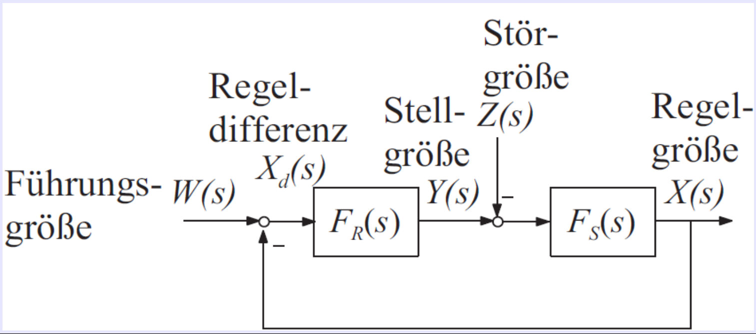
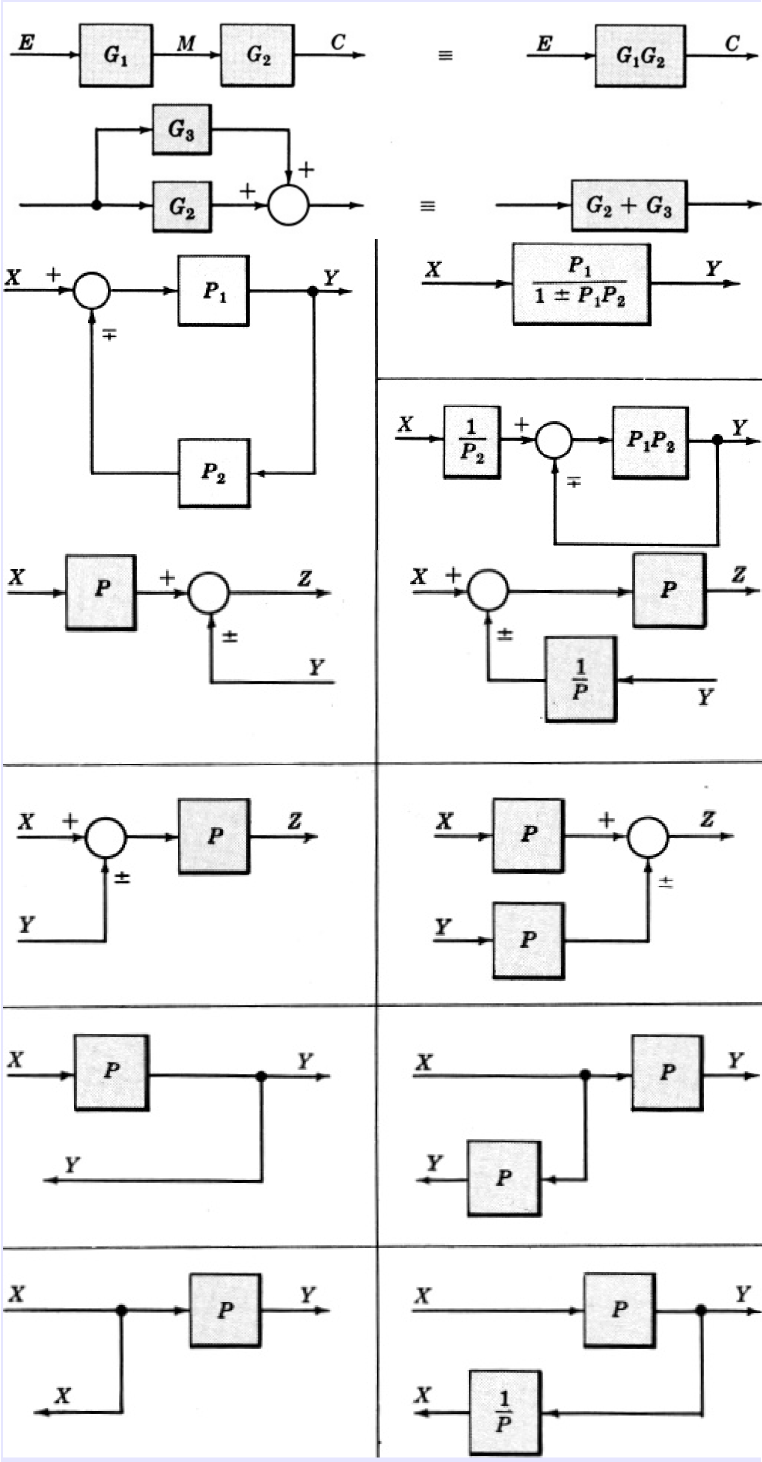


