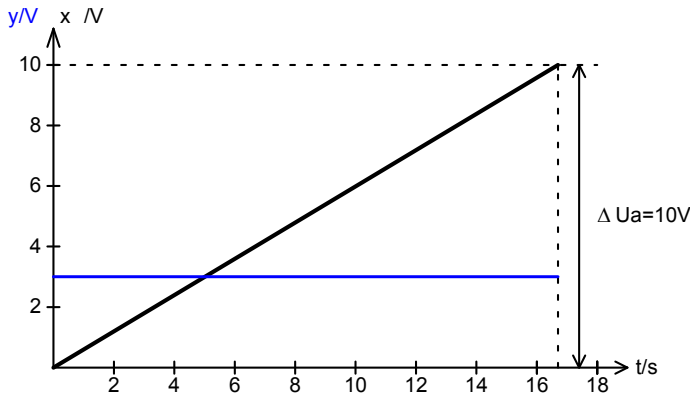


1. Sprungantwort der Strecke:

Bei $y=3V$ ist die Drehzahl $n = 720min^{-1} = 12s^{-1}$.

Bei 12 Umdrehungen pro Sekunde ist der zurückgelegte Weg $\frac{12}{0,25}mm = 48mm$.

Die benötigte Zeit für 800mm ist $t = \frac{800}{48}s = 16,6s$.



Bestimmung von K_I :

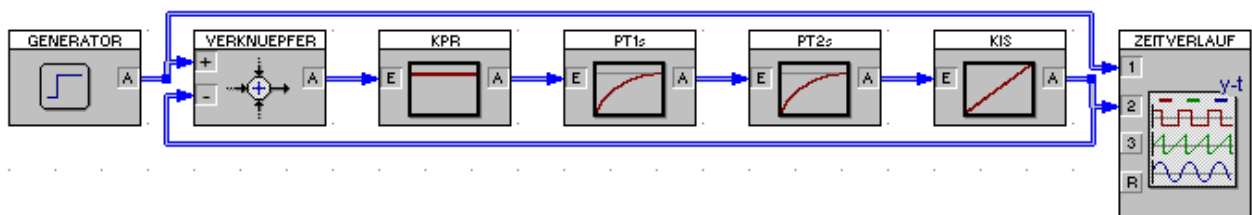
Mit der Formel $\Delta U_a = U_e \cdot K_I \cdot \Delta t$ ist

$$K_I = \frac{\Delta U_a}{U_e \cdot \Delta t} = \frac{10V}{3V \cdot 16,6s} = 0,2s^{-1}$$

--> Das ist Das K_{IS} der Strecke!

2. Der Signalflussplan

Zum vollständigen Signalflussplan gehören die Berechnung der Differenz (Verknüpfen), der Regler mit P-Verhalten und die Strecke bestehend aus zwei Zeitverzögerungen P_{T1s} und P_{T2s} sowie dem I-Anteil K_{IS} :



3. Das Bode-Diagramm

Zu ermitteln ist das Bode-Diagramm für $\underline{F}_0 = \underline{F}_R \cdot \underline{F}_S$ mit $\underline{F}_R = K_{PR}$.

\underline{F}_S ist die Reihenschaltung zweier P-T1-Glieder und einem I-Glied. Entsprechend überlagern sich die einzelnen Glieder zum Gesamtverhalten.

