⇩ Übertragung auf RK mit den Gleichungen $Y(s) = F_w(s)W(s) + F_z(s)Z(s)$,

RK ist stabil, wenn die Pole von $F_w(s)$ <u>und</u> die Pole von $F_z(s)$ links der J-Achse liegen.

⇩ Da $F_w(s)$ und $F_z(s)$ den gleichen Nenner $1+F_0(s)$ haben, gilt (sofern in $F_0 = F_1F_2F_3$ keine Pol-Nullstellen-Kürzungen vorkommen): Pole von $F_w(s)$ = Pole von $F_z(s)$ = Nullstellen von $1+F_0(s)=0$

> Der RK ist genau dann stabil, wenn alle Nullstellen seiner charakteristischen Gleichung $1+F_0(s)=0$ links der j-Achse liegen. Dies gilt auch, wenn die ÜF $F_0(s)$ des offenen Kreises totzeitbehaftet ist.
>
> Grundlegendes Stabilitätskriterium für RKs

Beispiel 1: Geschwindigkeitsregelung

Für $T_1 = 0$ (wegen $T_1 << T_2$) gilt: $F_0(s) = \dfrac{V}{s(1+T_2 s)}$ mit $V = k_R k_1 k_2$ und $T_2 > 0$

⇨ charakteristische Gleichung:

$$1+\frac{V}{s(1+T_2 s)} = 0 \;=>\; s + T_2 s^2 + V = 0 \;=>\; s^2 + \frac{1}{T_2}s + \frac{V}{T_2} = 0;$$

$$=> \quad \alpha_{1,2} = -\frac{1}{2T_2} \pm \sqrt{\frac{1}{4T_2^2} - \frac{V}{T_2}} = -\frac{1}{2T_2}(1 \mp \sqrt{1-4VT_2})$$

- $0 < 4VT_2 \le 1$ => $\alpha_{1,2}$ reell und stets <0
- $4VT_2 > 1$ => $\alpha_{1,2} = -\dfrac{1}{2T_2}(1 \mp j\sqrt{4VT_2 - 1})$

⇨ RK ist für alle V>0 stabil (sofern T_1=0 gilt)

Beispiel 2: Temperaturregelung

$$F_0(s) = \frac{V}{1+Ts}e^{-T_t s} \;=>\; \text{charakteristische Gleichung: } 1+\frac{V}{1+Ts}e^{-T_t s} = 0;$$

=> $1 + Ts + Ve^{-T_t s} = 0$

=> transzendente Gleichung; nicht formelmäßig lösbar; im Allgemeinen unendlich viele Nullstellen.

⇩

Das grundlegende Stabilitätskriterium vereinfacht die Stabilitätsuntersuchung noch nicht genügend. Gesucht ist ein Kriterium, mit dem man über die Lage der Nullstellen der charakteristischen Gleichung zur j-Achse entscheiden kann, ohne die Nullstellen berechnen zu müssen.

➔ <u>Nyquist-Kriterium</u>

3.5 Frequenzgang und Ortskurve des offenen Kreises

3.5.1 Der Frequenzgang (FG)

Definition:

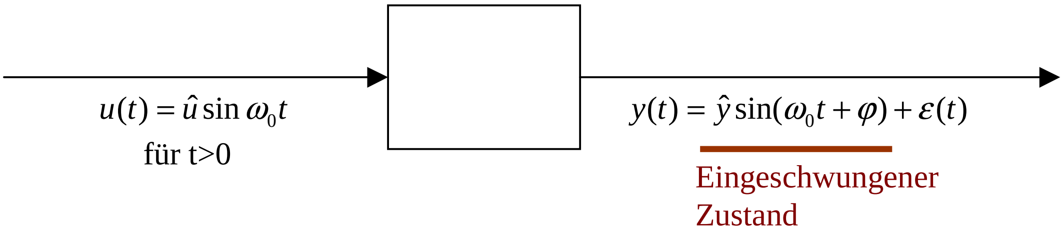
Der FG eines LZI-Gliedes ist dessen ÜF F(s) auf der j-Achse (d.h. in F(s) ist s=jω zu setzen)

Beispiel:

P-T_1-Glied mit

$$F(s)=\frac{k}{1+Ts}\xrightarrow{s=j\omega}F(j\omega)=\frac{k}{1+Tj\omega}=\frac{k}{1+T^2\omega^2}-j\frac{kT\omega}{1+T^2\omega^2}=\frac{k}{\sqrt{1+T^2\omega^2}}e^{-j\arctan T\omega}$$

