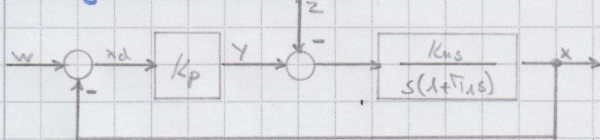


# Regelung einer $\Pi_1$ -Strecke

Beispiele: - Totzeitregelung; - Drehregel bei Gl. Stromtrieb

## P-Regler und $\Pi_1$ -Strecke



$$\bar{F}_W(s) = \frac{K_p K_s}{K_p K_s + s(1+T_1 s)}$$

$\bar{F}_W(0) = 1 \rightarrow$  statisch genau im Führungsverhalten

$$\bar{F}_Z(s) = -\frac{\bar{F}_S}{1+\bar{F}_0} = -\frac{N_R Z_S}{Z_0 + N_0} = -\frac{K_s}{K_p K_s + s(1+T_1 s)}$$

$\bar{F}_Z(s=0) = -\frac{1}{K_p} \neq 0 \rightarrow$  nicht genau im Störverhalten!

RK wird für große  $K_p$  schwingungsfähig

4.12.12

## $\Pi_1$ -Strecke mit I-Regler

allgemein schon ein schlechtes Stabilitätsverhalten

$$\bar{F}_0 = \frac{K_i K_s}{s^2(1+T_1 s)}$$

Char. Gl.  $Z_0 + N_0 = 0$

$$T_1 s^3 + s^2 + 0s + K_i \cdot K_s = 0$$

$\rightarrow$  immer instabil wegen Hurwitz-Kriterium  $\rightarrow$  (später in der Vorlesung)  
 $\rightarrow$  nicht stabil da meist alle Stoeffkoeffizienten positiv

## $\Pi_1$ -Strecke mit PI-Regler

offt. offener RK:  $\bar{F}_0(s) = K_p \frac{1+T_N s}{T_N s} \cdot \frac{K_s}{s(1+T_1 s)}$

### 1. Versuch: dyn. Kompensation $T_N = T_1$

Char. Gl.:  $T_N s^2 + K_p \cdot K_s = 0$

wird, nicht alle Stoeff pos. aber man kann Pole ausrechnen  $\rightarrow$  stabil

Pole ausrechnen  $s_{0/1,2} = \pm \sqrt{-\frac{K_p K_s}{T_N}} = \pm j \sqrt{\frac{K_p K_s}{T_N}}$

Pole liegen auf der Im-Achse  $\rightarrow$  gedämpfte Schwingung

$\rightarrow$  Rk nicht stabil

**$\Rightarrow$  keine dyn. Kompensation bei integrierender Strecke**

### 2. Versuch: „symmetrisches Optimum“ als Anstellverfahren

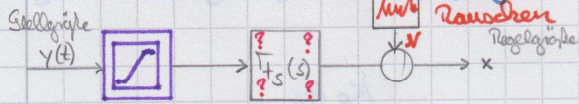
$T_N = 4 T_Z$       $T_Z =$  Summenzeitkonstante hier  $T_Z = T_1$

$K_p = \frac{1}{2 K_s T_Z}$

Führungs-Üfkt:  $\bar{F}_W(s) = \frac{K_p K_s (1+T_N s)}{K_p K_s (1+T_N s) + T_N s^2 (1+T_1 s)} = \frac{T_N \cdot T_S}{1+T_N T_S} = \frac{Z_0}{Z_0 + N_0}$

Das RK mit I-Anteil in der Strecke und im Regler neigt zum Schwingen / Instabilität

# Was beschränkt die erreichbare Regelgüte?



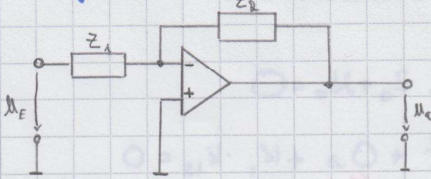
1. Stellsignalbegrenzung
2. Modellunsicherheiten in der Strecke
3. Messfehler des Sensors (Rauschen)

## Realisierung elektrischer Regler

Gesucht: Hardware, die das dynamische Verhalten der Regler liefert.  $F_R(s)$  hat.

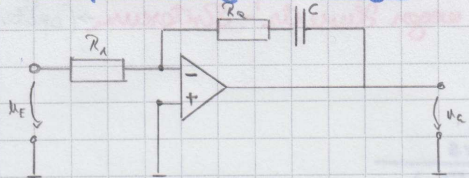
### 1. analoge Regler

#### Operationsverstärker-Schaltungen



$$F_R(s) = \frac{u_C}{u_E} = - \frac{Z_2}{Z_1}$$

#### → Bsp. analoger PI-Regler



$$F_R(s) = - \frac{R_2 + \frac{1}{sC}}{R_1} = - \frac{1 + sR_2C}{sR_1C} = - \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + sR_2C}{sR_2C}$$

$$= -k_p \frac{1 + T_N s}{T_N s} \quad \rightarrow T_N = R_2 C ; k_p = \frac{R_2}{R_1}$$

11.12.18

## Digitale Reglerrealisierung $T_s$ die 28

z.B. Mikrocontroller

- 1) analoges Eingangssignal muss abgetastet werden und analog / Digital umgesetzt werden.  
(zeitliche Amplitudenmäßige Quantisierung)
- 2) Berechnung des Regelalgorithmus im Abtasttakt (Differenzgleichung)
- 3) Ausgabe des treppenförmigen Stellsignals mittel Digital / analog Umsetzung

Zunächst Entwurf eines kontinuierlichen Reglers - anschließend rechteckstapelt Approximation

→ "Quasikontinuierlicher Entwurf"

Wahl der Abtastzeit  $T_s \leq \frac{Q_1}{\omega_0}$  → reelles → Numerische Pole   
 entsprechend der Dynamik des kontinuierlichen RLK  
 ↳ Abstand der Pole

### Differenzgleichung eines PI-Reglers

$$\text{Wünscht } F_R(s) = \frac{Y(s)}{X_d(s)} = k_p \frac{1 + T_N s}{T_N s}$$

$$\text{Dgl. } y(kT) = k_p \left( \frac{1}{T_N} x_d(kT) + \dot{x}_d(kT) \right) \quad \text{mit } t \rightarrow kT \quad k=0,1,2,\dots$$

$$\text{Ableitungen durch Diff.quotient ersetzen } \dot{y}(t) \approx \frac{y((k+1)T) - y(kT)}{T} = \frac{y(k+1) - y(k)}{T}$$