Modellbildung

Aus DGL: Nach höchster Ableitung auflösen.

BSB Umformen:



LINEARISIERUNG

❶ Alle Größen am stationären Betriebspunkt berechnen

❷ Tangente anlegen: Ableiten an der Stelle:

$$F_{LIN} = F\frac{d}{dx}\Big|_{x_0} \cdot \Delta x \;\text{ mit }\; \Delta x = \text{Kleinsignal}$$

❸ Stationäres Block Eingangssignal einsetzen.

ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN:

$F_O = F_S \cdot F_R = \frac{Z_O}{N_O}$	offener Regelkreises F_O
$F_W = \frac{Z_O}{Z_O + N_O}$	Führungsübertragungsfunktion F_w
$F_Z = \frac{-F_S}{1+F_O}$	Störübertragungsfunktion F_Z

Charakteristische Gleichung F_{CHAR}

$$F_{CHAR}(s) = N_O + Z_O = 0$$

Grenzwertsätze der La Pace Transformation

$$\lim_{t\to\infty} x(t) = \lim_{s\to 0} s \cdot F_W(s) \qquad \lim_{t\to 0} x(t) = \lim_{s\to\infty} s \cdot F_W(s)$$

Grenzen: $x_d(\infty)$, $y_d(\infty)$, $y(\infty)$

$$x_d(\infty) = w(\infty) - x(\infty) = \lim_{s\to 0} s \cdot \hat{W}(1 - F_W(s=0))$$

$$y(\infty) = \frac{x(\infty)}{F_S(s=0)} \qquad y_d(\infty) = K_P \cdot x_d(\infty)$$

STRECKEN:

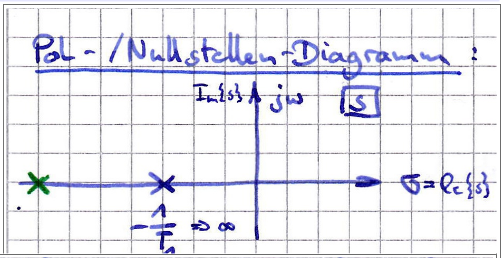
Jede NST i.d. rechten s-Halbebene senkt f. $\omega \to \infty$ Die Phase um -90° ab

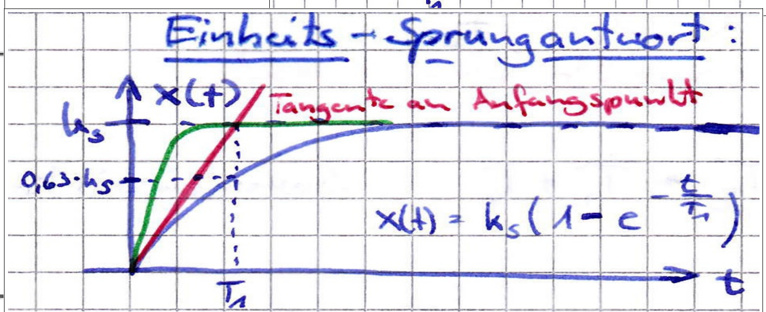
Jede NST i.d. linken s-Halbebene hebt f. $\omega \to \infty$ Die Phase um +90° an

