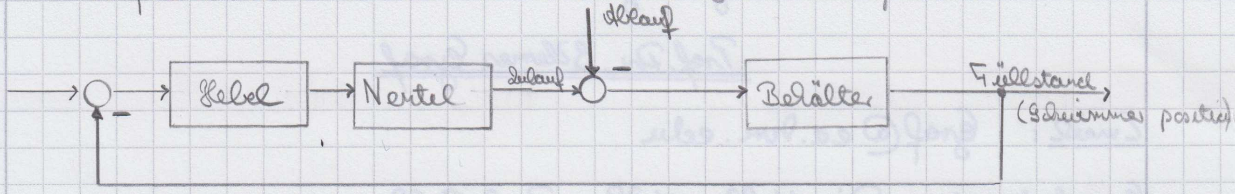
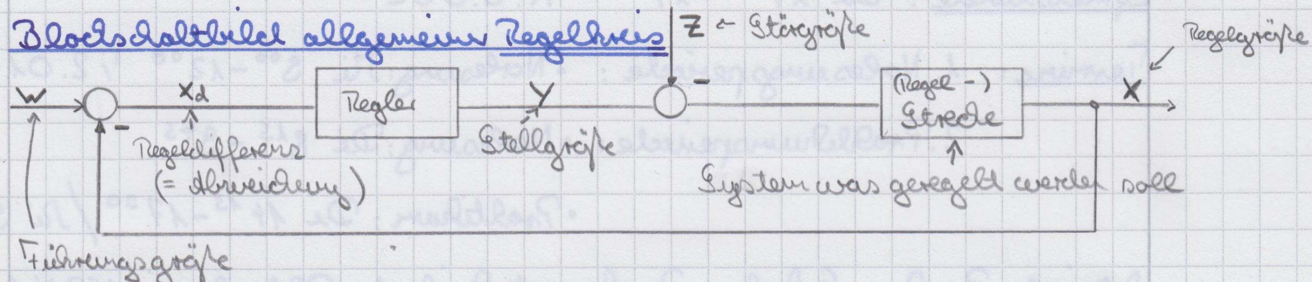
Blockschaltbild der Füllstandregelung

Wunschfüllstand: Einstellbar über die Höhe des Hebeldruckpunktes



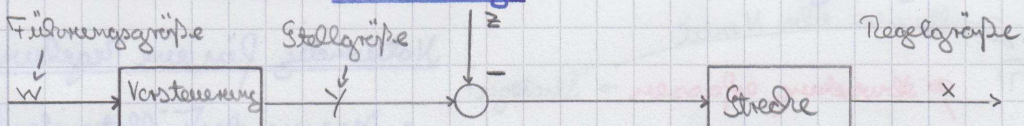
Blockschaltbild allgemeiner Regelkreis



10.10.12 **Notwendig für Regelung:** - Sensorik (Bsp.: "Schwebendes Metall": - Lichtschranke)

- Aktorik (Regelung der Spule → Magnetfeld)

Blockschaltbild der Steuerung



- keine Rückführung - offene Wirkungskette
- der Führungsgröße wird gefolgt (z.B. wenn man sie verstellt)
- gegen Störungen z wird nichts unternommen → es wird kein Sensor benötigt

Bsp

Eine Kombination von Vorsteuerung und Regelung ermöglicht gutes Führungs- und Störverhalten. → Regelungstechnik 2

Bsp.: Menschliche Regelung: Die fremde Dusche → wenn es lange dauert = blöd

Für die Funktion des Regelkreises ist das zeitliche Verhalten / die Dynamik von Regler und Strecke entscheidend.

⇒ Beschreibung durch Differentialgleichungen / Übertragungsfunktionen

---

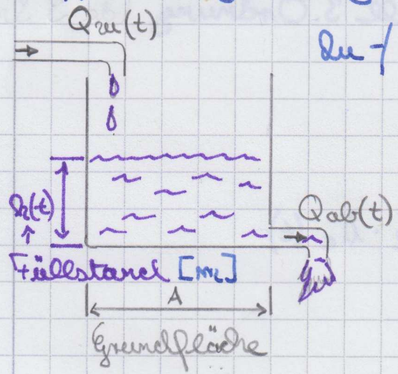
Folie 16 - Lösungsweg für Regelungsaufgaben

2. Math. Behandlung von Regelkreisgliedern

2.1 Aufstellen der Differentialgleichung / Modellbildung

- physikalische Modellbildung -> Aufstellen der phys. Grundgleichungen
- experimentelle Modellbildung -> z.B.: Sprungantwort der Regelgröße nach Stellsignalsprung messen

o Differentialgleichung aufstellen - Füllstandsbehälter



Zu-/Ablauf der Volumenstrom $[\frac{m^3}{sec}]$

Volumen: $V(t) = A \cdot h(t)$

Volumenänderung pro Zeiteinheit:

