat

$$\dot{\alpha}_{DK} = \frac{100}{\pi/2} * \omega_{DK} \quad \text{wobei} \quad \omega_{DK} = K_{St} * u_{St} \quad \Rightarrow \quad \dot{\alpha}_{DK} = \frac{200 * K_{St}}{\pi} u_{St}$$

↑
wegen α_{DK} in % ($100\% = \pi/2$)

$$\mathcal{L}\{\alpha_{DK}\} = \frac{200 * K_{St}}{s} \frac{1}{\pi} \mathcal{L}\{u_{St}\} \quad (11)$$

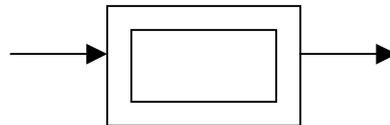
$$u_{St} = f_R(v_{soll} - v), \quad \text{Annahme: } u_{St} = K_R(v_{soll} - v) \quad (12)$$

Schritt 3 Übersetzung ins Strukturbild (siehe Beiblatt 13)

Anmerkung:



Lineare Beziehung



Nichtlineare Beziehung