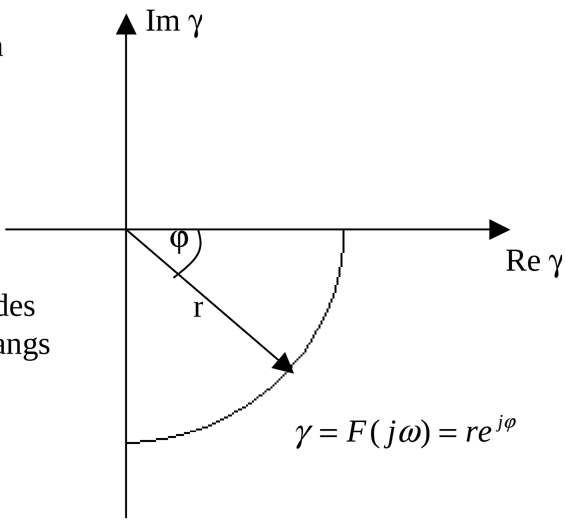
Bedeutung des FG:



Dabei gilt: $\hat{y}=|F(j\omega_0)|\hat{U}$ $\varphi=\arg(F(j\omega_0))$

=>Der FG charakterisiert somit die Sinusantwort eines LZI-Gliedes.

Darstellung in der komplexen Zahlenebene (γ-Ebene)



Ortskurve des Frequenzgangs

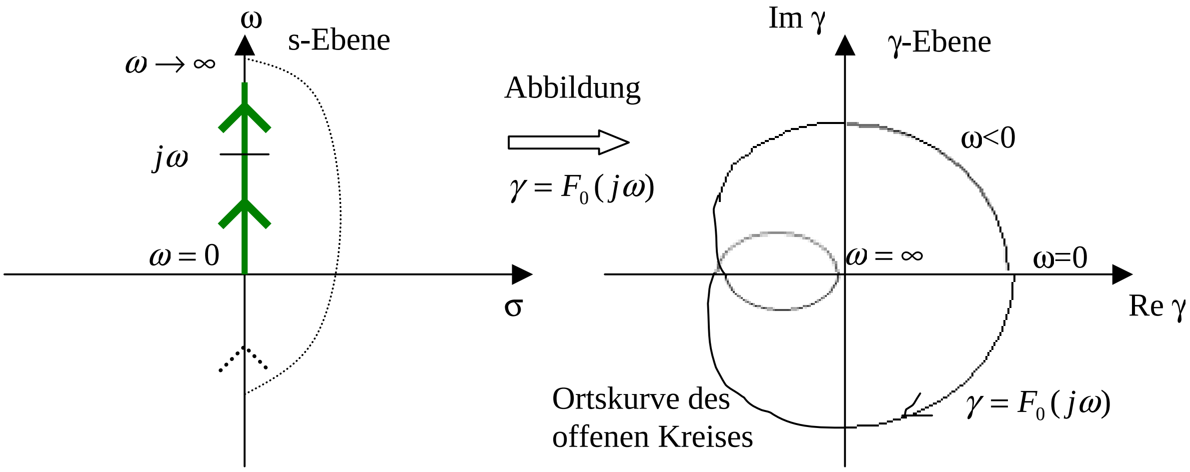
$\gamma=F(j\omega)=re^{j\varphi}$ mit $r=|F(j\omega)|$

$\varphi=\arg F(j\omega)$

3.5.2 Die Ortskurve des offenen Kreises (OK)

Definition:

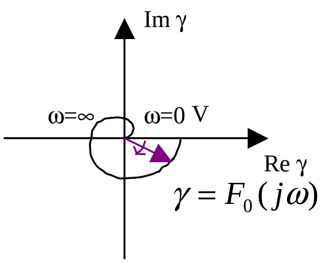
$$\gamma = F_0(j\omega) \quad \text{mit } \omega \geq 0$$

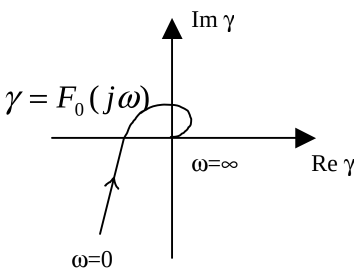


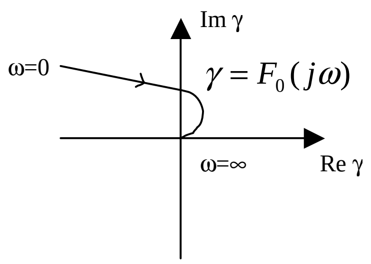
Regeln zur Erstellung einer OK-Skizze: siehe Beiblatt 19

Annahme: offener Kreis = Verzögerungssystem mit n=4 und

P-Verhalten (q=0) I-Verhalten (q=1) Doppel-I-Verhalten (q=2)







Beispiel zu Regel 4:

Offener Kreis mit I-Verhalten, n=3, m=1, b_m>0 und ohne Totzeit.