	Regelungstechnik	© Udo John
	Stabilitätsuntersuchung - Lösung der Übung -	Seite 2 von 5

Anleitung zum Zeichnen des Bode-Diagramms:

Amplitudengang:

- Der Amplitudengang F_R des Reglers ist eine Gerade im Abstand von $20 \cdot \log 5 = 14 \text{ dB}$.
- Der I-Anteil der Strecke F_{IS} ist eine Gerade mit einem Abfall von -20 dB/Dekade , welche die ω -Achse bei $\log \frac{1}{K_{IS}} = \log 0,2 = -0,7$ schneidet.
- Der Amplitudengang F_{S1} für die Teilstrecke PT_{1S} beginnt bei 0 dB ($K_{PS1}=1$) und fällt ab $\log \frac{1}{T_{1S}} = 0,3$ mit -40 dB/Dekade ab.
- Der Amplitudengang F_{S2} für die Teilstrecke PT_{2S} beginnt ebenfalls bei 0 dB ($K_{PS1}=1$) und fällt ab $\log \frac{1}{T_{2S}} = -1$ mit -60 dB/Dekade ab.
- Der Amplitudengang für F_0 ist die Überlagerung aller 4 Kurven:

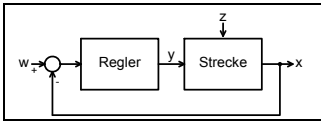
$$\frac{F_0}{[\text{dB}]} = \frac{K_{PR}}{[\text{dB}]} + \frac{F_{S1}}{[\text{dB}]} + \frac{F_{S2}}{[\text{dB}]} + \frac{F_{IS}}{[\text{dB}]}$$

Phasengang:

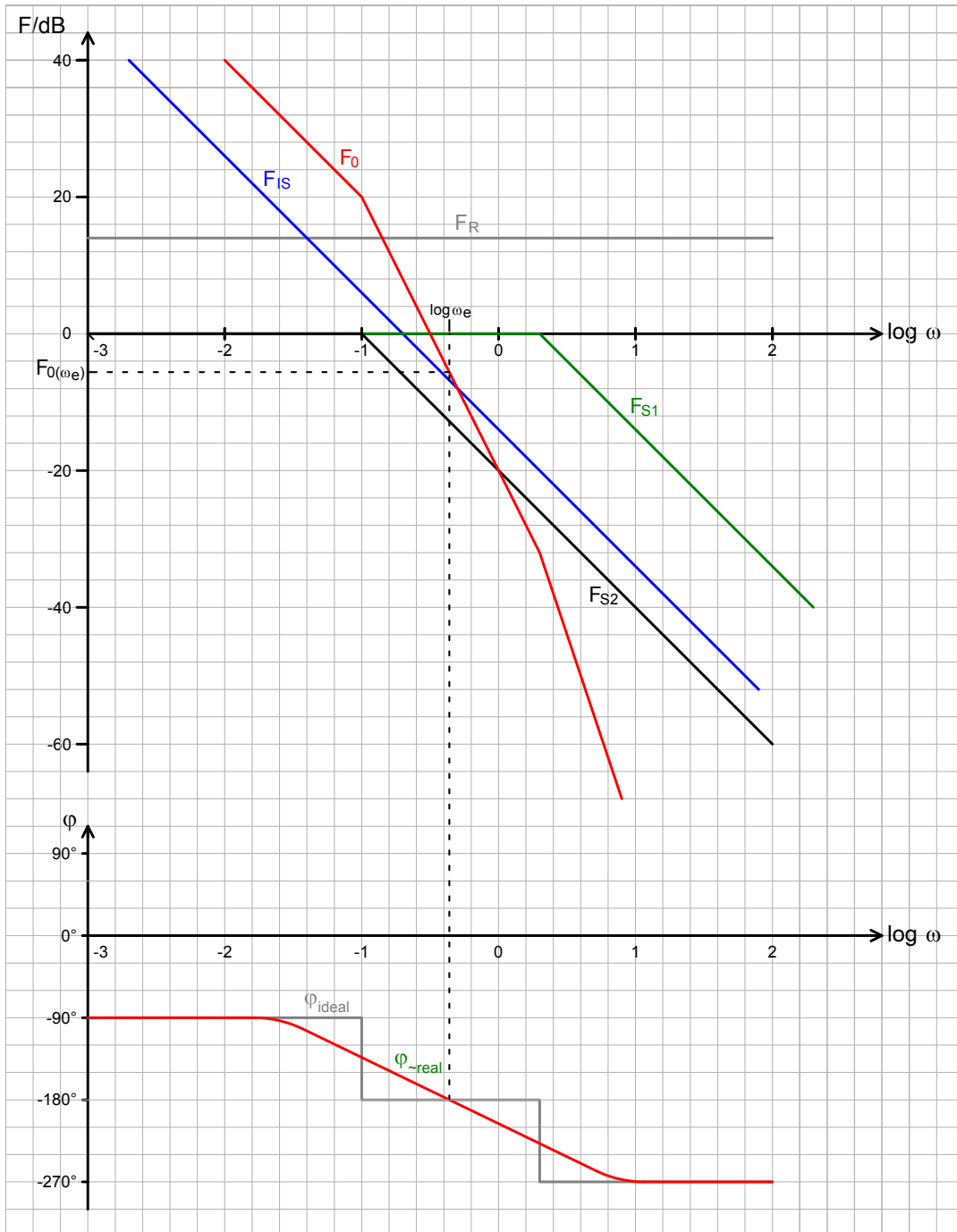
- Auf Grund des I-Anteils in der Strecke ist die Phasenlage am Anfang (für $\omega \rightarrow 0$) idealerweise -90° .
- Die ideale Phasenlage ist ab der Frequenz $\frac{1}{T_{2S}}$ -180° und ab der Frequenz $\frac{1}{T_{1S}}$ -270° .
- Der (näherungsweise) reale Phasengang wird durch eine Gerade angenähert.

