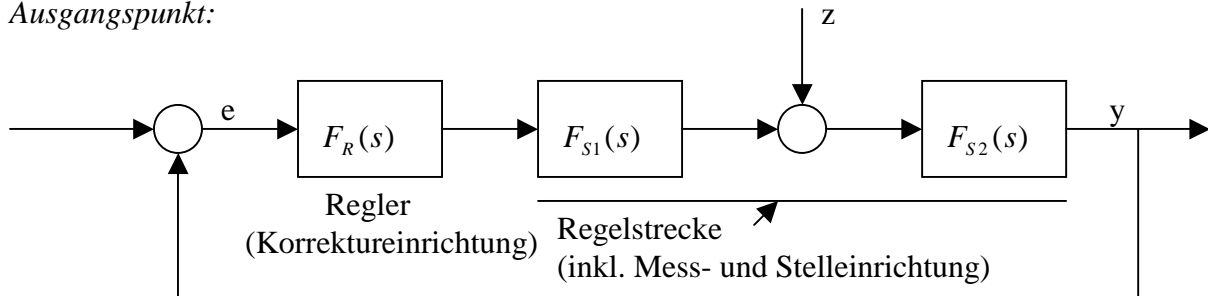


IV. Synthese (Entwurf) von Regelkreisen

Ausgangspunkt:



Damit:

$$F_0(s) = F_R(s)F_{S1}(s)F_{S2}(s) \quad \text{(korrigierter) offener Kreis}$$

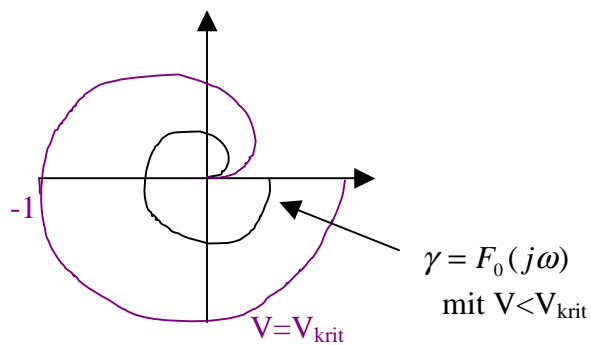
Annahme:

$F_0(0)$ erfülle die Voraussetzungen von Beiblatt 18.

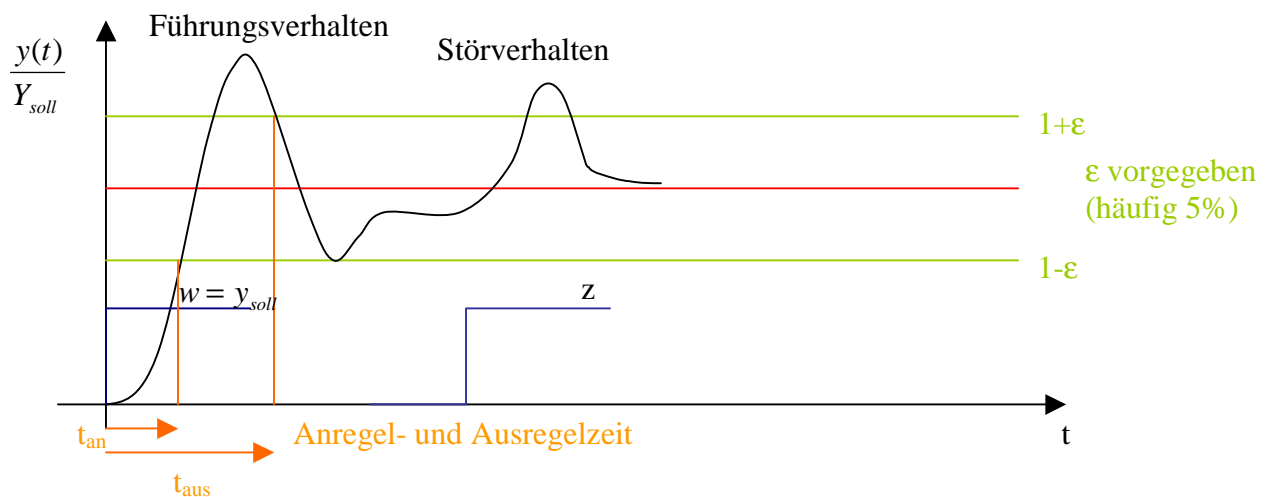
4.1 Anforderungen an den Regelkreis

- Grundanforderung 1: *Der RK muß stabil ein.*

Gemäß NK: Die OK $\gamma = F_0(j\omega)$ des korrigierten offenen Kreises muss den Punkt -1 links liegen lassen.



- Grundanforderung 2: *Der RK muß genügende stationäre Genauigkeit aufweisen.*



$$\left| 1 - \frac{y_\infty}{y_{soll}} \right| < \varepsilon \iff \left| \frac{y_{soll} - y_\infty}{y_{soll}} \right| = \left| \frac{e_\infty}{y_{soll}} \right| < \varepsilon$$

Gemäß Abschnitt 3.3: Man muss den Regler entweder ein I-Glied einfügen (sofern $F_{S1}(s)$ kein I-Glied enthält) oder V groß machen. Im ersten Fall ist $e_\infty = 0$, ansonsten gilt

(bei P-Verhalten von $F_0(0)$): $\left| \frac{e_\infty}{y_{soll}} \right| \sim \frac{1}{1+V}$

➔ Die Anforderungen 1 und 2 sind gegenläufig!!!

