Übungsbeispiele Regelungstechnik

Grundlagen Laplace

Transformiere

1) $f(t)=\dfrac{e^{bt}-e^{at}}{b-a}$ 2) $f(t)=\dfrac{\sin(at)-at\cos(at)}{2a^3}$ 3) $f(t)=t\dfrac{\sin at}{2a}$

4) $f(t)=\dfrac{t^2}{2}\cos(at)$ 5) $f(t)=\sigma(t-t_0)e^{-t}$ 6) $f(t)=\cos(\omega t+\varphi)$

7) $f(t)=\sin^3(\omega t)$ 8) $f(t)=\dfrac{1}{t}(e^{-at}-e^{-bt})$ 9) $f(t)=\dfrac{1}{t}(\cos(at)-\cos(bt))$

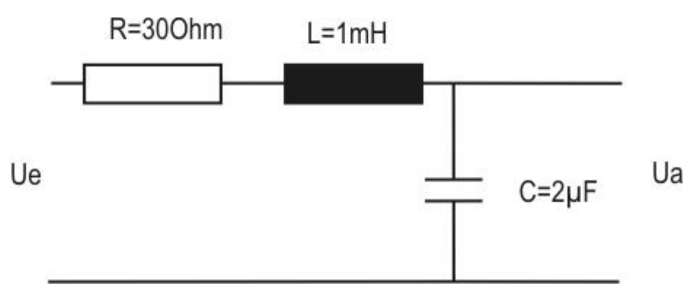
Streckenmodelle

Man bestimme für das dargestellte Schwingungsglied den Übergangsverlauf $u_a(t)$ bei sprungförmiger Eingangsgröße $u_e(t)$ mit Hilfe

der Laplace-Transformation. Das System enthält zur Zeit t=0 keine Energie

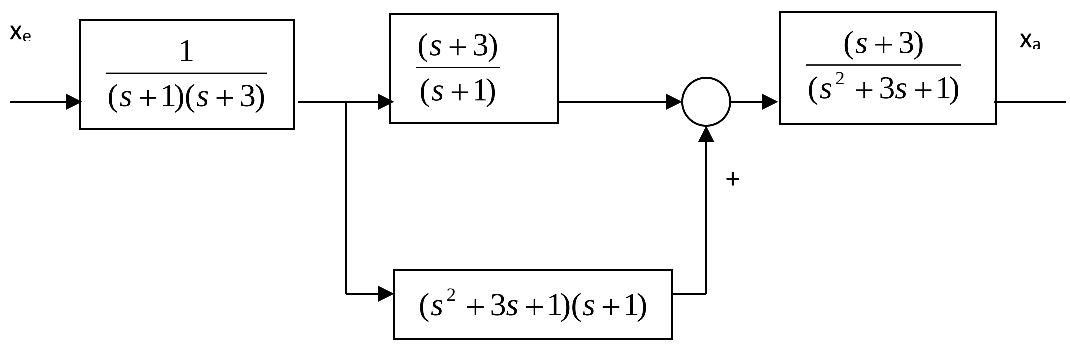
Wie ist R zu bemessen, damit ein möglichst rascher schwingungsfreier Übergangsverlauf erzielt wird ?

Wie sieht für diesen Fall das Ausgangssignal $u_a(t)$ aus ?

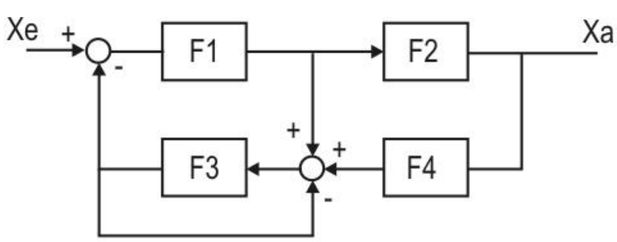


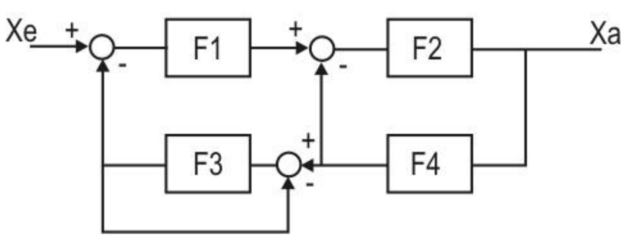
Ermitteln Sie den Wert des Ausgangssignales $x_a(t)$ für $t=0^+$ und für $t \rightarrow \infty$

- Eingangssignal $1.\sigma(t)$
- Eingangssignal $k.t.\ \sigma(t)$

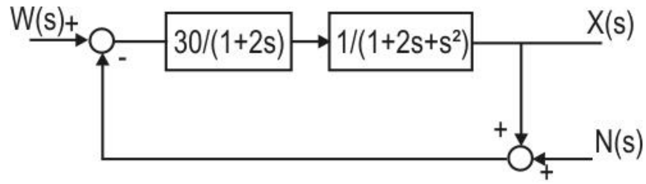


Von den beiden folgenden Blockschaltbildern ist jeweils die Übertragungsfunktion anzugeben.

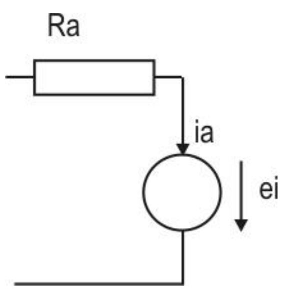




Wie empfindlich ist der Regelkreis auf Rauschen n(s), in verschiedenen Frequenzbereichen



Ermittle die Übertragungsfunktion einer fremderregten Gleichstrommaschine



$$Ua = i_a.R_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_i$$

$$e_i = k_e.\phi.i_a$$

$$m_m = k_m.\phi.i_a$$

$$J\frac{d\omega}{dt} = m_H - m_L - m_R$$

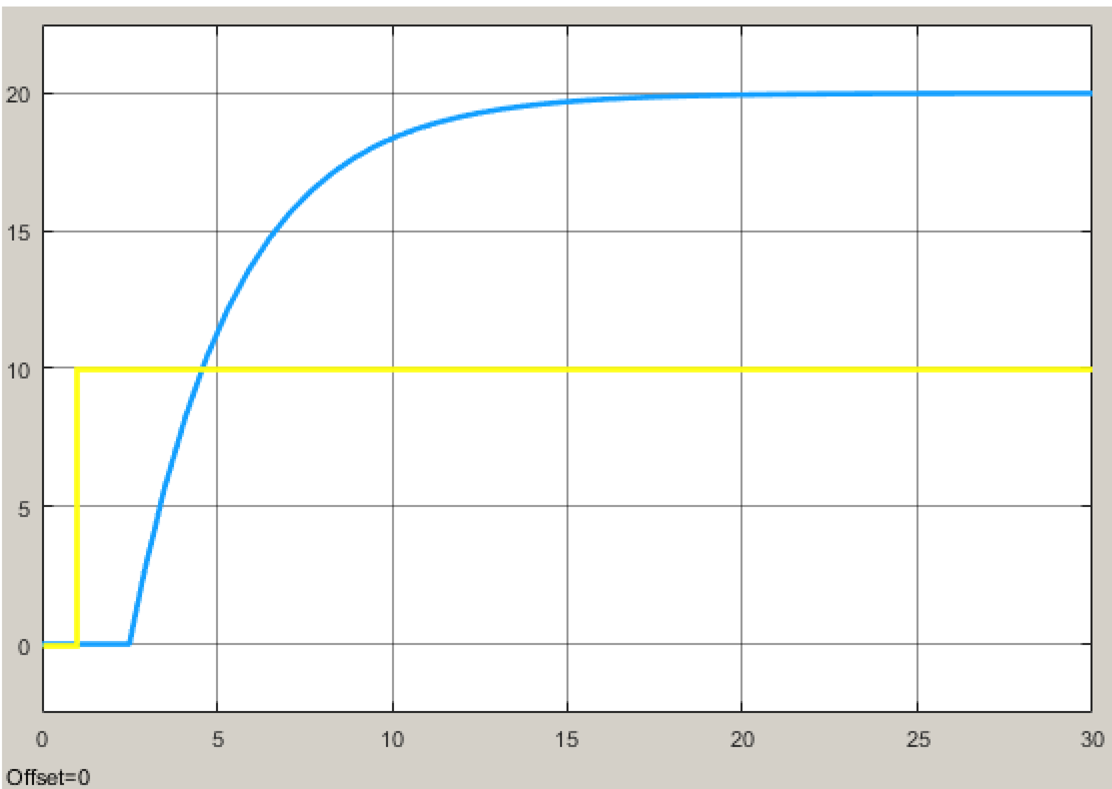
Vereinfachungen:

- elektr. Systemvorgänge wesentlich schneller als mech. Vorgänge.
- Maschine unbelastet
- Maschine reibungslos
- Maschinendrehzahl zu Beginn 0

Der Antrieb eines bestehenden Förderbandes soll drehzahlgeregelt werden. Dazu ist ein Regler zu entwerfen. Leider gibt es über den Motor samt Tachogenerator keinerlei Unterlagen mehr.

Deshalb haben sie eine Messung durchgeführt und somit die Sprungantwort ihrer zu regelnden Strecke erhalten (siehe Beilage).

- Nennen Sie verschiedene Möglichkeiten eine Regelungsstrecke zu identifizieren
- Erläutern Sie die Identifikation mittels Sprungantwort an beigelegter Strecke
- Bilden Sie aus der Sprungantwort eine Näherung für die Strecke
- Analysieren Sie die vorhandene Regelstrecke hinsichtlich einer Regelungsauslegung und einer Realisierung



Für die Lageregelung eines Flugzeuges ist die Position der Seitenruder anzusteuern. Diese Position muss geregelt gehalten werden. Es lässt sich für diese Aufgabe ein einfaches mechanisches Modell aufstellen (siehe Beilage). Damit ein Regler entworfen werden kann ist ein Modell dieser Strecke aufzustellen.

- Nennen Sie verschiedene Möglichkeiten eine Regelungsstrecke zu identifizieren
- Erläutern Sie die Identifikation mittels math. Modellbildung an beigelegter Strecke
- Erläutern Sie die Vorteile der Laplacetransformation und ihre Einschränkungen
- Bilden Sie für die Strecke die Übertragungsfunktion
- Analysieren Sie die vorhandene Regelstrecke hinsichtlich einer Regelungsauslegung und einer Realisierung speziell im Hinblick auf unterschiedliche Arbeitspunkte