Ergebnisse:

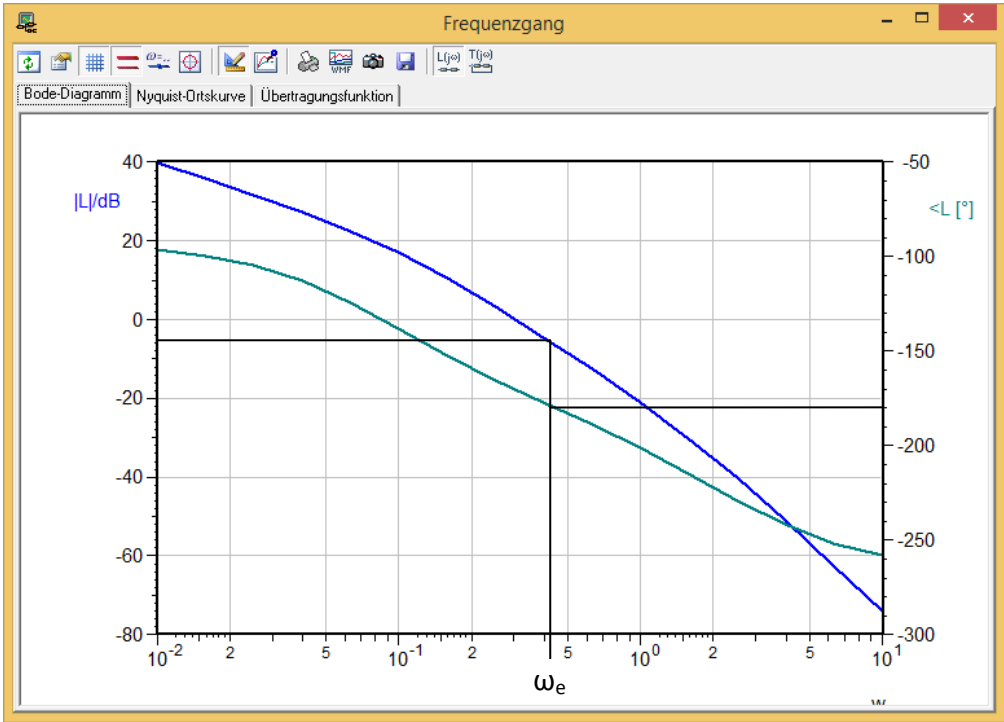
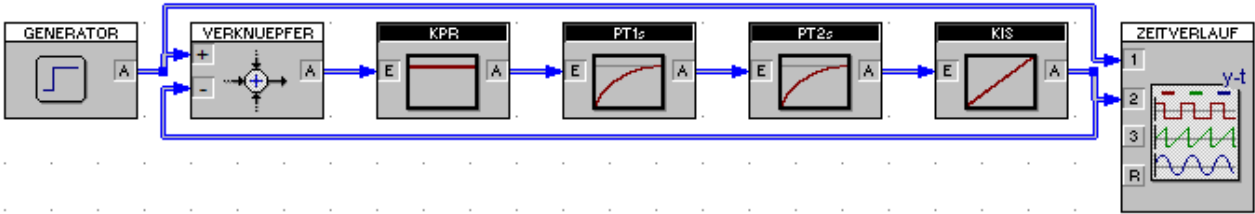
- Bei der realen Phasenlage von -180° lässt sich im Rahmen der Zeichengenauigkeit $\log(\omega_e) = -0,36$ ablesen. Dann ist die Eigenfrequenz $\omega_e = 10^{-0,36} \text{ s}^{-1} = 0,437 \text{ s}^{-1}$ und die Periodendauer $T_e = \frac{2\pi}{\omega_e} = 14,4 \text{ s}$.
- Der Betrag der Verstärkung von F_0 bei dieser Frequenz ist $-5,8 \text{ dB}$. Es ist $F_0(\omega_e) = 10^{\frac{-5,8}{20}} = 0,513$ also kleiner als 1 und damit ist der Regelkreis stabil!



