4.5 Reglerentwurf für die Vorlesungsbeispiele

4.5.1 Fahrzeug-Geschwindigkeitsregelung

$$F_s(s) = \frac{k_1 k_2}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)} \qquad \text{mit } T_1 = 0{,}3\,\text{sec} << T_2 \approx 30\,\text{sec}$$

Strecke mit I-Glied in $F_{s1}(s)$, d.h. stationäre Genauigkeit ist bereits gesichert → Regler ohne I-Anteil ausreichend.

a.) *P-Regler:* mit $F_R(s) = k_R$ ➔ $F_0(s) = F_R(s) \cdot F_s(s) = \dfrac{\overbrace{k_R k_1 k_2}^{V}}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$

$$\overset{T_1 << T_2}{\approx} \frac{V}{s(1+T_2 s)} \qquad \text{:Verzögerungssystem 2. Ordnung}$$

→ $F_w(s) = \dfrac{F_0(s)}{1+F_0(s)} = \dfrac{1}{1+\underbrace{\frac{1}{V}}_{=2DT}s+\underbrace{\frac{T_2}{V}}_{=T^2}s^2}$:P-T₂-Glied mit $T^2 = \dfrac{T_2}{V}$ => $T = \sqrt{\dfrac{T_2}{V}}$

$$2DT = \frac{1}{V} \;=>\; D = \frac{1}{2\sqrt{VT_2}}$$

Wahl: $D = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ (d.h. nur 5% Überschwingen und $t_{an} = t_{aus} = 3T$)

➔ $\dfrac{1}{2\sqrt{VT_2}} \overset{!}{=} \dfrac{1}{2}\sqrt{2}$ ➔ $V = \dfrac{1}{2T_2} = k_R k_1 k_2$ ➔ $k_R = \dfrac{1}{2k_1 k_2 T_2}$

Es gilt: $V = \dfrac{1}{2T_2} < \dfrac{1}{T_2} < \dfrac{1}{T_1} + \dfrac{1}{T_2} = V_{krit}$ (siehe Abschnitt 3.6)

➔ RK ist bei obiger Einstellung stabil.

Dabei: $t_{an} = t_{aus} = 3T \approx 130\,\text{sec}$, denn $T = \sqrt{\dfrac{T_2}{V}} = \sqrt{2}T_2 = 43\,\text{sec}$ (vgl. Beiblatt 21/1)

<u>Für schnelleres Einschwingen</u> bei gleichbleibender Dämpfung Übergang zum

b.) *PD-Regler*: mit $F_r(s) = k_R \dfrac{1+T_R s}{1+\tau s}$

➔ $F_0(s) = F_R(0) F_s(s) = k_R \dfrac{1+T_R s}{1+\tau s} \cdot \dfrac{k_1 k_2}{s(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$

$$\xrightarrow[\substack{\tau = 0{,}1T_R = 0{,}1T_2 \\ \approx 3\text{sec} >> T_1 = 0{,}3\text{sec}}]{T_R = T_2} F_0(s) = \frac{\overbrace{k_R k_1 k_2}^{V}}{s(1+T_1 s)(1+\tau s)} \approx \frac{V}{s(1+\tau s)} \qquad \text{:gegenüber P-Regelung } T_2 \text{ durch } \tau \text{ ersetzt.}$$

➔ Auch hier $F_w(s)$ mit P-T_2-Verhalten, wobei $T = \sqrt{\frac{\tau}{V}}$ und $D = \frac{1}{2\sqrt{V\tau}}$

Wahl gleicher Dämpfung bei P-Regelung, d.h. $D = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ ➔ $V = \frac{1}{2\tau}$.

Damit ist wie bei der P-Regelung die Stabilität gesichert und es gilt:

$$T = \sqrt{2}\tau = 0{,}1\sqrt{2}T_2 = \frac{1}{10}T_{P-Regelung} \; !$$

Also: Bei gleicher Dämpfung hier PD-Regelung im Führungsverhalten 10x schneller als die P-Regelung (siehe Beiblatt 21/1).