Modell der Regelstrecke

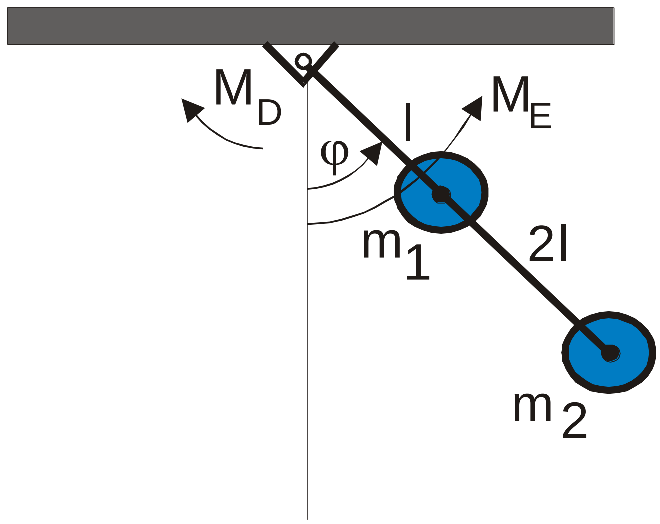


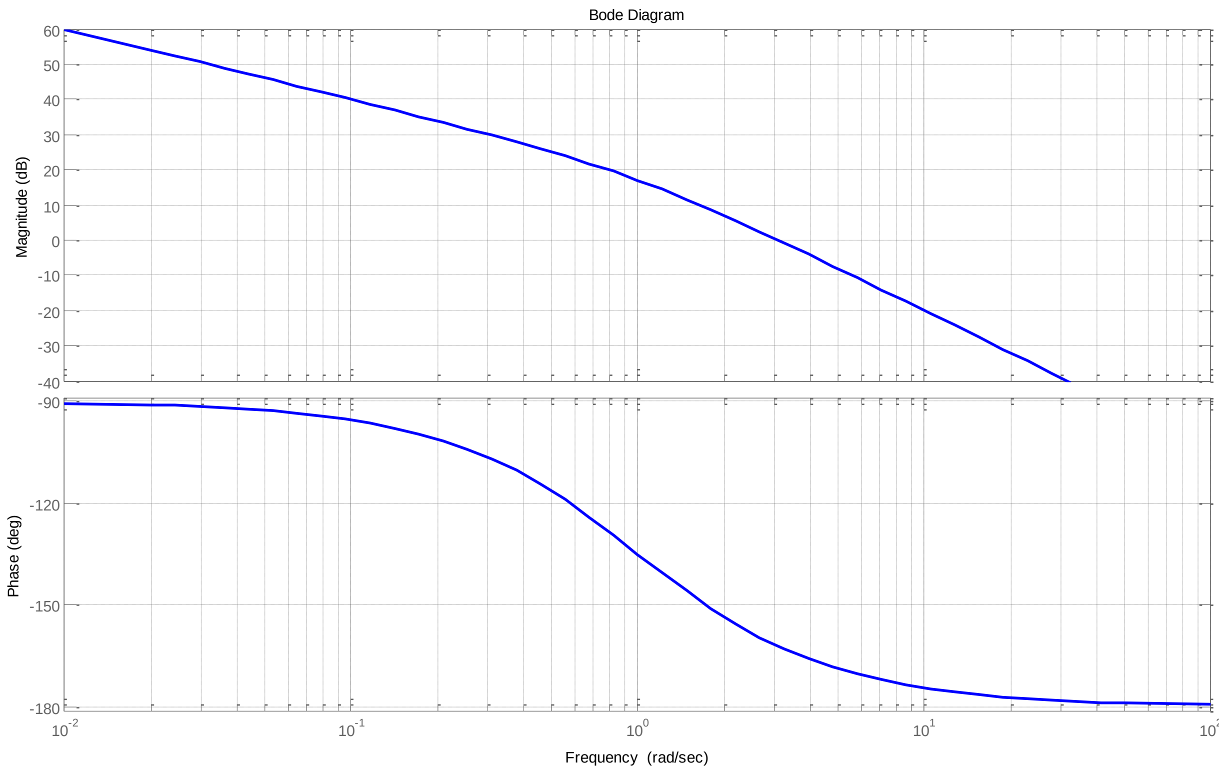
Bild 1 Pendel mit zwei Massen

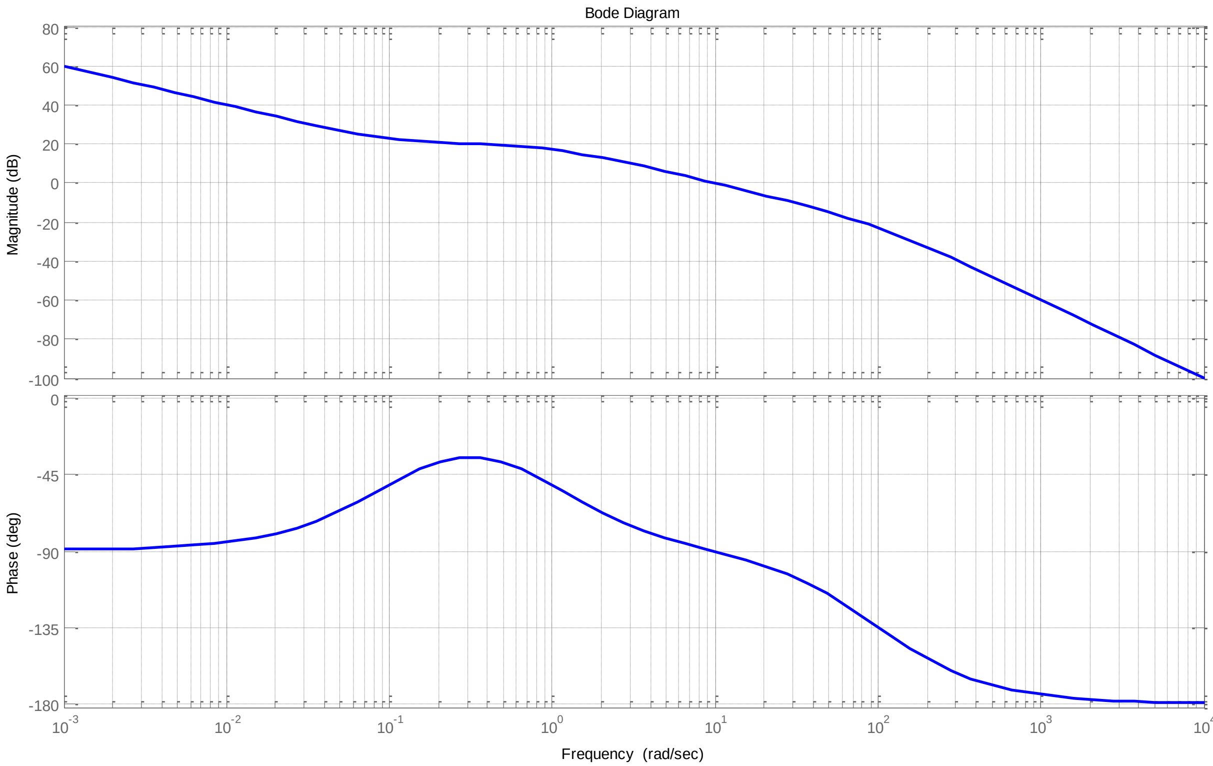
Es handelt sich um eine starre Stange mit zwei Gewichten die im Abstand l und 2l angebracht sind. Die Stange kann für die weitere Betrachtung als masselos angesehen werden. Im Drehpunkt wirkt auch eine winkelabhängige Dämpfung. Die Anordnung ist um den Arbeitspunkt ϕ_0=30° zu betrachten.

Für die Übertragungsfunktion gilt $G(s) = \phi(s)/M_E(s)$.

Identifikation

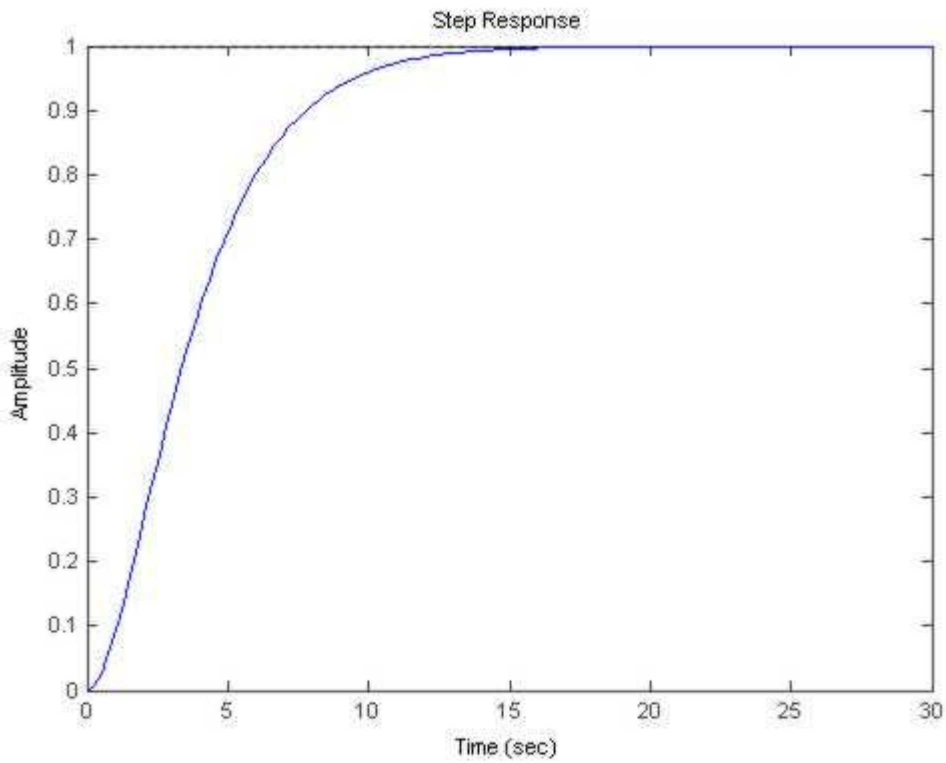
Um welche Strecken kann es sich handeln (Übertragungsfunktion)



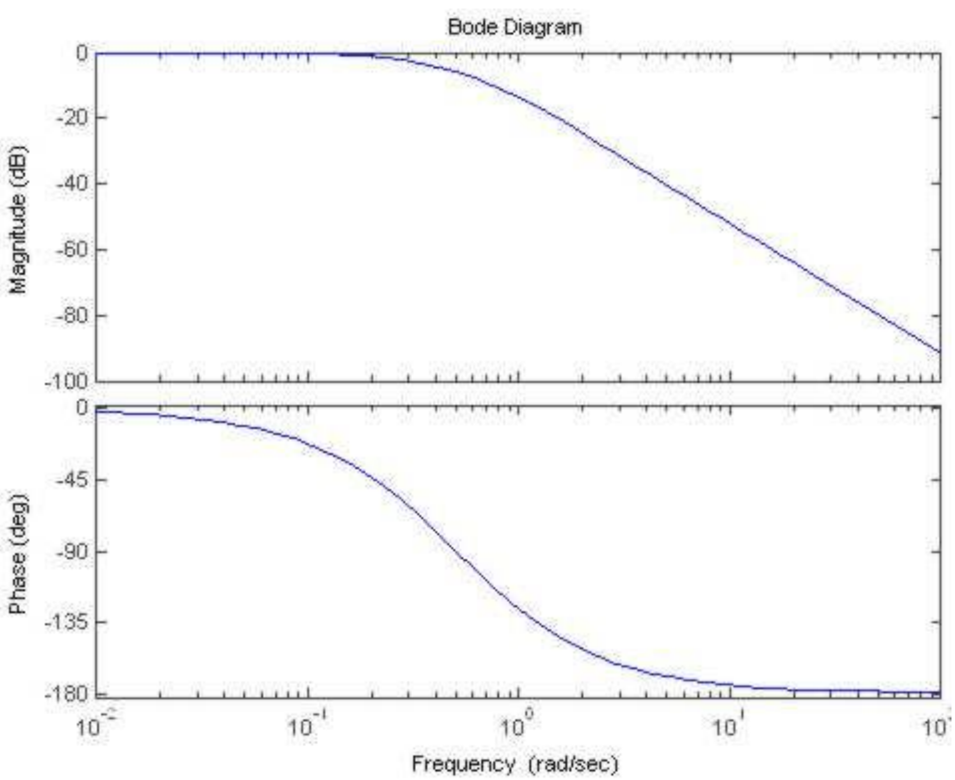


Identifiziere die folgenden Strecken

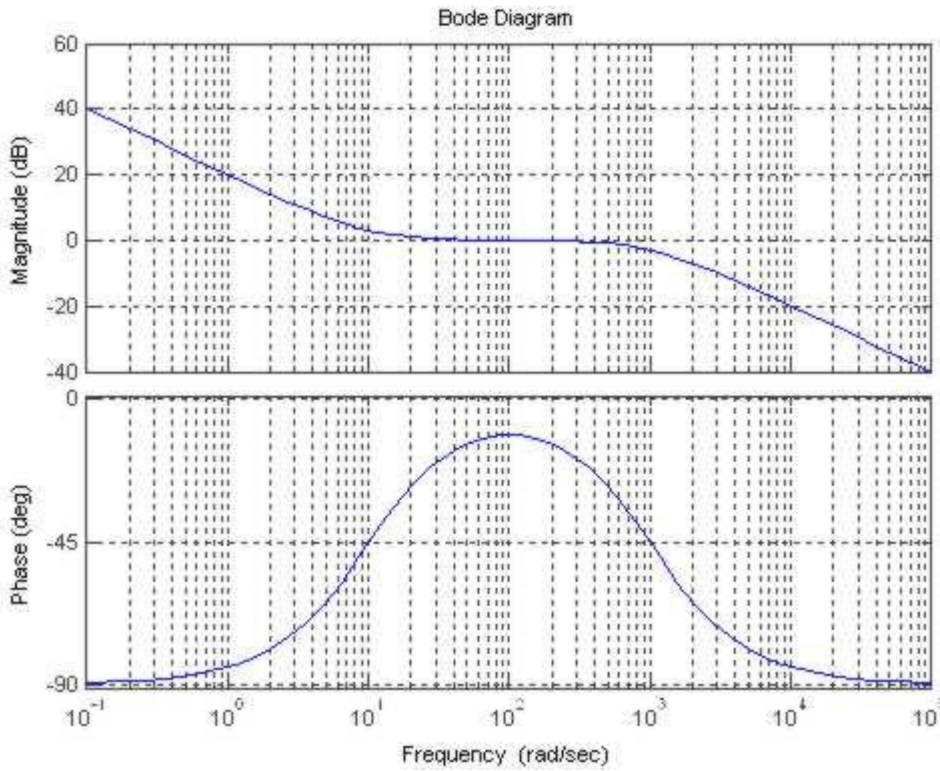
A)


Step Response
Amplitude
Time (sec)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30

B)