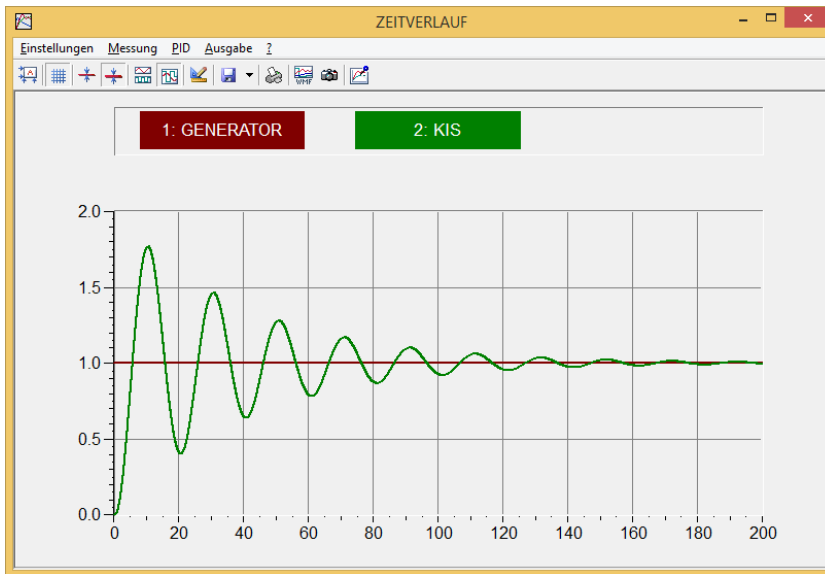
Das Bode-Diagramm:



4. Bode-Diagramm mit BORIS



5. Simulation mit BORIS



Folgerungen:

- Der Regelkreis ist stabil zeigt aber starkes Überschwingen.
- Es entsteht auf Grund des I-Anteils in der Strecke keine bleibende Regelabweichung.

6. Verbesserungsvorschlag

Man sollte im Regler eine D-Anteil hinzufügen (PD-Regler).

Das folgende Bild zeigt die Sprungantwort mit einem PD-Regler bei $K_{PR}=5$ und der Vorhaltezeit $T_{VR}=5s$.