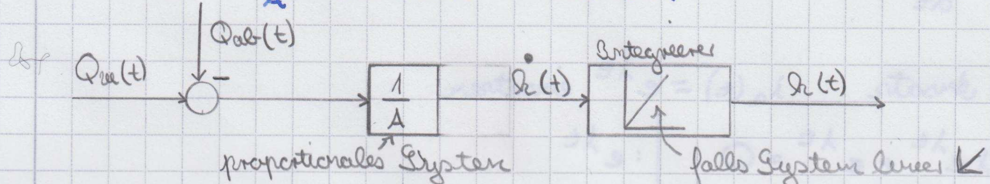
$$\boxed{\frac{dV(t)}{dt} = A \cdot \frac{dh(t)}{dt} = Q_{zu}(t) - Q_{ab}(t)}$$ DGL

Blockschaltbild des Füllstandbehälters

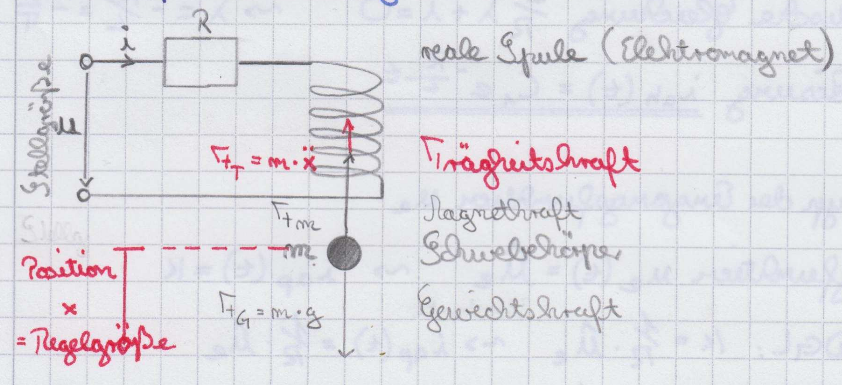
Im BSB (Blockschaltbild) treten keine Differenzierer sondern Integrierer auf

-> DGL nach der höchsten Ableitung auflösen:

$$\dot{h}(t) = \frac{1}{A}\left(Q_{zu}(t) - Q_{ab}(t)\right)$$



o DGL aufstellen - Magnetschwebeversuch



Kräftebilanz: $F_T + F_m - F_G = 0$ ① => $\boxed{m\ddot{x} + k\frac{i}{x^2} - m \cdot g = 0}$ nichtlineare DGL

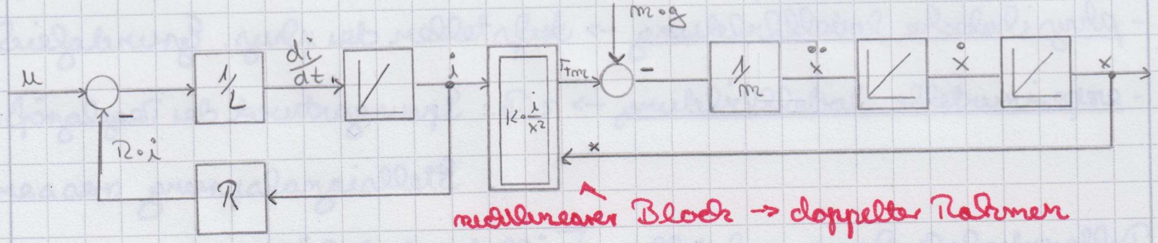
Magnetkraft: $F_m = k \cdot \frac{i}{x^2}$

Spule als RL-Glied: ② $\boxed{u = R \cdot i + u_L = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}}$

Blockschaltbild

Mechanik

② $\rightsquigarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L}(u - R\cdot i)$ ① $\rightsquigarrow \ddot{x} = \frac{1}{m}\left[m\cdot g - K\cdot\frac{i}{x^2}\right]$



nichtlinearer Block → doppelter Rahmen

$\rightsquigarrow$ nichtlineares Modell 3. Ordnung (da 3 Integrierer)

Zuhause Lösung 2 Aufgabe 1

Lösung der Differentialgleichung

Beispiel RL-Glied: $\frac{L}{R}\frac{di_a(t)}{dt} + i_a(t) = \frac{1}{R}\cdot u_e(t)$