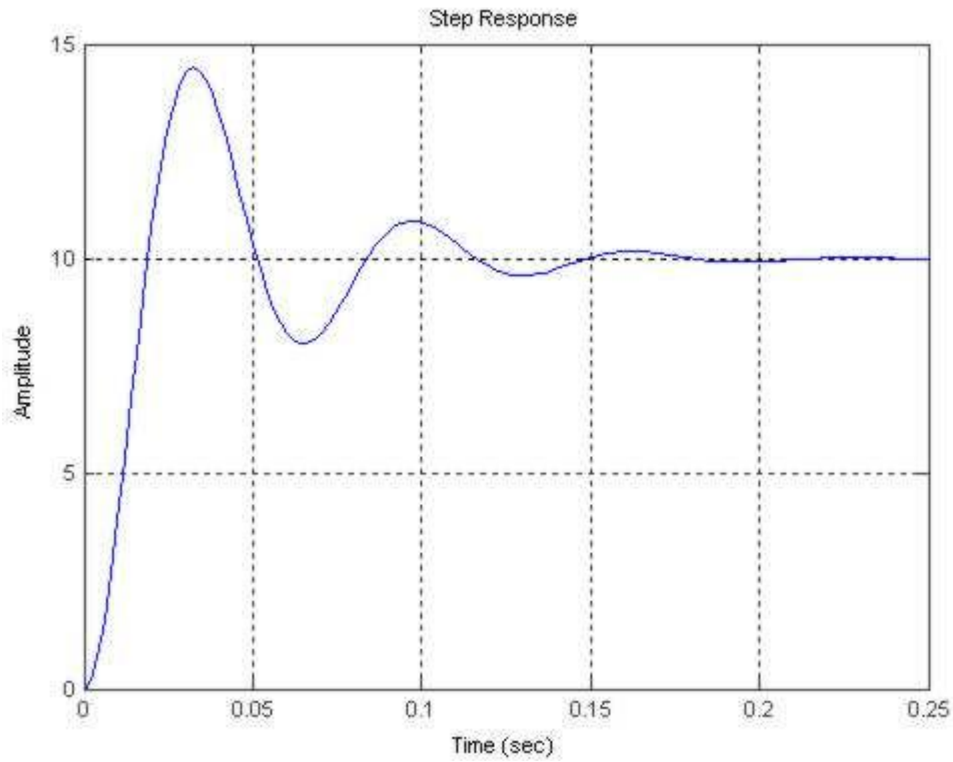

Bode Diagram
Magnitude (dB)
0
-20
-40
-60
-80
-100
Phase (deg)
0
-45
-90
-135
-180
Frequency (rad/sec)

C)



Bode Diagram
Magnitude (dB)
Phase (deg)
Frequency (rad/sec)
60
40
20
0
-20
-40
0
-45
-90
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
10^{5}

D)

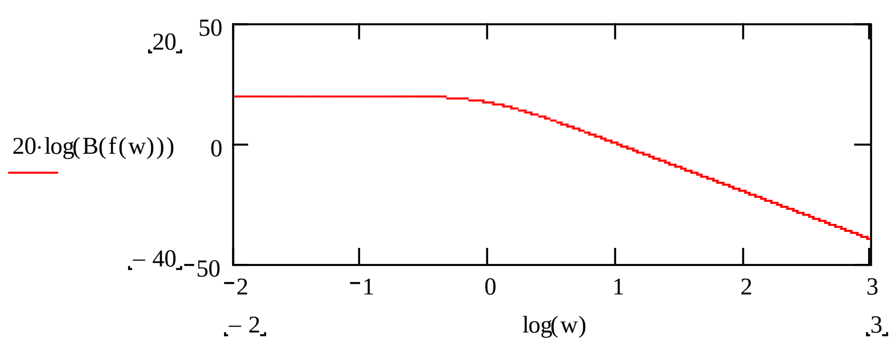


Welche Ortskurven könnten zu welchen Bodediagrammen gehören ?
Welche Übertragungsfunktionen werden dabei in Frage kommen ?

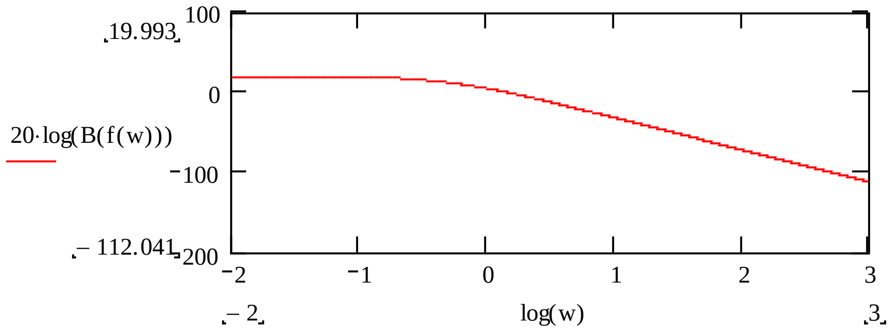
Bodediagramme

Betragsdiagramm

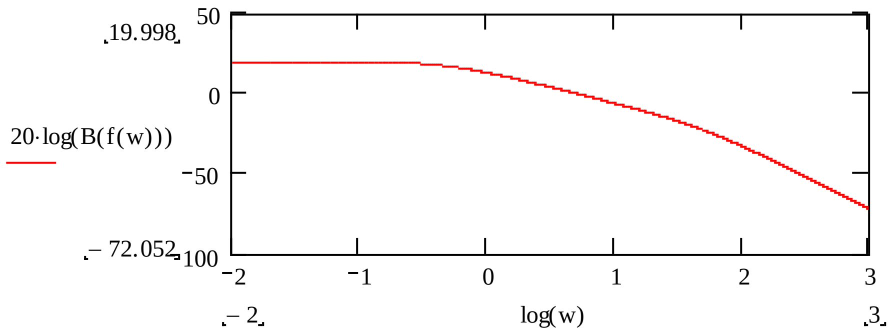
A)



B)

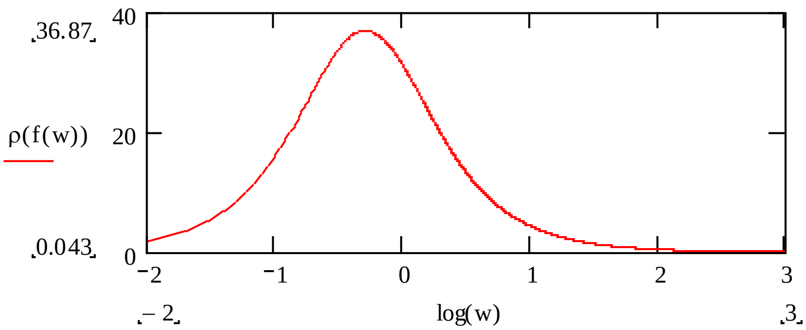

19.993
100
0
20·log(B(f(w)))
−100
− 112.041
−200
−2
−1
0
1
2
3
− 2
log(w)
3

c)

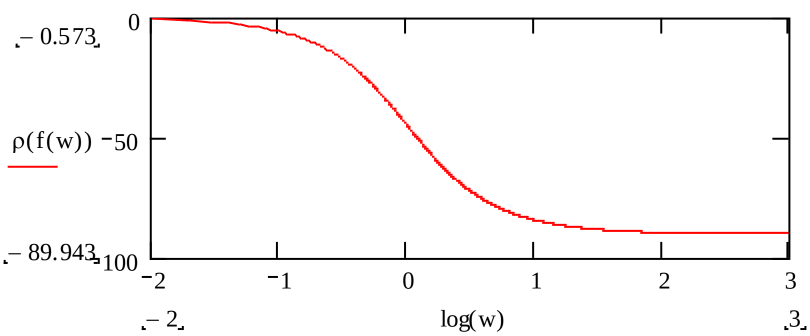

19.998
50
0
20·log(B(f(w)))
−50
− 72.052
−100
−2
−1
0
1
2
3
− 2
log(w)
3

Phasendiagramm

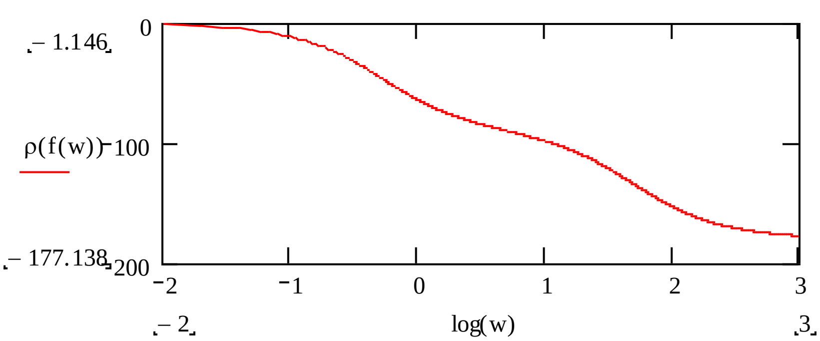
A)



B)

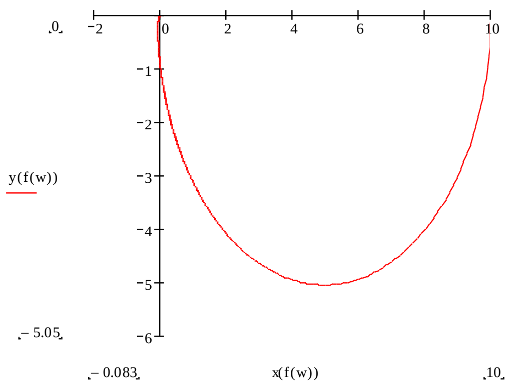


C)

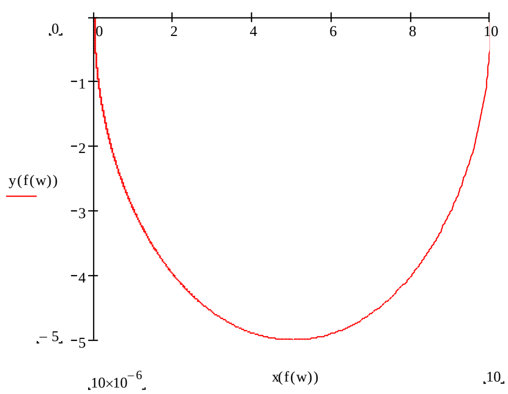


Ortskurve

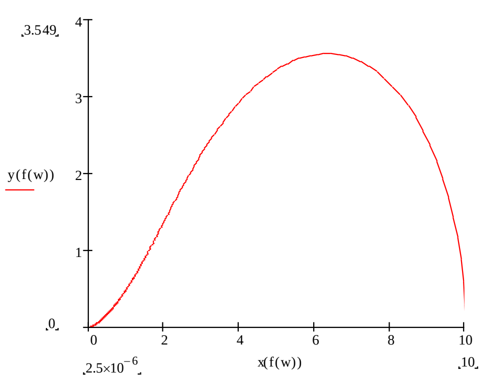
A)



B)



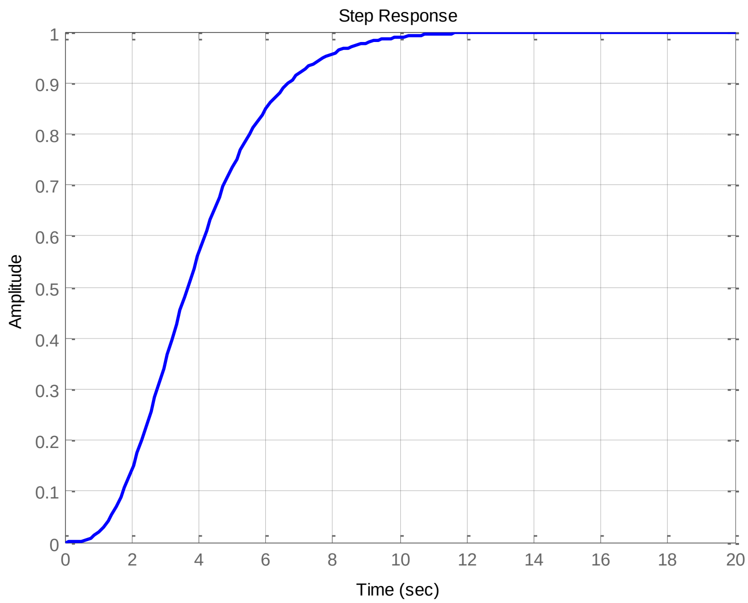
C)