Beispiel: Temperaturregelung mit $T = 10T_t$

➔ Stabilität: $V < V_{krit} = \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{4} \cdot \left(\frac{T}{T_t}\right)^2} = 15,7$

➔ Stationäre Genauigkeit: $\left| \frac{e_\infty}{\vartheta_{soll}} \right| = \frac{1}{1+V} \stackrel{!}{\leq} 5\%$

➔ $V \geq 19$: nicht gleichzeitig erfüllbar!!

- Grundanforderung 3: Der RK muß ausreichend gedämpft sein.

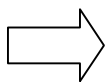
D.h.: Er darf bei Führungs- bzw. Störgrößenänderungen nicht oder nur mäßig über- bzw. unterschwingen (z.B. maximal 5% vom Endwert).

- Grundanforderung 4: Der RK muß genügend schnell sein.

D.h.: Er muß den Endwert in entsprechend kurzer Zeit hinreichend nahe kommen (z.B. t_{an} oder $t_{aus} < vorgegebenen$ Wert).

Simulationen auf Beiblatt 10

➔ Die Anforderungen 3 und 4 sind ebenfalls gegenläufig!!!



Resultierende Synthesaufgabe: Regler so wählen, dass alle diese Anforderungen trotz ihrer Gegenläufigkeit zugleich erfüllt werden.

4.2 Herleitung der grundsätzlichen Regelstruktur

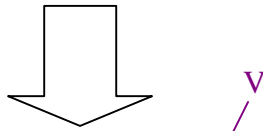
- Für stationäre Genauigkeit ideal: I-Glied im Regler
- Zur Stabilitätssicherung: Reglerverstärkung k_R für V -Einstellung erforderlich.

➔ Ansatz $F_R(s) = \frac{k_R}{s} \cdot \tilde{F}_R(s)$

- Wie ist dann $\tilde{F}_R(s)$ zu wählen, damit auch die Anforderungen 3 und 4 erfüllt werden?

Beispiel: $F_S(s) = F_{S1}(s) \cdot F_{S2}(s) = \frac{k_S}{(1+T_1s)(1+T_2s) \cdots (1+T_ns)}$

$F_R(s) = \frac{k_R}{s} \tilde{F}_R(s)$



$F_0(s) = F_R(s)F_S(s) = \frac{k_R k_S \tilde{F}_R(s)}{s(1+T_1s) \cdots (1+T_ns)}$

Damit: $F_w(s) = \frac{F_0(s)}{1+F_0(s)} = \frac{1}{1+\frac{1}{F_0(s)}} = \frac{1}{1+\frac{1}{V} s \frac{(1+T_1s) \cdots (1+T_ns)}{\tilde{F}_R(s)}} = \frac{1}{1+\frac{1}{V} s}$

Mit: $\tilde{F}_R(s) = (1+T_1s) \cdots (1+T_ns)$

⇒ RK mit P-T₁-Verhalten, d.h. kein Überschwingen und über V bzw. k_R beliebig schnell einstellbar, dabei für alle V>0 stabil und stationär genau: ideales RK-Verhalten!!

$F_R(s) = \frac{k_R}{s} (1+T_{R1}s)(1+T_{R2}s) \cdots (1+T_{Rn}s)$

Ideale Reglerstruktur:

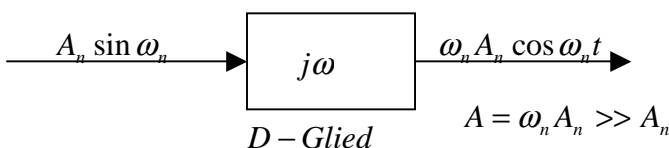
$= \frac{r_{-1}}{s} + r_0 + r_1s + r_2s^2 + \cdots + r_{n-1}s^{n-1}$

(entspricht einer Parallelschaltung von I-, P-, D-, D₂-Glied)

4.3 Realisierungsproblematik und resultierende Reglerstrukturen

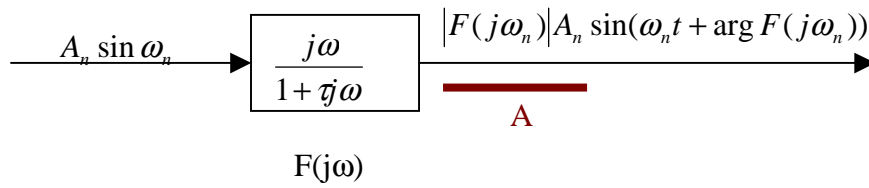
Die differenzierenden Anteile können wegen stets vorkommender Störwelligkeit (Rauschen) n(t) so nicht realisiert werden. In grober Näherung: $n(t) = A_n \sin \omega_n t$ mit A_n klein gegen mittlere Beträge der Systemgrößen und ω_n groß gegen Systemfrequenzen.

D-Glied:



Also:
D-Glied bewirkt starke Vergrößerung der Störwelligkeit!!

Abhilfe: Abschwächung der Differentiation durch kleine Nennerzeitkonstante $\tau > \frac{1}{\omega_n}$



Es gilt:
$$A = |F(j\omega_n)| \cdot A_n = \frac{\omega_n A_n}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega_n^2}} = \frac{A_n}{\sqrt{\frac{1}{\omega_n^2} + \tau^2}} \approx \frac{A_n}{\tau}$$

≈ 0

\implies Störwelligkeitsverstärkung über τ einstellbar mit τ möglichst klein, damit weiterhin D-Verhalten.