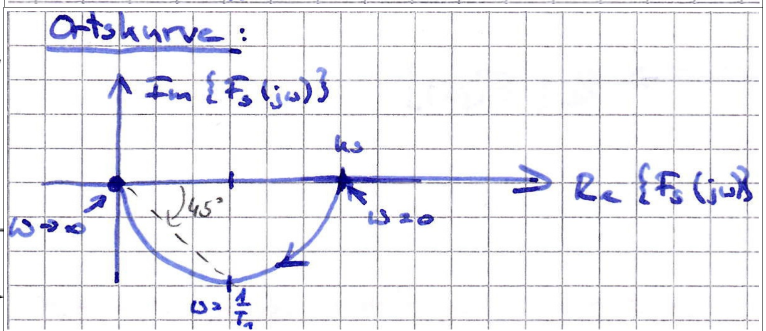
PT_1- Strecke

$$F_S(s) = \frac{K_S}{1 + T_1 \cdot s}$$

$$K_S = \frac{x(\infty)}{y(\infty)}$$



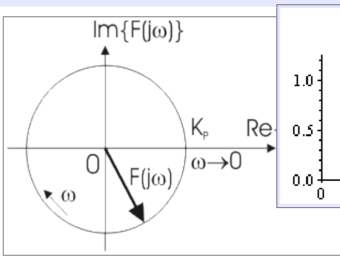


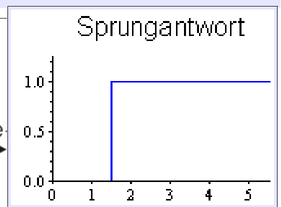


Totzeit- Strecken

$$F_S(s) = e^{-T_t s}$$

Totzeit senkt Phase um bis zu $-\infty$ ab



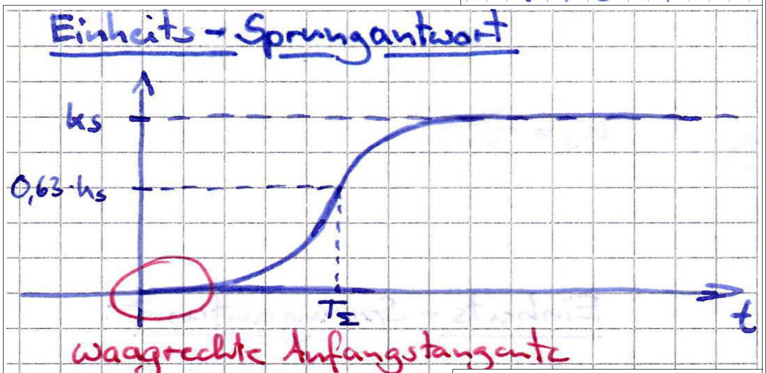


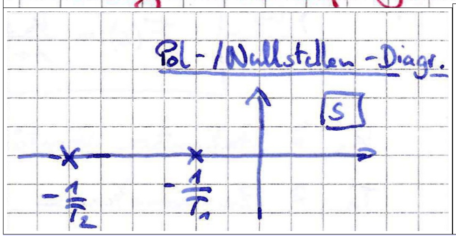
PT_2 - Strecke NICHT Schwingungsfähig

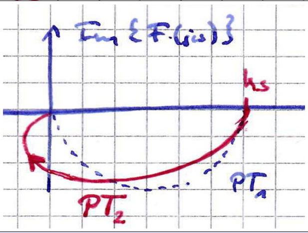
$$F_S(s)=\frac{K_S}{(1+T_1\cdot s)(1+T_2\cdot s)}$$

	$\omega = 0$	$\omega \to \infty$
$\lvert F(j\omega)\rvert$	k_s	0
$\angle F(j\omega)$	$0°$	$-180°$