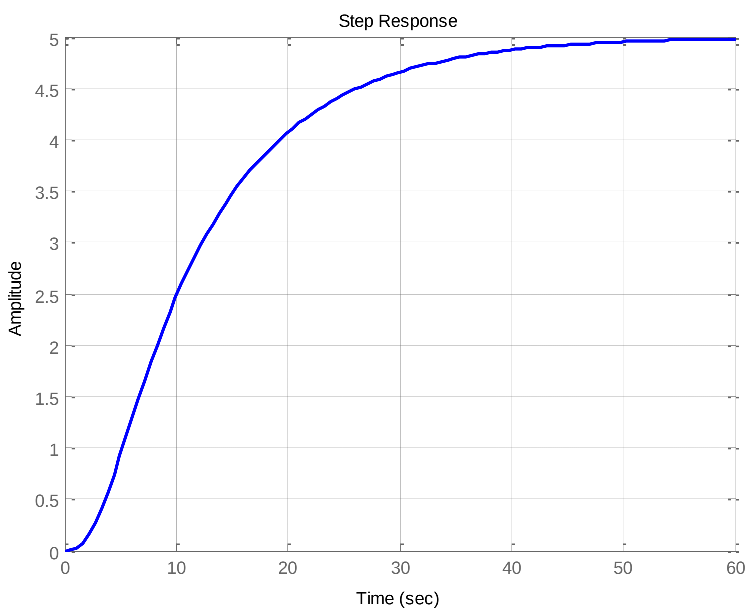


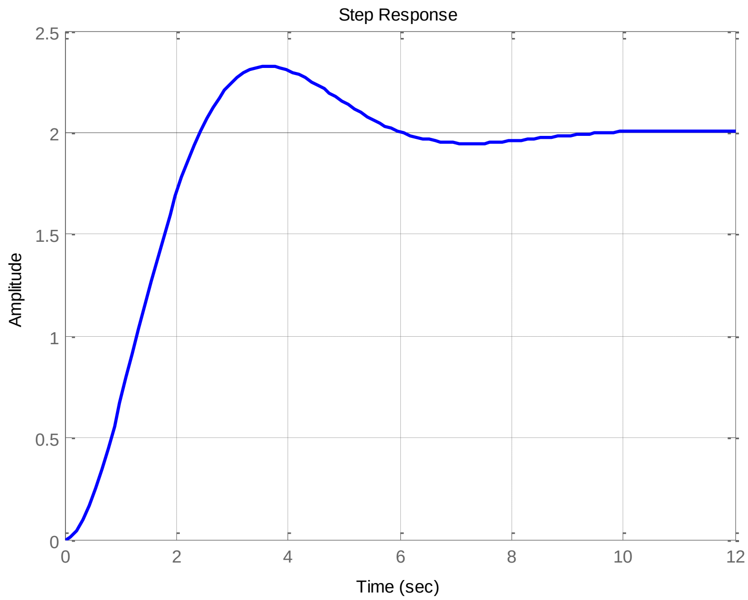
Funktion

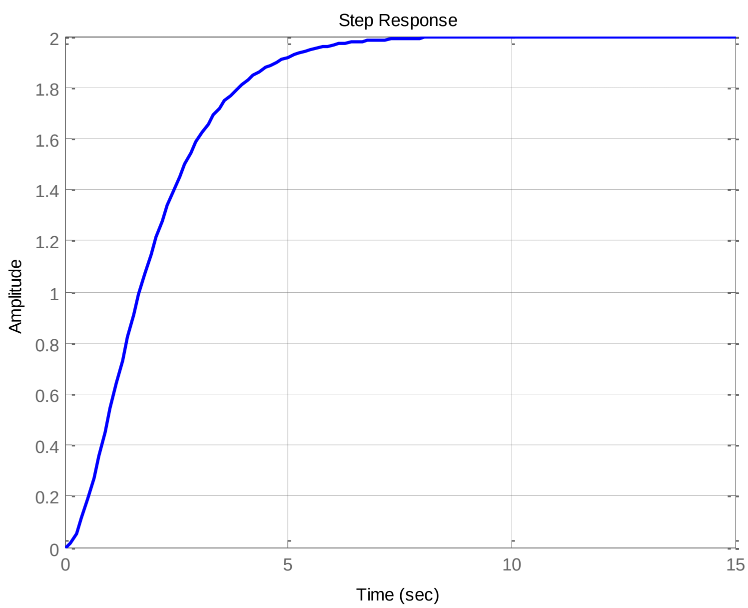
A) $G(s) = \frac{1}{1+s}$ B) $G(s) = \frac{10}{(1+4s+\frac{s^2}{25})}$ C) $G(s) = \frac{1}{(1+s)(1-4s)}$

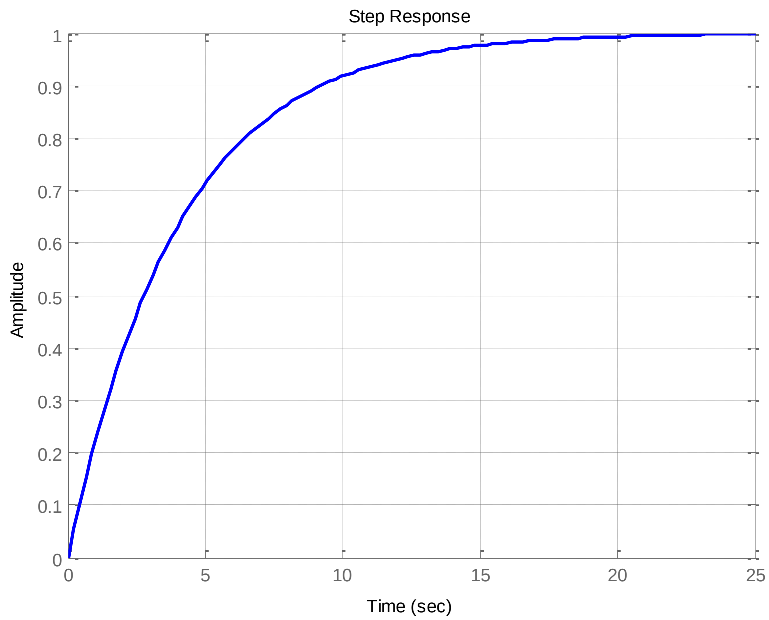
Identifiziere folgende Strecken mithilfe der Sprungantwort

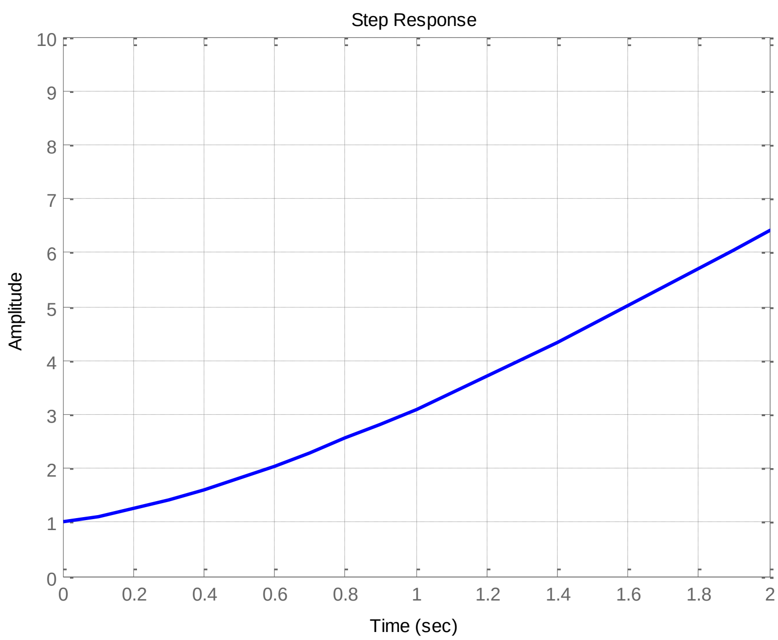




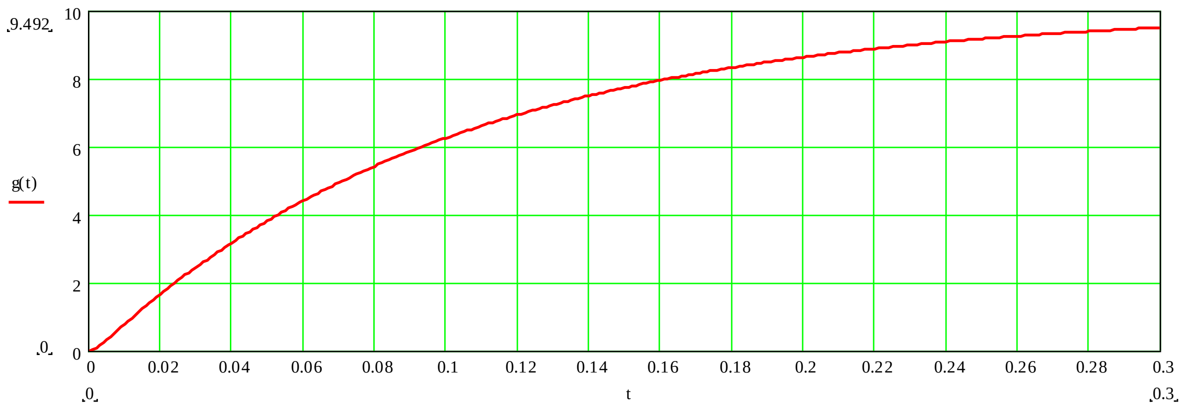

Step Response
Amplitude
Time (sec)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
2
4
6
8
10
12

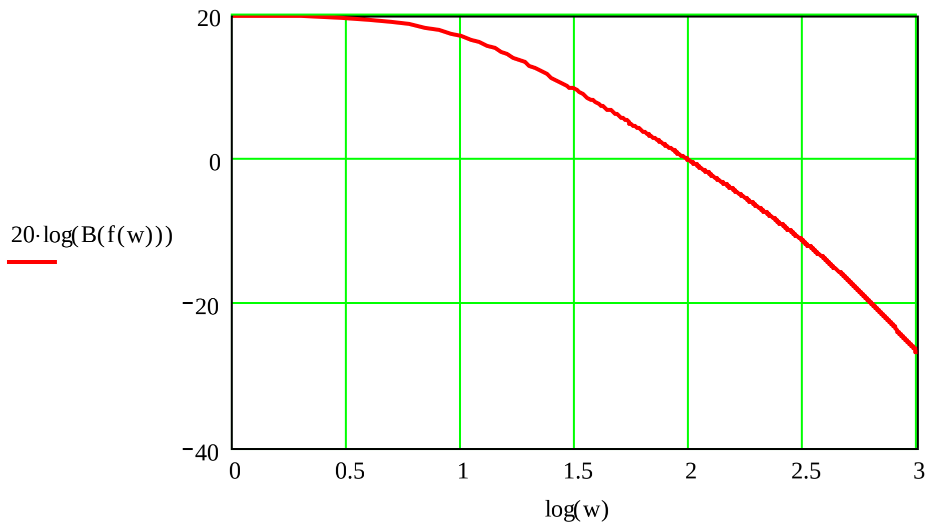

Step Response
Amplitude
Time (sec)
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
5
10
15

