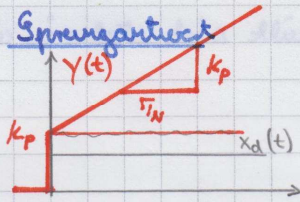
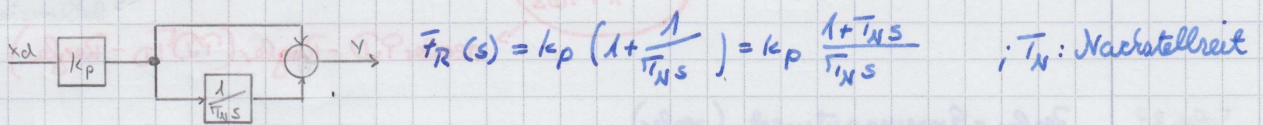
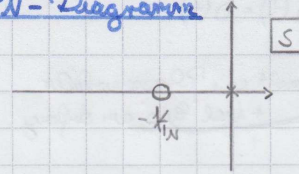


• PI-Regler, um die Nachteile von P- und I-Regler zu kombinieren

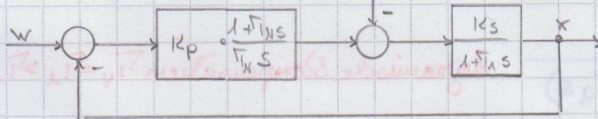
Parallelschaltung von P und I



PN-Diagramm



PI-Regler + PT1-Strecke



üffnet offenen RK: $F_0(s) = k_p \frac{1+T_N s}{T_N s} \cdot \frac{k_s}{1+T_1 s}$ Einstellung nach „dynamischer Kompensation“

$T_{1N} = T_1$

$$\bar{F}_W = \frac{z_0}{z_0 + n_0} = \frac{k_p k_s}{k_p k_s + T_{1N} s} = \frac{1}{1 + \frac{T_1}{k_p k_s} \cdot s} \Rightarrow \bar{F}_W(s=0) = 1 \text{ stationär genau}$$

Vergrößerung von k_p macht den RK schneller

Stör üffnet $F_z(s) = - \frac{\frac{k_s}{1+T_1 s}}{1 + \frac{k_p k_s}{T_1 s}} = - \frac{k_s T_1 s}{(1+T_1 s)(k_p k_s + T_1 s)}$

$F_z(s=0) = 0$ stationär genau. Das im Führungsverhalten kompensierte Pol ist im Störverhalten noch enthalten

→ der Pol wird vom Regler nicht beeinflusst

PT2 - Strecke mit PI - Regler

$F_0(s) = k_p \frac{1+T_N s}{T_N s} \cdot \frac{k_s}{(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$ dynamische Kompensation der größten Streckenzeitkonstanten → $T_{1N} = T_1 > T_2$

$\bar{F}_W = \frac{k_p k_s}{k_p k_s + T_1 s (1+T_2 s)}$ wird für große k_p etwas schneller aber auch schwingungsfähig
 Je höher die Streckenordnung und schwieriger ist die Strecke zu regeln.

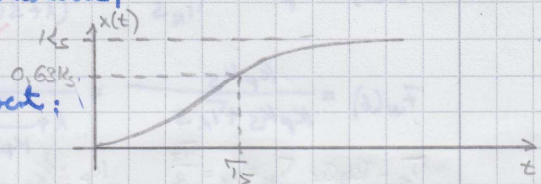
27.11.12 → Einleitung nach dynamischer Kompensation ist gut für das Führungsverhalten

Alternativ „ T_{Σ} -Regel“ für gutes Störverhalten

$T_{1N} = \frac{T_{\Sigma}}{2}$; $T_{\Sigma} = T_1 + T_2$ (Summenzeitkonstante)

$k_p = \frac{1}{k_s}$

→ Sprungantwort:

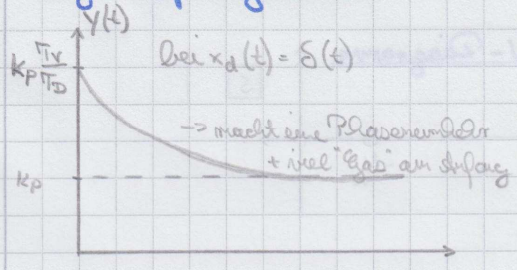


• PD-Regler
 ↳ differential
 ↳ proportionale

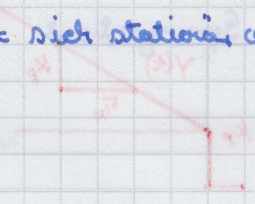
$F_R(s) = k_p \frac{1 + T_V \cdot s}{1 + T_D \cdot s}$
 ↳ idealer PD-Regler (nicht realisierbar!)
 ↳ realer PD-Regler (PD_D-Regler)
 $T_V = \text{Verhaltenzeit}$; $T_D = 0,1 \dots 0,2 \cdot T_V$
↳ D-Parameter