Störverhalten bei P- und PD-Regelung

$$F_z(s) = -\frac{\frac{k_2}{1+T_2 s}}{1+F_0(s)} =$$

$$-\frac{k_2}{V}\frac{s}{1+\frac{1}{V}s+\frac{T_2}{V}s^2} \quad \text{bei P-Regelung}$$

$$-\frac{k_2}{V}\frac{s}{1+\frac{1}{V}s+\frac{T_2}{V}s^2}\,\frac{1+\tau s}{1+T_2 s} \quad \text{bei PD-Regelung}$$

Die langsame Zeitkonstante T2 bleibt trotz Wahl TR=T2 im Störverhalten der PD-Regelung wirksam➔ Im Störverhalten geringere Verbesserung der Ausregelzeit als im Führungsverhalten (nur Faktor 4). (vgl. Beiblatt 21/1)
Stellgrößenverläufe der Regelungen und Simulationen mit nichtlinearen System: siehe Beiblatt 21/2-21/4.

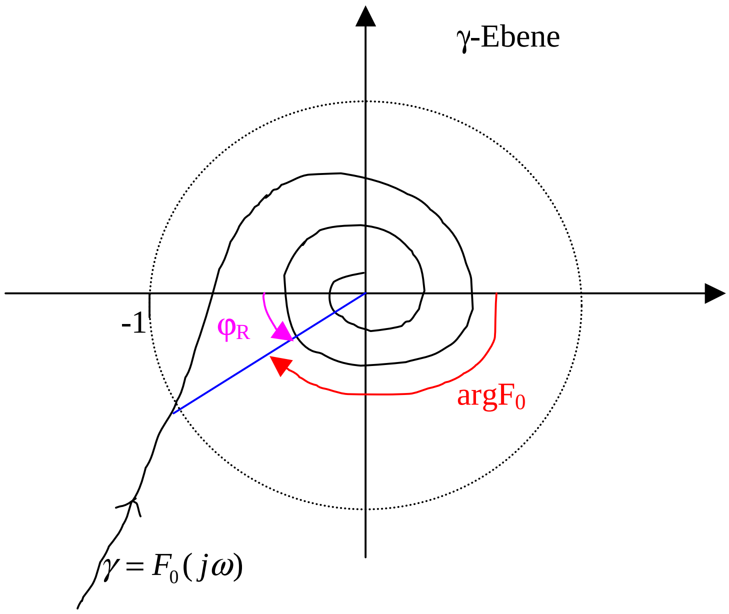
4.5.2 Raumtemperaturregelung

Mit P-Regler ist die Forderung nach max. 5% bleibende Regeldifferenz nicht erfüllbar (siehe Abschnitt 4.1).
Zur Sicherung von stationärer Genauigkeit: Übergang zum

PI-Regler: mit $F_R(s) = k_R\frac{1+T_R s}{s}$

➔ $$F_0(s) = F_R(s)F_s(s) = k_R\frac{1+T_R s}{s}\frac{k_s}{1+Ts}e^{-T_t s} \xrightarrow{T_R=T} F_0(s) = \frac{V}{s}e^{-T_t s} \quad \text{mit } V = k_R k_s$$

k_R-Festlegung über Vorgabe der Phasenreserve φ_R, z.B. $\varphi_R=45^o$ (da hier primär Störungsausregelung von Interesse).



- $\varphi_R = \arg F_0(j\omega_D) + \pi \overset{!}{=} \dfrac{\pi}{4}$
- $|F_0(j\omega_D)| \overset{!}{=} 1$

➔ $\omega_D = \dfrac{\pi}{4T_t}$; $V = \omega_D = \dfrac{\pi}{4T_t}$; $k_R = \dfrac{\pi}{4k_s T_t}$

Damit gilt: $V = \dfrac{\pi}{4T_t} < V_{krit} = \dfrac{\pi}{2T_t}$ (siehe Übungsaufgabe 6.2)

➔ RK-Stabilität ist gesichert!