1. Lösungen der homogenen DGL
2. Bestimmung der partikulären Lösung
3. Anfangsbedingungen einarbeiten

① Eingangsgröße $u_e(t) = 0$ setzen – Eigendynamik des Systems

$$\frac{L}{R}\frac{di_a(t)}{dt} + i_a(t) = 0$$

$e^{\lambda t}$-Ansatz $i_a(t) = e^{\lambda t}$ einsetzen

$$\frac{L}{R}\lambda e^{\lambda t} + e^{\lambda t} = 0 \quad \Big| : e^{\lambda t}$$

charakteristische Gleichung $\frac{L}{R}\lambda + 1 = 0 \quad \rightsquigarrow \lambda = -\frac{R}{L} = -\frac{1}{T}$

homogene Lösung $\underline{i_{ah}(t) = C_1 e^{-\frac{R}{L}t}}$

② Ansatz vom Typ der Eingangsfunktion u_e

hier Sprungfunktion $u_e(t) = \underbrace{\hat{u}_e}_{=\text{Konstante}} \quad \rightsquigarrow \quad i_{ap}(t) = K$

Einsetzen in DGL: $K = \frac{1}{R}\cdot\hat{u}_e \quad \rightsquigarrow i_{ap}(t) = \frac{1}{R}\cdot\hat{u}_e$

Eingangsfunktion	Ansatz
Sprung $u_e(t) = 1$	K
Rampe $u_e(t) = t$	$K_1 t + K_0$
Sinus $u_e(t) = \sin\omega t$	$K_0 \sin\omega t + K_1 \cos\omega t$

③ Anfangsbedingungen einarbeiten

Gesamtlösung als Überlagerung / Addition $i_a(t) = i_{ah}(t) + i_{ap}(t)$

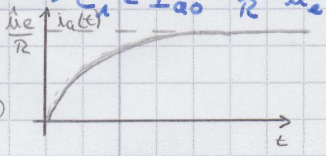
Eigendynamik des Systems Wirkung

$$i_a(t) = C_1 e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{1}{R}\hat{u}_e$$

Anfangsbedingung: $i_a(t=0) = \hat{I}_{a0} = C_1 + \frac{1}{R}\cdot\hat{u}_e \rightarrow C_1 = \hat{I}_{a0} - \frac{1}{R}\cdot\hat{u}_e$

$$\boxed{i_a(t) = \hat{I}_{a0}\, e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{\hat{u}_e}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)}$$

$\hat{I}_{a0} = 0$



Lösung der DGL mit Laplace-Transformation

Zeitbereich: $\frac{L}{R}\frac{di_a(t)}{dt} + i_a(t) = \frac{1}{R}u_e(t)$

$$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st}\, dt$$

Frequenzbereich: – $\frac{L}{R}\left(s\, I_a(s) - i_a(0)\right) + I_a(s) = \frac{1}{R}U_e(s)$

Auflösen im Frequenzbereich: $I_a(s) = \frac{1}{1+\frac{L}{R}\cdot s}\left(\frac{L}{R}\cdot i_a(0) + \frac{1}{R}U_e(s)\right)$

$T_1 = \frac{L}{R}$ Sprungfunktion: $U_e(s) = \frac{\hat{u}_e}{s}$

$$I_a(s) = \frac{i_a(s)}{\frac{1}{T_1}+s} + \frac{1}{1+T_1\cdot s}\cdot\frac{\hat{u}_e}{R}\cdot\frac{1}{s} = \frac{1}{1+T_1 s}\left[T_1\, i_a(0t) + \frac{1}{R}U_e(s)\right];\ T_1 = \frac{L}{R}$$

$\frac{\frac{1}{T_1}}{\frac{1}{T_1}+s}$

$\mathcal{L}^{-1}$ – Laplace-Rücktransformation

$i_a(t) = i_a(0)\, e^{-\frac{t}{T}} + \frac{\hat{u}_e}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$ ⇝ gleiches Ergebnis wie im Zeitbereich

@ Home: Übung 2 Aufgabe 2a und Aufgabe 1 ganz

17.10.12 Bildbereich: $I_a(s) = \frac{1}{1+T_1 s}\left[T_1\, \underbrace{i_a(0t)}_{\text{Annahme Anfangswert Null}} + \frac{1}{R}U_e(s)\right]$; $T_1 = \frac{L}{R}$

Übertragungsfunktion: $F(s) = \frac{I_a(s)}{U_e(s)} = \frac{1}{R}\frac{1}{1+T_1\cdot s}$ als Quotient der Laplace-transformierten vom Ausgang dividiert durch die $\mathcal{L}$-transformierte des Eingangs

$U_e(s) \rightarrow \boxed{F(s)} \rightarrow I_a(s)$

F gilt als Verstärkung des Systems, die von der komplexen Frequenz s abhängt

Weitere Einschränkung $s = j\omega$ (rein imaginär)

$F(j\omega) = F(s)\big|_{s=j\omega}$ heißt Frequenzgang