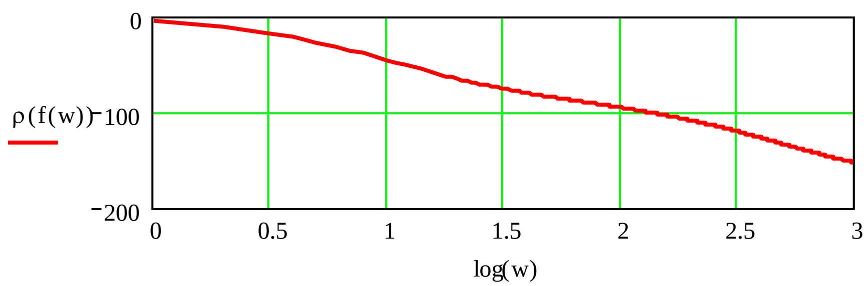




Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm



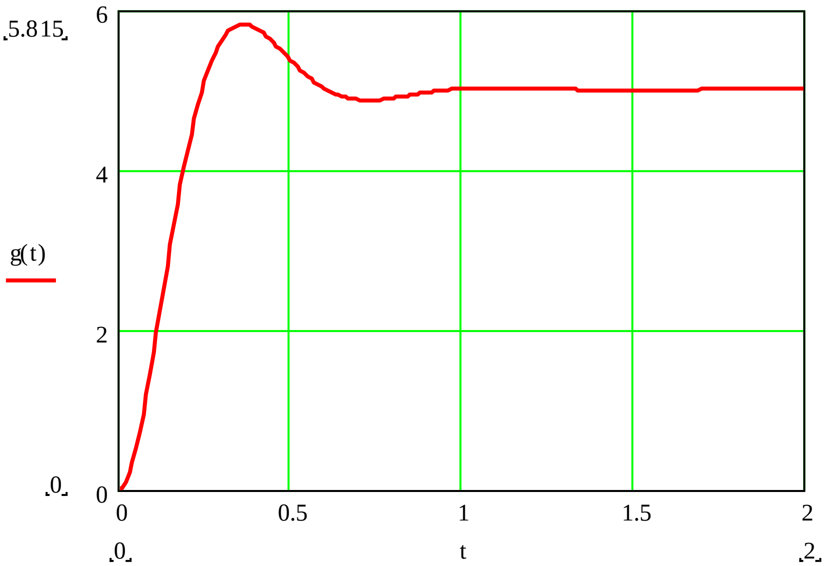


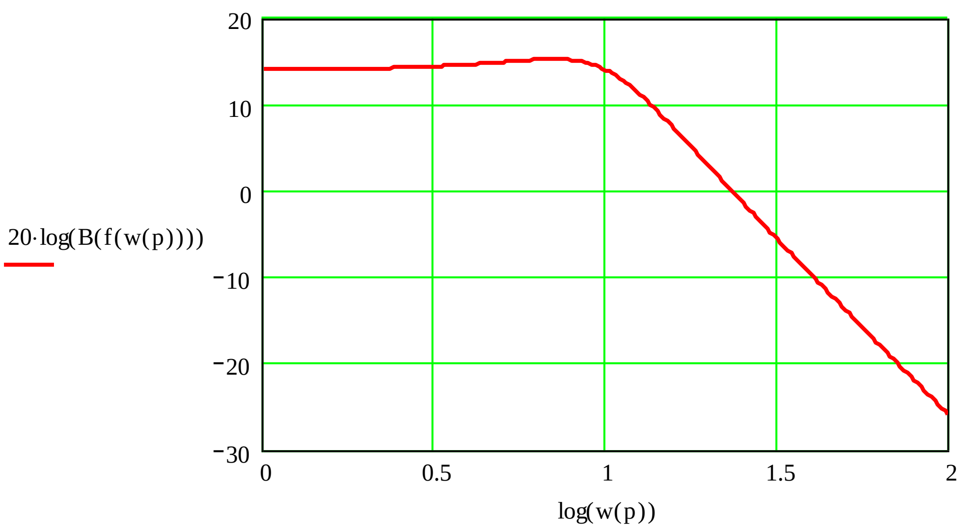


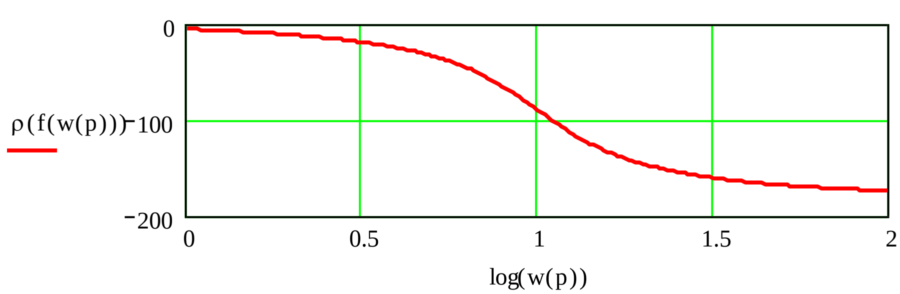
Lösung:

$$G(s) = \frac{10}{(1+0{,}1.s)(1+0{,}002.s)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm



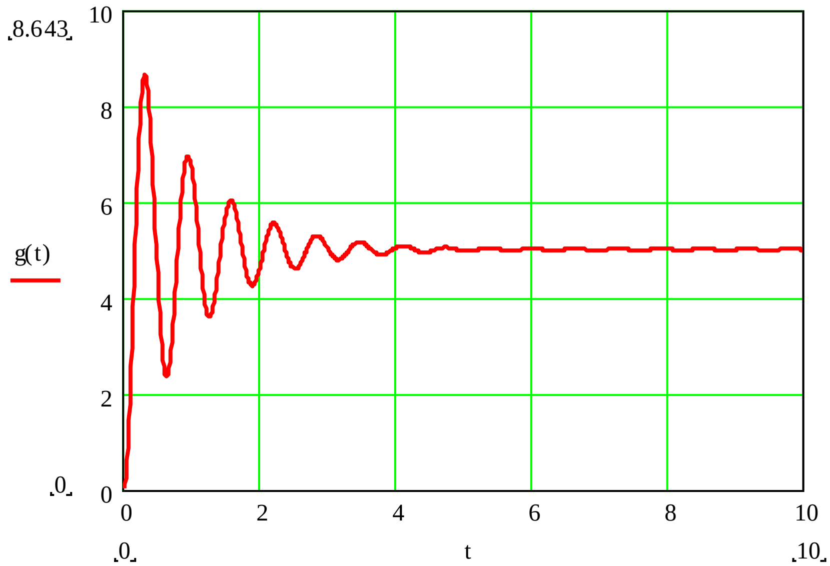


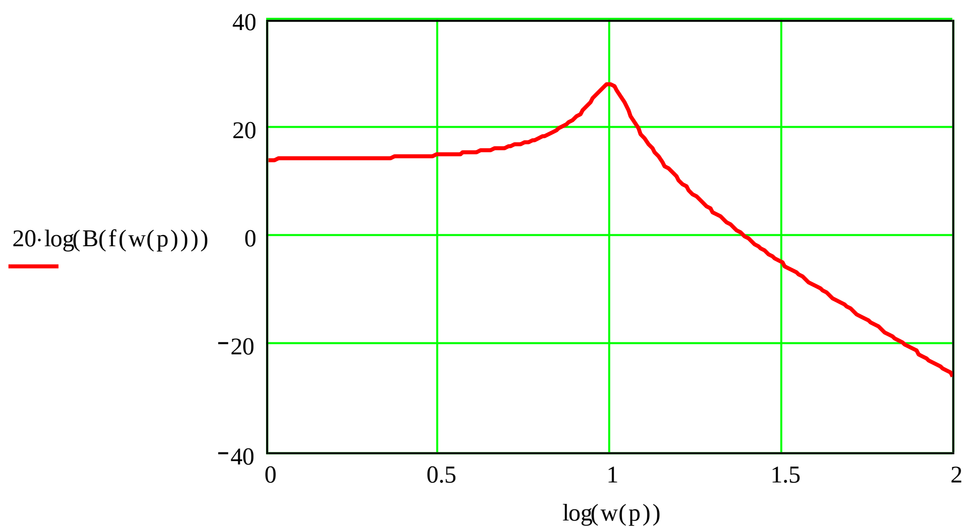


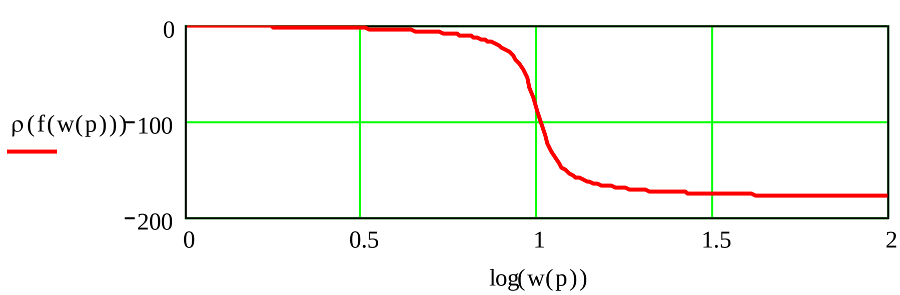
Lösung:

$$G(s) = \frac{5}{(1 + 0{,}1.s + 0{,}01.s^2)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm



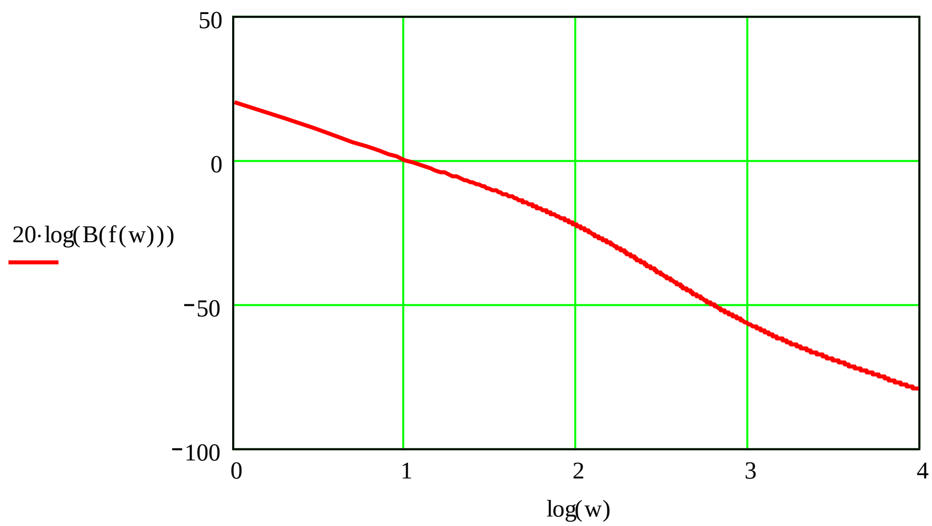


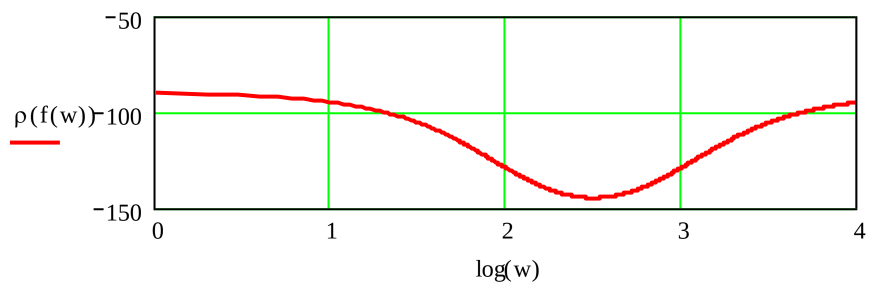


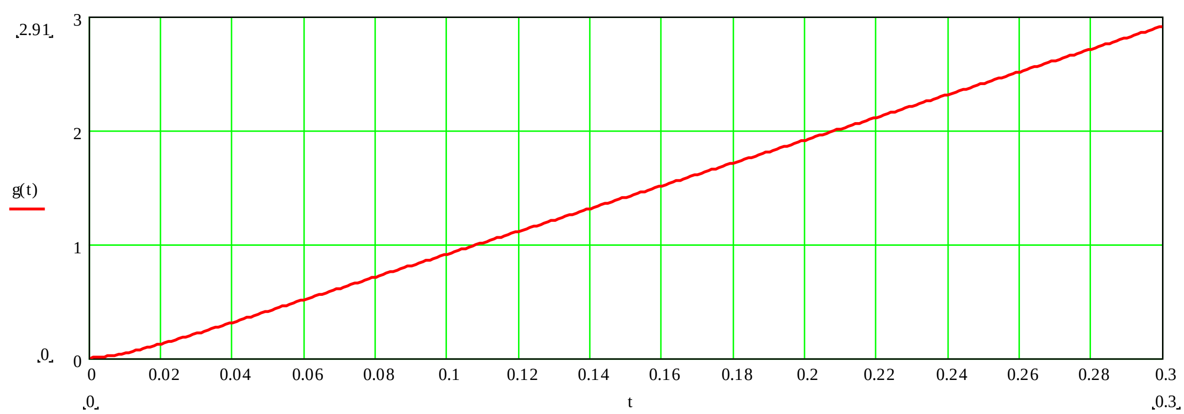
Lösung:

$$G(s) = \frac{5}{(1 + 0{,}02.s + 0{,}01.s^2)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm



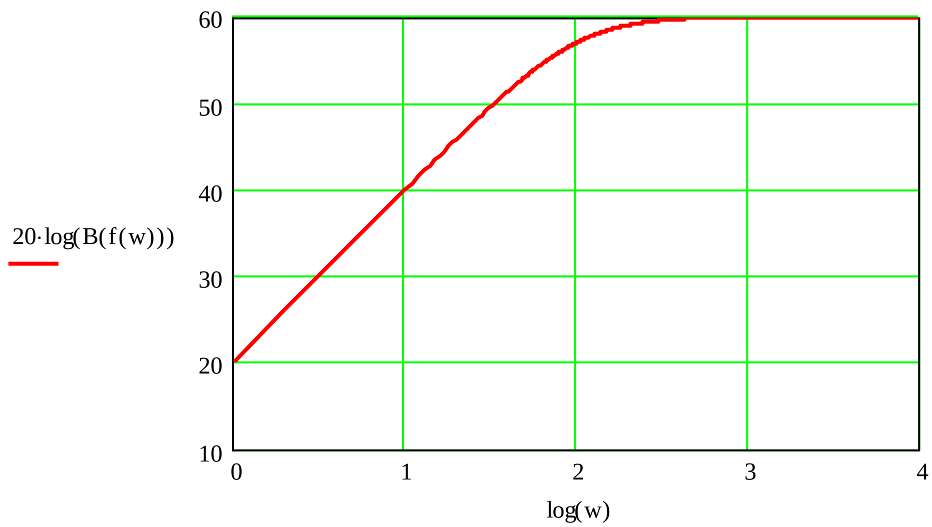


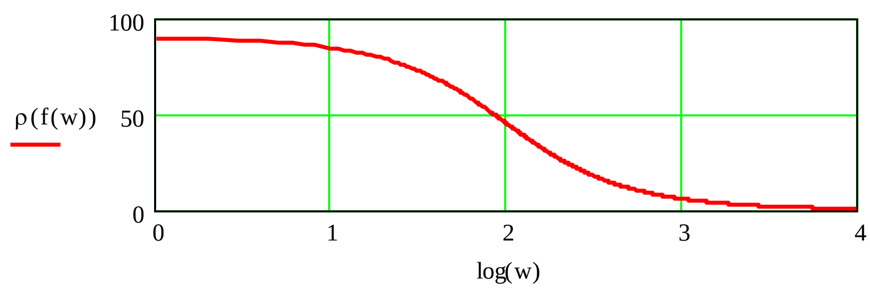


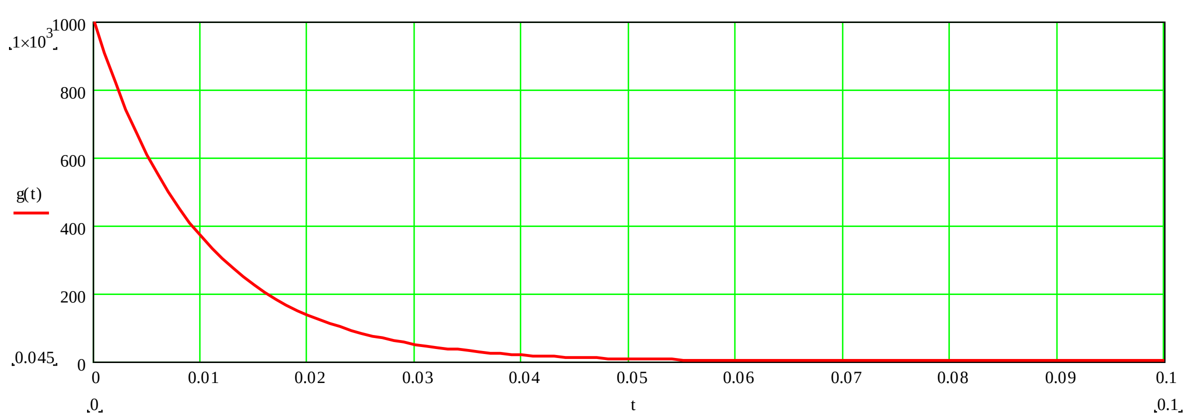
Lösung:

$$G(s) := \frac{k \cdot (1 + 0.001 \cdot s)}{(1 + 0.01s)(s)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm



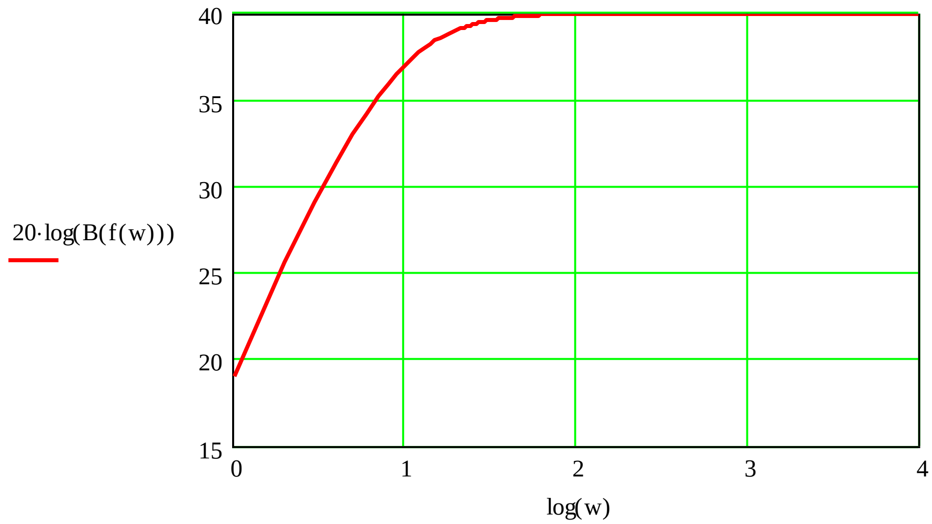


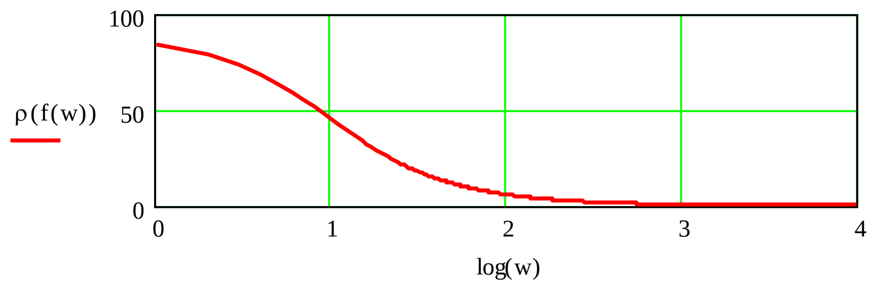


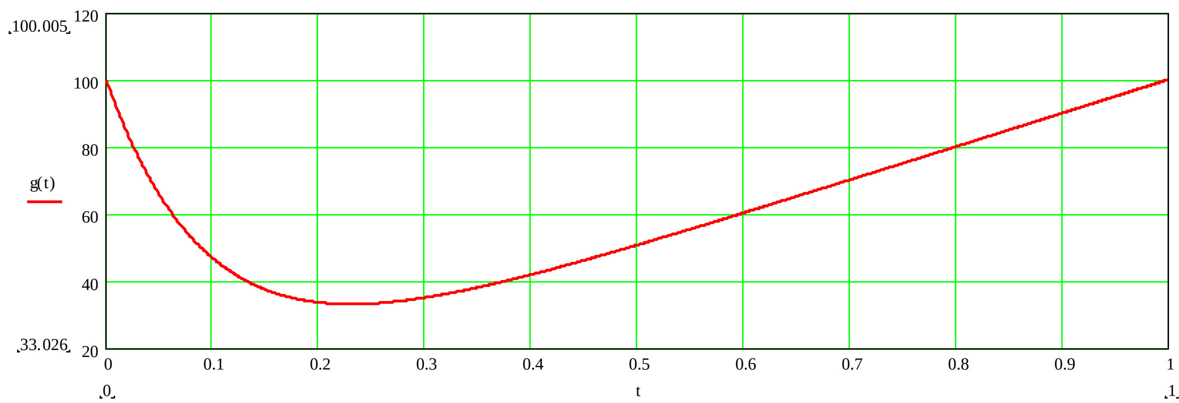
Lösung:

$$G(s) := \frac{k \cdot (s)}{(1 + 0.01s)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm

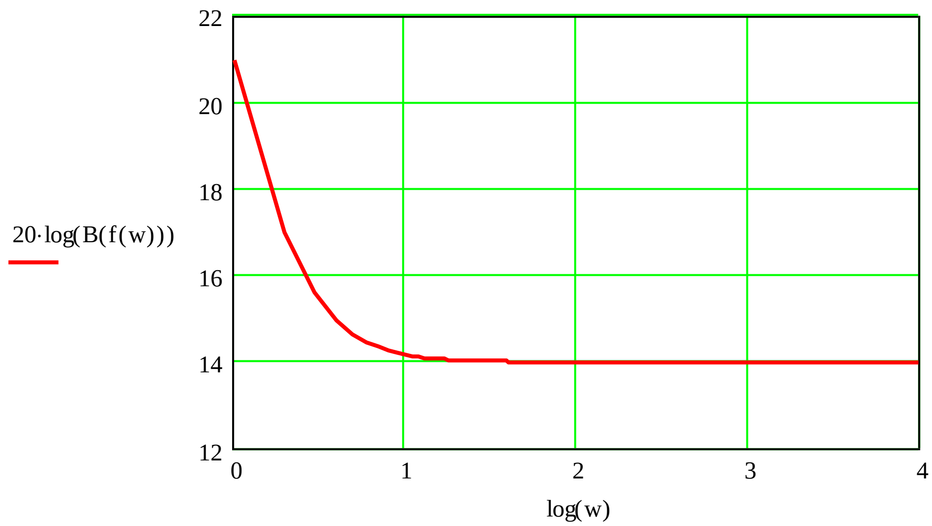


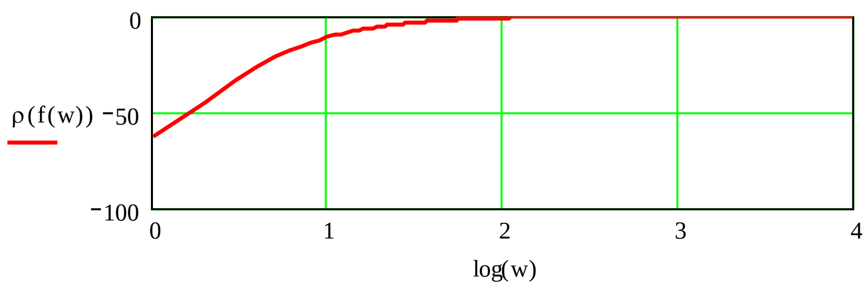


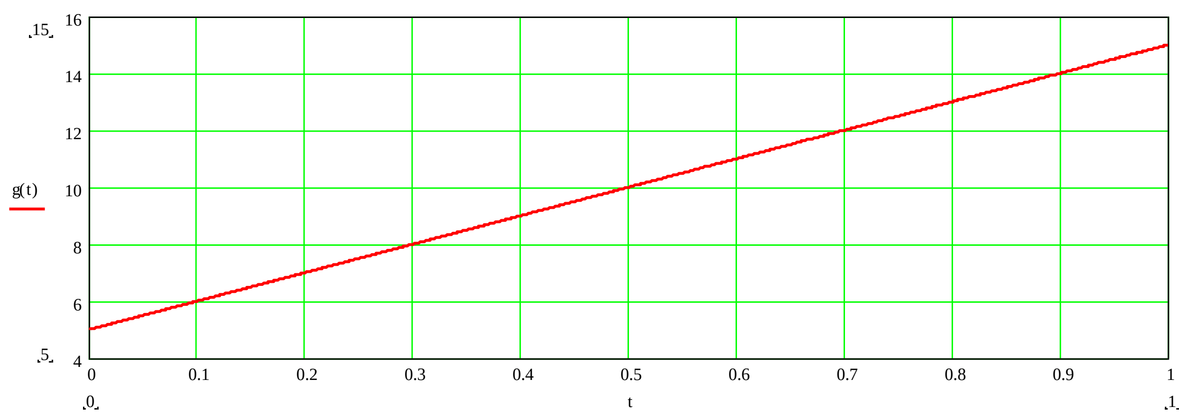


Lösung:

$$G(s) := \frac{100}{s} + \frac{k \cdot (s)}{(1 + 0.1s)}$$

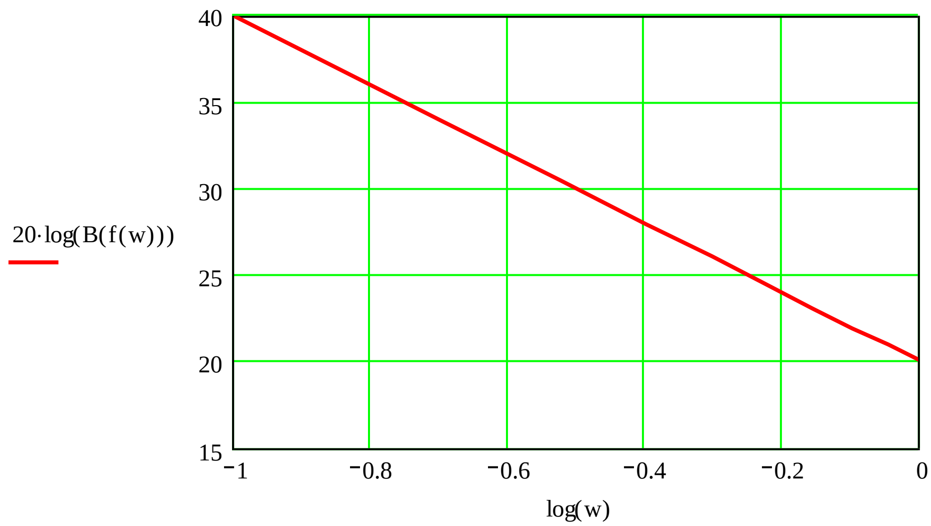


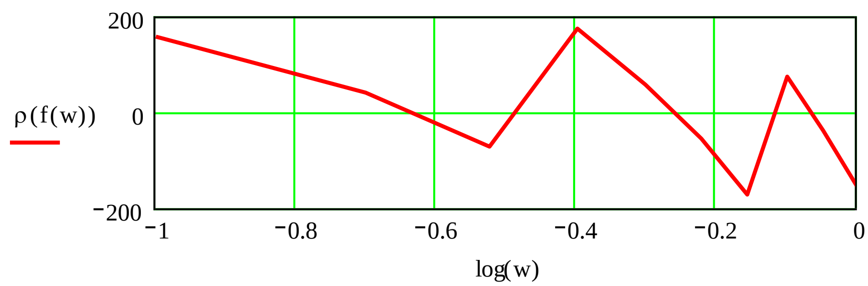


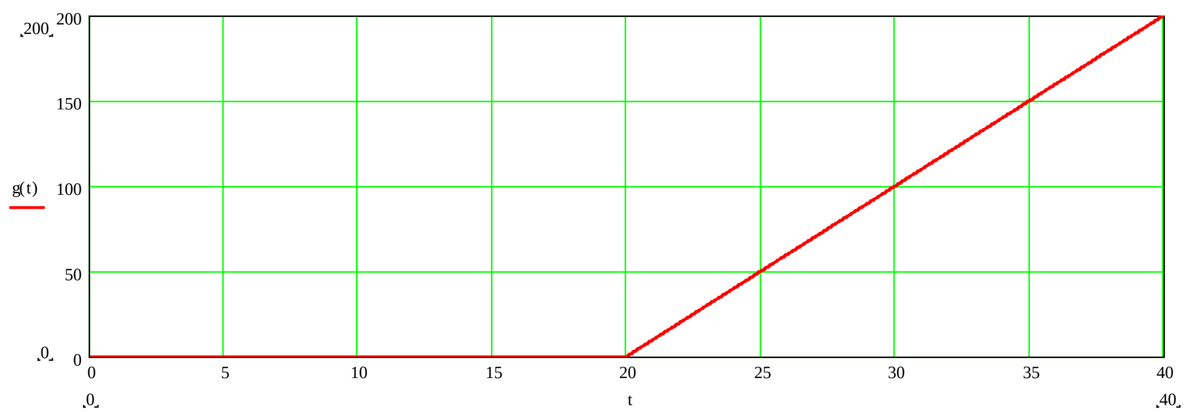


Lösung:

$$G(s) := 5 + \frac{10}{s}$$

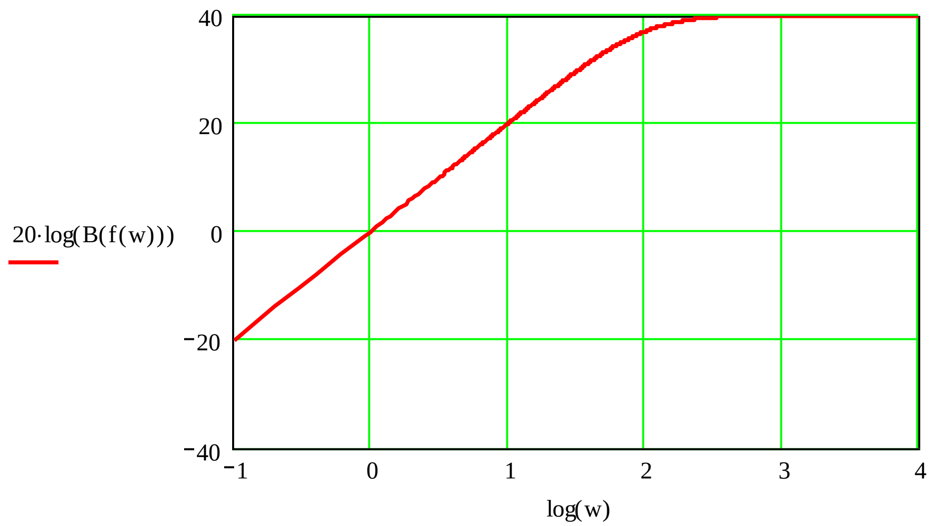


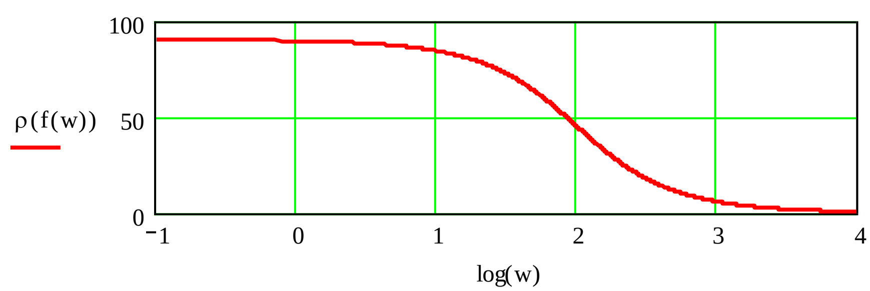


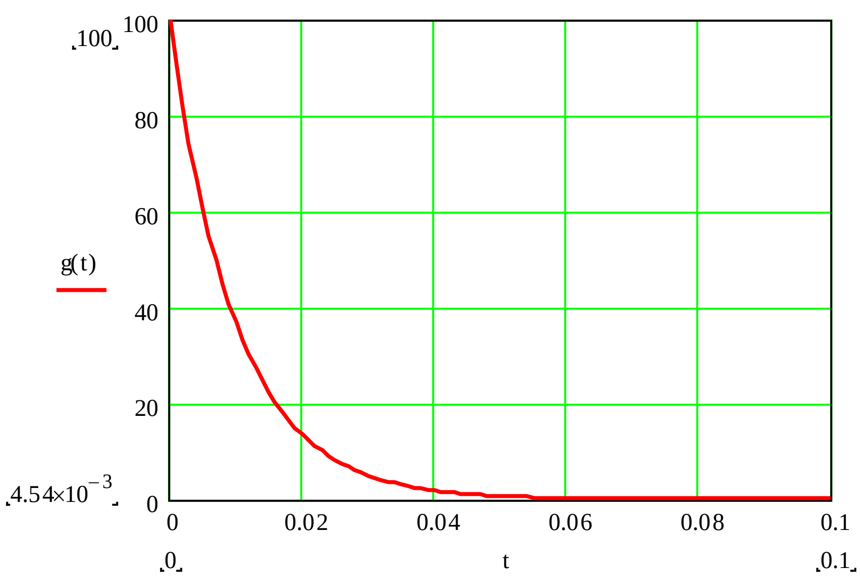


Lösung:

$$G(s) := 10 \cdot \frac{\exp(-20 \cdot s)}{s}$$


40
20
0
−20
−40
20·log(B(f(w)))
−1
0
1
2
3
4
log(w)

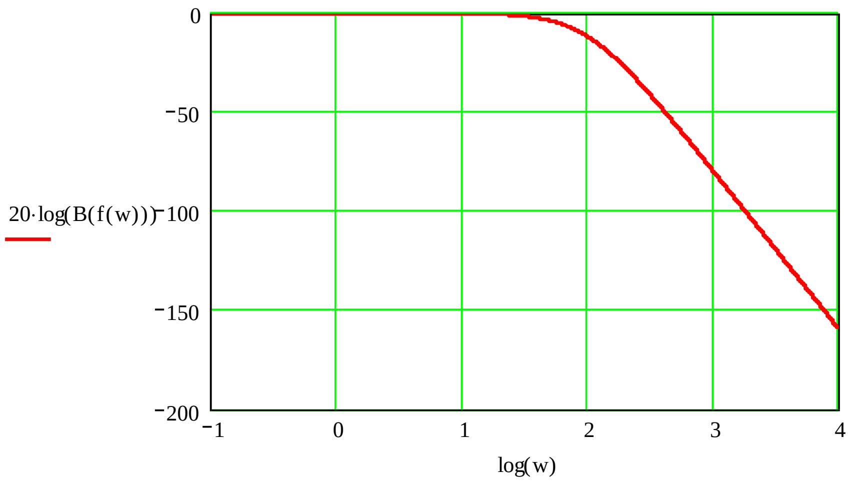

100
50
0
ρ(f(w))
−1
0
1
2
3
4
log(w)

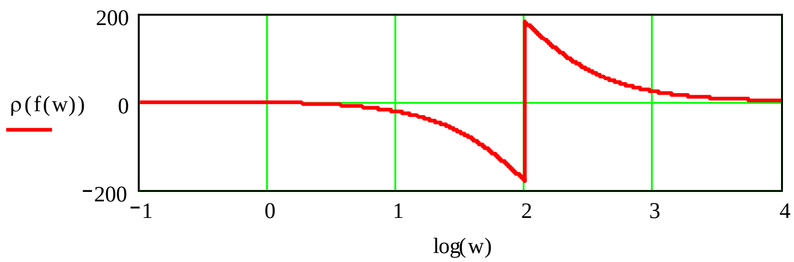

100
100
80
60
40
20
0
g(t)
4.54×10⁻³
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
0
t
0.1

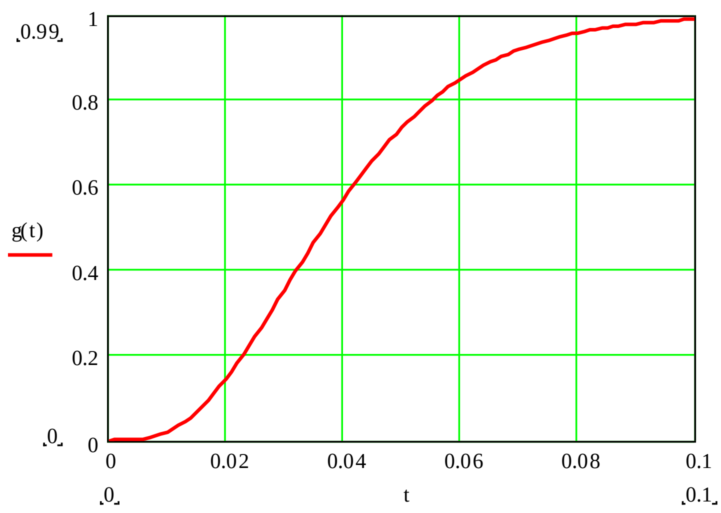
Lösung:

$$G(s) := \frac{s}{(1 + 0.01s)}$$

Identifikation mit Sprungantwort und Bodediagramm







Lösung:

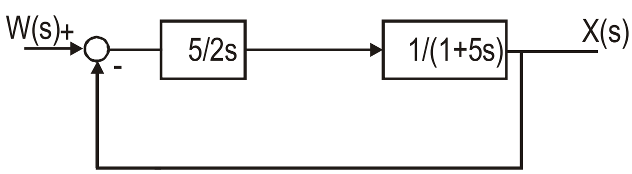
$$G(s) := \frac{1}{(1 + 0.01s)^4}$$

Grundlagen - Stabilität

Für welche Verstärkungen k ist der Regelkreis der Schleifenübertragungsfunktion stabil ?

$$F_0 = \frac{k}{(1+5s)^3}$$

Berechne den Phasenrand α_R des folgenden Regelkreises

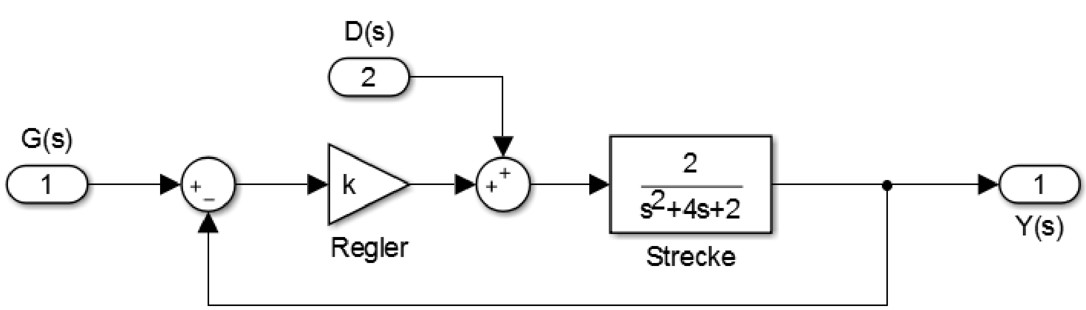


Von folgender Schleifenübertragungsfunktion ist die Abhängigkeit von T_T von a für Stabilität zu bestimmen.

$$F_0 = \frac{e^{-sT_T}}{a+3s}$$

a, T_T Parameter $T_T(a)$ = ?

Der Laser findet bereits seit Jahrzehnten Einsatz in der Augenchirurgie. Über eine automatische Positionierungseinrichtung kann der Chirurg bestimmen, an welchem Punkt der Laser eingreifen soll. Sollte sich das Auge während des Eingriffs bewegen (D(s)), so muss die Position nachgeregelt werden.



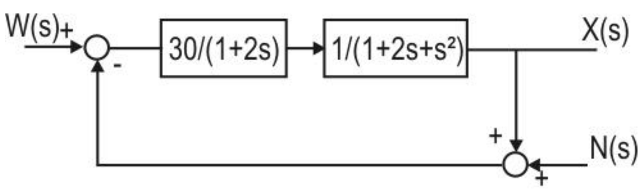
- Nennen Sie Methoden, mit denen die Stabilität eines solchen Systems untersucht werden kann.
- Ermitteln Sie den Bereich der Verstärkung K, damit das System stabil ist, wähle dazu eine geeignete Stabilitätsuntersuchung.
- Erläutere eine mögliche Vorgangsweise damit jene Werte von K gefunden werden damit es zu keinem Überschwingen kommt.