Folie 27
 Regler → Sprungantwort
 Stellwert, Stellzeit

Regler - Sprungantwort (realer)



→ PD-Regler verhält sich stationär wie ein P-Regler



PT2-Strecke und realer PD-Regler

$F_0 = k_p \frac{1 + T_V s}{1 + T_D s} \cdot \frac{k_s}{(1 + T_{11} s)(1 + T_{12} s)}$
 dynamische Kompensation $T_V = T_{11} > T_{12}$

Führungs-Löslf: $F_w(s) = \frac{k_p k_s}{k_p k_s + (1 + T_D s)(1 + T_{12} s)} = \frac{k_p k_s}{T_D T_{12} (s^2 + (\frac{1}{T_D} + \frac{1}{T_{12}})s + \frac{1 + k_p k_s}{T_D T_{12}})}$

Vergleich der Dämpfungskonstanten

mit PD-Regler $2D\omega_0 = \frac{1}{T_D} + \frac{1}{T_{12}}$ größere Dämpfungskonstante im vgl. zu P1-Regler

mit P1-Regler $2D\omega_0 = \frac{1}{T_{12}}$ ↳ der RT mit PD-Regler ist schneller bzw. besser gedämpft

ABER der D- Anteil verstärkt das Sensorrauschen in der Regelgröße → unruhiges Stellsignal

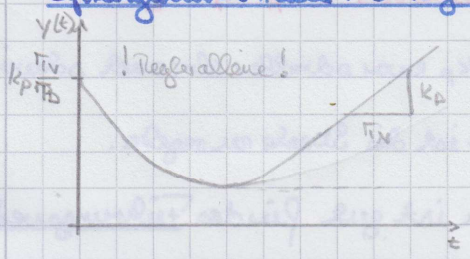
Nenngrößenwert vor T_D macht das Stellsignal ruhiger aber verringert die stabilisierende

Wirkung des D-Anteils → Rauschen ↑

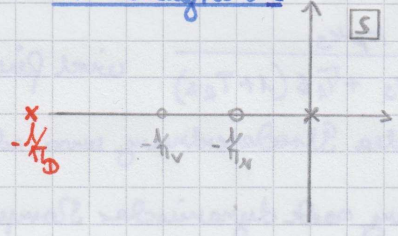
• PD-Regler (Produktform)

$F_R(s) = k_p \frac{(1 + T_{11} s)(1 + T_{12} s)}{T_{11} s (1 + T_D s)}$
 ↳ idealer PD-Regler (wenn Dählergrad > Nennergrad → nicht realisierbar)
 ↳ realer PID (PID_D)
↳ PI-Regler

Sprungantwort realer PD-Regler



PN-Diagramm



PT2-Strecke und idealer PD-Regler

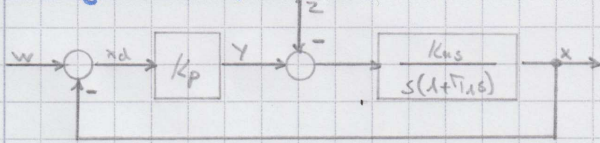
$F_0(s) = k_p \frac{(1 + T_{11} s)(1 + T_{12} s)}{T_{11} s} \cdot \frac{k_s}{(1 + T_{11} s)(1 + T_{12} s)}$
 dyn. Kompensation beid. Pole $T_{11} = T_{11}$ & $T_{12} = T_{12}$

$F_w(s) = \frac{k_p k_s}{k_p k_s + T_{11} s} = \frac{1}{1 + \frac{T_{11}}{k_p k_s} s}$
 ↳ schneller / besser gedämpft als ein reiner P1-Regler
 T_{11} -Regler $T_{11} = T_{12} = \frac{T_{12}}{2}$ $k_p = \frac{1}{k_s}$

Regelung einer Π_1 -Strecke

Beispiele: - Totzeitregelung; - Drehregel bei Gl. Stromtrieb

P-Regler und Π_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

Π_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

Π_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 $s_{0/2} = \pm \sqrt{-\frac{k_p k_s}{T_N}} = \pm j \sqrt{\frac{k_p k_s}{T_N}}$

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: $\bar{F}_W(s) = \frac{k_p k_s (1 + T_N s)}{k_p k_s (1 + T_N s) + T_N s^2 (1 + T_1 s)} = \frac{T_1 \cdot T_s}{1 + T_1 T_s} = \frac{Z_0}{Z_0 + N_0}$

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