Summenzeitkonstante: $T_\Sigma = T_1 + T_2$







PT_2 - Strecke Schwingungsfähig

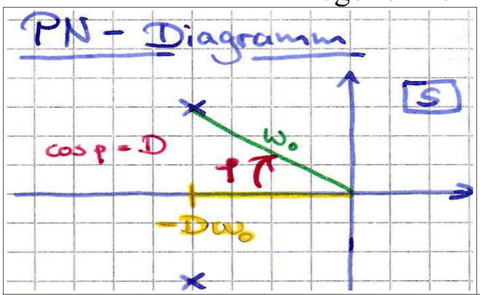
$$F_S(s)=\frac{K_S\cdot\omega_0^2}{s^2+2D\,\omega_0\cdot s+\omega_0^2}\qquad \omega_0=\frac{2\pi}{T}$$

$$D=\frac{1}{\pi}\ln\left(\frac{\ddot{u}_1}{\ddot{u}_2}\right)$$

$0<D<1$: Schwingen, konj.kompl Pole

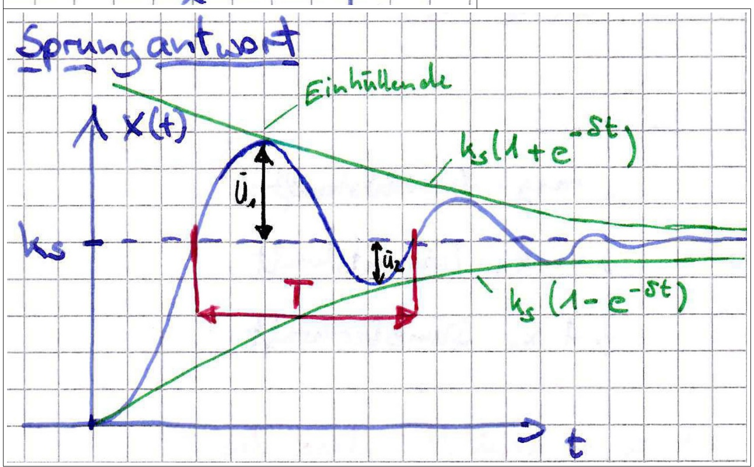
$D=1$: Apperiodischer Grenzfall

$D>1$: getrennte Pole auf Re Achse



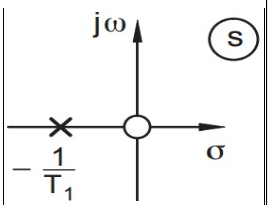
$\delta = D\cdot\omega_0$

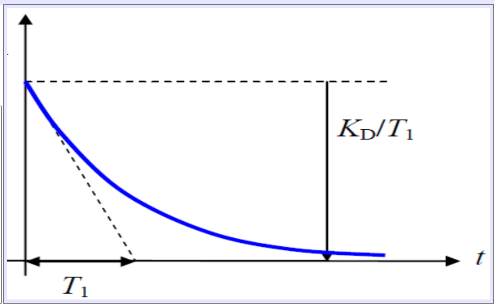
Abklingkonstante



DT_1 - System

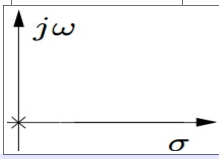
$$F_S(s)=\frac{K_{DS}\cdot s}{1+T_1\cdot s}$$

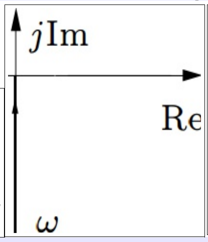


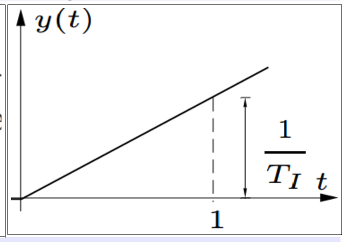


Integrierende Strecke ohne Verzögerung

$$F_S(s)=\frac{K_I}{s}$$

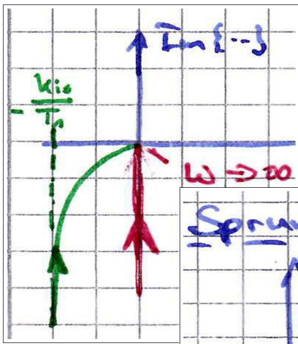


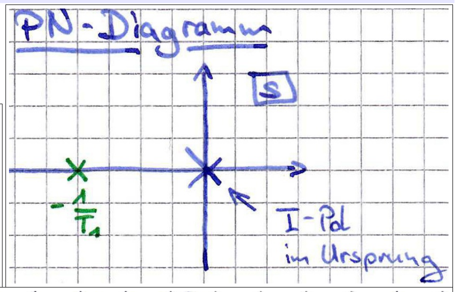


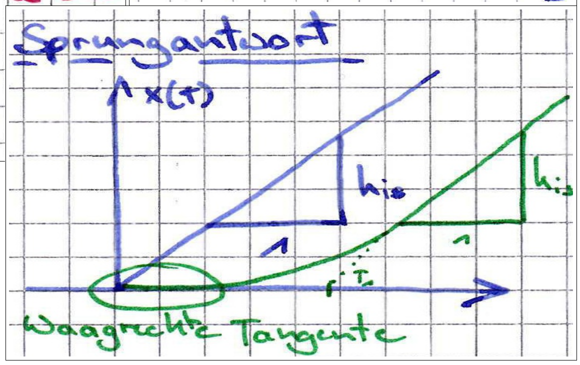


IT_1 - Strecke

$$F_S(s)=\frac{K_{IS}}{s\cdot(1+T_1\cdot s)}$$

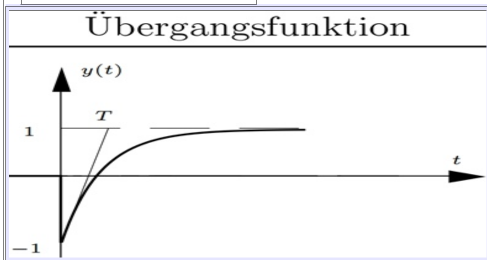


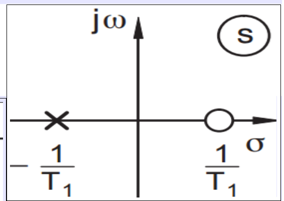


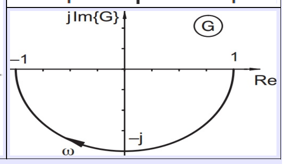


Allpass – Strecken 1. Ordung

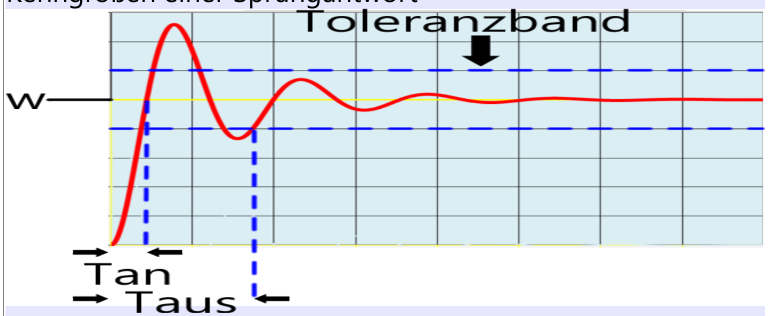
$$F_S(s)=\frac{1-T_S\cdot s}{1+T_S\cdot s}$$







Kenngrößen einer Sprungantwort



REGLER

P-Regler

$$F_R=K_P\qquad x(t)=\frac{K_P\cdot K_S}{1+K_P\cdot K_S}\left(1-e^{\frac{-t}{T_\infty}}\right)$$

- Bleibende Regeldifferenz
- Vergrößerung von $K_P \Rightarrow x_d(\infty)$ kleiner und RK wird schneller
- K_P eventuell begrenzt

I - Regler

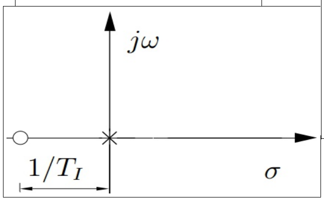
$\boxed{F_R = \frac{K_I}{s}}$

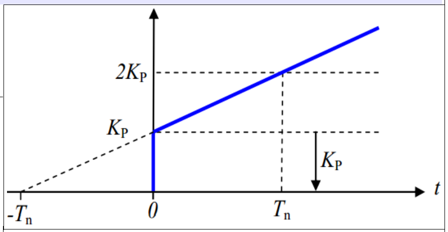
- Stationär genau (alle Regler mit I Anteil)
- Insgesamt Strecke + Regler evtl. Schwingungsfähig
- Vergrößerung von K_I macht RK schneller, verringert aber die Dämpfung

$\Rightarrow$ Kompromiss: K_I so wählen, dass $D = 0{,}5 \ldots 1$

PI – Regler

$\boxed{F_R = K_P \frac{1 + T_N \cdot s}{T_N \cdot s}}$





> Stationär genau

> Dynamische Kompensation durch $T_N = T_1$

> Bei mehrfachen T kompensation der größten Zwitkonstante

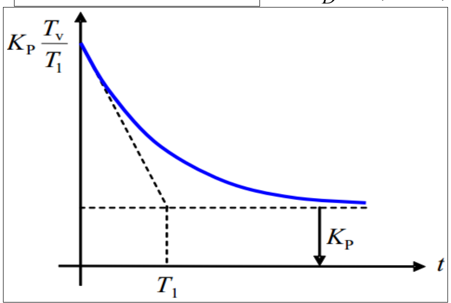
> Vergrößerung von K_P macht den RK schneller ohne Überschwingen, verringert aber die Dämpfung

PD – Regler

$\boxed{F_R = K_P \cdot (1 + T_V \cdot s)}$ idealer PD – Regler

$\boxed{F_R = K_P \frac{1 + T_V \cdot s}{1 + T_D \cdot s}}$ realer PD- Regler| T_V :Vorhlatzeit

$T_D \approx 0{,}1..0{,}2 \cdot T_V$: Zeitkonstante



> Stationär wie P- Regler

> Schnell

> Anfangs großes Stellsignal

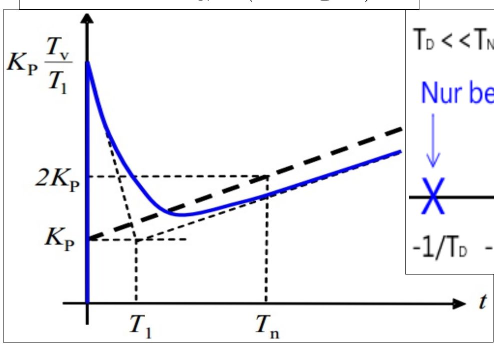
> Nicht Stat. Genau

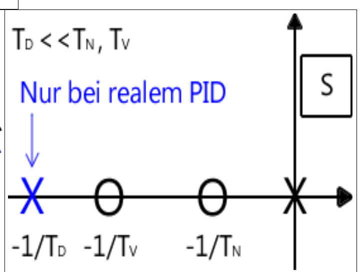
> verstärkt Rauschen, vorallem für kleine T

PID – Regler

$\boxed{F_R = K_P \frac{(1 + T_N \cdot s)(1 + T_V \cdot s)}{T_N \cdot s}}$ idealer Regler

$\boxed{F_R = K_P \frac{(1 + T_N \cdot s)(1 + T_V \cdot s)}{T_N \cdot s(1 + T_D \cdot s)}}$ realer Regler





$\Leftarrow T_I \mathrel{\hat{=}} T_D$

> Stationär genau

> Dynamische Kompensation beider Streckenpole

STABILITÄT VON REGELKREISEN

> Alle Lösungen der Charakteristischen Gleichung müssen in der linken S-Halbebene liegen

Hurwitz

> Algebraisches Verfahren, liefert nur JA/NEIN Aussage

❶ Char Gl. Aufstellen und in Polynomform bringen:

$$a_n s^n + \ldots + a_{1s} + a_0 = 0$$

❷ 1. Hurwitzbedingung überprüfen:

> Alle Koeffizienten a_0 bis a_n müssen von 0 verschieden sein und müssen das selbe Vorzeichen haben.

Wenn nicht $\Rightarrow$ RK instabiel! Wenn erfüllt $\Rightarrow$ 2. HW Bed.

❸ 2. Hurwitzbedingung:

> Alle Hurwizudeterminanten müssen göße̱r 0 sein!

$$H = \begin{Bmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \ldots \\ a_0 & a_2 & a_4 & \ldots \\ 0 & a_1 & a_3 & \ldots \\ 0 & a_0 & a_2 & \ldots \\ \vdots & \ldots & \ldots & \ldots \end{Bmatrix}$$

$$H_1 = a_1 > 0$$

$$H_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} > 0$$

$$H_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} > 0$$

und so weiter...

❹ Komplette Antwort mit Bedingungen (z.B. K<x) schreiben

Nyquist verfahren

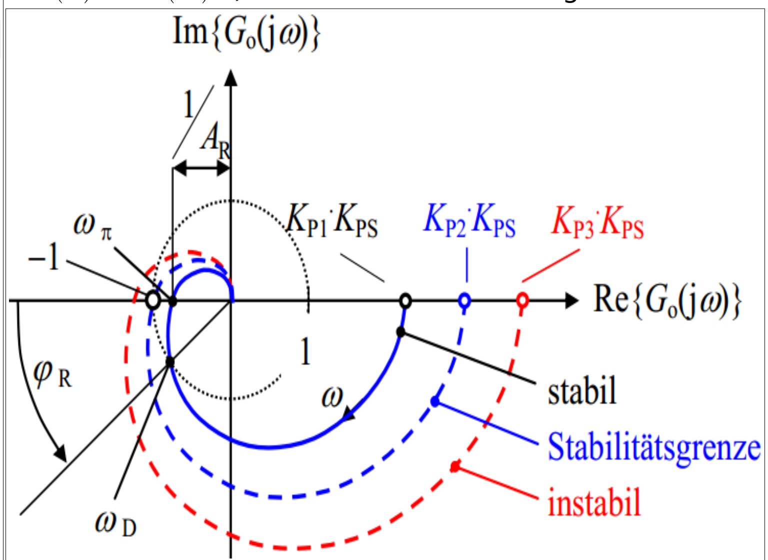
> Voraussetzung f. Vereinfachtes Nyquist: RK muss stabil sein, bis auf höchstens ein Doppelpol im Ursprung

> Der geschlossene RK ist stabil, wenn der kritische Punkt -1 links der Ortskurve von $F_O(j\omega)$ liegt

> verallgemeinertes Nyquist: n_p Anzahl instabiler Pole

n_i Anzahl der Pole auf Im Achse $\Rightarrow \Delta\varphi = \pi\left(\frac{n_p \cdot n_i}{2}\right)$

$\Delta\varphi$ ist die vom Fahrstrahl („Pfeil" von -1 zu $\omega(0)$ bis $\omega(\infty)$) erfahrene Winkeländerung



$\omega_\pi \mathrel{\hat{=}} \omega_{KRIT}$ = Kritische Frequenz $\quad \omega_D$ = Durchtrittsfreq.

$A_R \mathrel{\hat{=}} A_{RAND}$ = Amplitudenrand $\quad \varphi_R$ = Phasenrand

Berechnung von

1. ω_{KRIT} : $\mathrm{Im}\{F_O(j\omega_{KRIT})\} = 0 \Rightarrow \omega_{KRIT}$
2. $K_{P\,KRIT}$: Char. Gl. $N_O(s) + Z_O(s) = 0 \Rightarrow$ Hurwitz

   oder: $\boxed{K_{P\,KRIT} = A_{RAND} \cdot K_P}$
3. $\omega_K \,\&\, K_{PK} : F_{CHAR} = N_O(j\omega_K) + Z_O(j\omega_K) \;|\; K_P = K_{PK}$

   $\mathrm{Re}\{F_{CHAR}(j\omega_K)\} = 0 \;\&\; \mathrm{Im}\{F_{CHAR}(j\omega_K)\} = 0$

   2 Unbekannte, 2 Gleichungen → Gleichungssystem lösen.