Entwerfe einen Regler für folgende Strecke nach dem Betragoptimum und nach dem Symetrischen Optimum.

$$S(s) = \frac{1}{(1+s)(1+0{,}1s)}$$

Welcher Regler sollte gewählt werden, wie groß ist der Phasenrand des entstehenden Regelkreises ? Welche Probleme können beim sysmetrischen Optimum auftreten, und gibt es Möglichkeiten diese zu verhindern ?

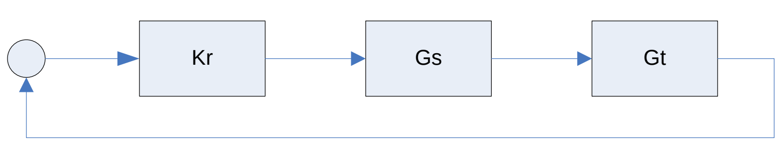
Wie empfindlich ist der Regelkreis auf Rauschen n(s), in verschiedenen Frequenzbereichen



Für einen Standardregelkreis mit der Streckenfunktion $S(s) = \frac{1}{(1+s)^2(1+5s)}$ und einem PI-Regler $R(s) = k_r\,(1+\frac{1}{T_i s})$ sind die Parameter des Reglers für einen stabilen Betrieb anzugeben.

Phasenreserve - Totzeitelement

Gegeben ist ein Regelkreis



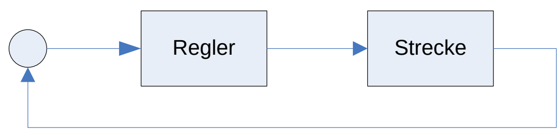
mit $Gs(s) = \frac{10}{(1+s)}$ und $G_{Tt}(s) = \exp(-sT_t)$ mit variabler Totzeit

a) Amplitudenverlauf und Phasenverlauf der Regelstrecke

b) Tt damit eine Phasenreserve von φr=36°
c) mit welcher Verstärkung erhält man bei Einhaltung der Phasenreserve die kleinste bleibende Regelabweichung ? Wie groß ist diese ?

Beispiel Regler „einfache Regler“

Für den Standardregelkreis sollen verschiedene Regler getestet werden

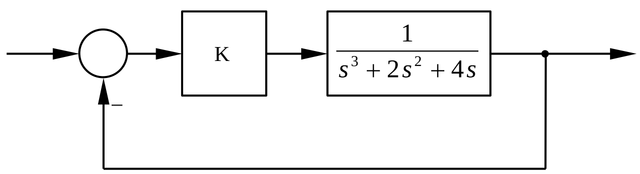


Folgende Strecke ist mit einem P-Regler zu regeln:

$$G_s(s) = \frac{1}{2+0.5s}$$

a) Wie groß ist die bleibende Regelabweichung y_d bei einem Eingangssprung, wenn ein P-Regler verwendet wird. Ermitteln Sie yd bei einem Eingangssprung für K=5 und überprüfen Sie dies durch Simulation mit MATLAB (step).
b) Wie verhält sich yd bei einem I-Regler, wenn am Eingang ein Sprung bzw. eine Rampe angelegt wird (lsim)? Verifizieren Sie den Regelkreis wie oben für K=5 (sowohl Eingangssprung als auch Rampe)

Eine gegebene Strecke soll mit einem P-Regler geregelt werden



Wie verhält sich das System bezüglich bleibender Regelabweichung yd ?

Für welchen Bereich von K ist dieses Regelsystem stabil ?

Gegeben ist eine Strecke:

$$G_s(s) = \frac{s+1}{2s^2+3s+2}$$

Welcher Reglertyp muss verwendet werden, damit die bleibende Regelabweichung bei einem Eingangssprung 0 ist. Wie muss K bemessen werden, damit bei einer Rampe yd < 0.2 bleibt ?

Reglerentwurf Ziegler-Nichols

Folgende Strecke ist mit einem PID-Regler zu regeln:

$$G_s(s) = \frac{1}{2 + 0.5s}$$

- Entwerfen Sie einen Regler (Simulation), der sehr schnell auf eine
- Sprungantwort reagiert. Erklären Sie den Einfluss von P- ,I-, und D-Element.
- Wie muss der Regler beschaffen sein, damit bei einem Eingangssprung keine bleibende Regelabweichung auftritt?

- Entwerfen Sie für die obige Strecke, wenn zusätzlich eine Totzeit von 0.3 s
- vorhanden ist, einen PID-Regler nach dem Verfahren nach Ziegler-Nichols

- Beschreiben Sie den Einfluß auf das Verhalten des Regelkreises unter Punkt 2,
- wenn der Regler ein Sättigungsverhalten aufweist, durch Simulation (Einfügen eines "saturation" Blocks).
- Versuchen Sie auch andere Nichtlinearitäten zu testen (Hysterese, Quantisierung,...)
- Welchen Einfluß haben Nichtlinearitäten auf die Antwortzeit bzw. die Stabilität ?
- Wie wirkt sich eine Störfunktion auf das System aus (Störfunktion = verzögerte Sprungfunktion) ?
- Überprüfen Sie dies anhand einer Simulation.

Zusatz: Versuchen Sie einen PID-Regler für nachfolgende Strecke 2.Ordnung zu entwerfen:

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 0.1s + 2}$$

Gegeben ist die Strecke

$$G_S(s) = \frac{10s + 5}{s^2 + 10s + 2}$$

Entwerfen Sie einen Regler, sodass das Regelsystem bei einem Einheitssprung eine bleibende Regelabweichung von $y_d = 0$ besitzt, in etwa eine Anstiegszeit $t_R = 1$ s aufweist und ca. eine Überschwingweite ü = 10 % hat.

Gegeben ist die Strecke

$$G_S(s) = \frac{s + 1}{2s^2 + 3s + 2}$$

Entwerfen Sie einen Regler, sodass das Regelsystem die gleichen Eigenschaften wie in Aufgabe l aufweist.

Welche Änderungen müssen am Regler zusätzlich erfolgen, damit die bleibende
Regelabweichung y_d bei einer Eingangsrampe < 0, 1 ist?

Entwerfe mittels WOK einen Regler für die Strecke damit das maximale Überschwingen auf 30% beschränkt ist und die Strecke eine Anregelzeit von Ta,50=2s aufweist.

$S=1/(s^2+s)$

Diskrete Regler

Bei welcher Verstärkung V und bei welcher Abtastzeit T wird der Abtastregelkreis mit dem kontinuierlichen Systemteil

$$F(s)=\frac{1-e^{-sT}}{s}.\frac{V}{1+2s}$$

Instabil?

Untersuche folgenden Regelkreis auf Stabilität

$$F(z)=V\frac{(T+e^{-T}-1)z+1-Te^{-T}-e^{-T}}{(z-1)(z-e^{-T})}$$

Erstelle die Differenzengleichung für einen PIDT1 Regler mit der approximierten Z-Transformation

Für die Regelung der Fahrgeschwindigkeit mittels des universellen Traktions und Bewegungsregler (UTRAMOV) des Marsroboters „Ziggy Stardust II“ ist die Implementierung eines PI Reglers mittels µC erforderlich. Erstelle einen Regelalgorithmus der diese Aufgabe für folgenden Regler erfüllt.

$$R_{UTRAMOV}(s)=kr.\left(1+\frac{1}{s.T_I}\right)$$

Der Marsroboter „Ziggy Stardust II“ verfügt auch ein Alpha Partikel X-Ray Spektrometer (APXS) welches mittels eines universellen Manipulators (UMAPI) bewegt wird. Dazu wurde folgender Regelalgorithmus implementiert.

Für welche Bereich von a ist das System stabil?

$$y_{UMAPI}(k)=-x_{UMAPI}(k)+2x_{UMAPI}(k-1)+0{,}5y_{UMAPI}(k-1)-a.y_{UMAPI}(k-2)$$

Zur Überprüfung der richtigen Funktionsweise des Marsroboters „Ziggy Stardust II“ wird an die Bodenstation die Sprungantwort des Eintritts- Fall- und Landungsreglers (EFLAR) gesendet. Die Übertragungsfunktion des Systems lautet,

$$G_{EFLAR}(z) = \frac{4z+1}{z^2+0{,}2z+0.2}$$

Sollte es zu Veränderungen während des Ladevorgangs gekommen sein, können diese Abweichungen leicht durch Vergleiche festgestellt werden.

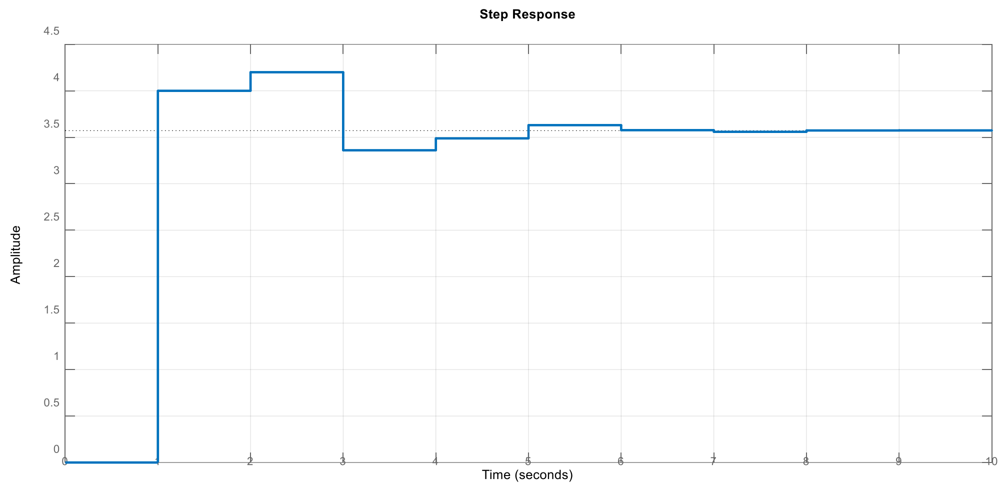


Abbildung 1 Empfangene Sprungantwort EFLAR

Ermittle die zu erwartende Antwort, vergleiche sie mit der empfangenen Antwort und stelle fest ob es zu Beschädigungen während des Ladevorganges kam.

Für unseren Roboter „Ziggy Stardust II" ist auch eine Regler für den Fall- und Landungsreglers (EFLAR) zu entwerfen. Die Übertragungsfunktion des Systems (Abtastzeit=1) lautet,

$$G_{EFLAR}(z) = \frac{(z^{-2}+0.4z^{-1}+0.1).z^{-2}}{z^{-3}+0.2z^{-2}+0.1z^{-1}+0.2}$$

Ermittle die ersten 6 Werte der Sprungantwort. Welche Schlüsse können daraus gezogen werden?

Für die Umsetzung eines im kontinuierlichen Zeitbereich entworfenen Reglers wird ein Regelalgorithmus benötigt.

Die Übertragungsfunktion des Reglers lautet,

$$R(s) = \frac{22s^2+201s+100}{s^2+100s}$$

Die Übertragungsfunktion der Strecke lautet,

$$S(s) = \frac{1}{s^2 + 4s + 1}$$

- Ermittle den Regelalgorithmus (als Übertragungsfunktion und als Differenzengleichung) wenn mit einer Abtastzeit von 1ms gearbeitet werden soll.
- Simuliere den Regelkreis mit der angegebenen Strecke im kont. als auch diskreten Zeitbereich.
- Ermittle die Auswirkungen einer geänderten Abtastzeit.
- Welche Verbesserungen können eingesetzt werden.
- Kann eine Beschränkung der Stellgröße Einfluss auf den Regelkreis haben und ließe sich die Auswirkungen auf den Regelkreis begrenzen.

Für welche Bereiche von a ist der folgende Regelkreis stabil?

$$Fw(z) = \frac{z-b}{z^2+z+a}$$

Erstelle die Differenzengleichung für folgenden Regler

$$Fr(z) = \frac{z+1}{z^3+kz^2-3z+5}$$

Ist der folgende Regelkreis stabil?

Gw2 =

```
 0.2016 z^-2 + 0.1461 z^-3 - 0.4471 z^-4 - 0.1294 z^-5 + 0.2287 z^-6
 -----------------------------------------------------------------
   1 - 1.779 z^-1 + 0.7788 z^-2 + 1.11e-16 z^-4 + 2.776e-17 z^-6
```

Diverses

Die Abbildung zeigt eine Abfüllanlage für Flaschen, die eine Schraubspindel als Vortriebsmechanismus verwendet. Damit die geforderte Geschwindigkeit präzise eingehalten wird, ist eine Rückkopplungsschleife mit Tachometer vorgesehen.

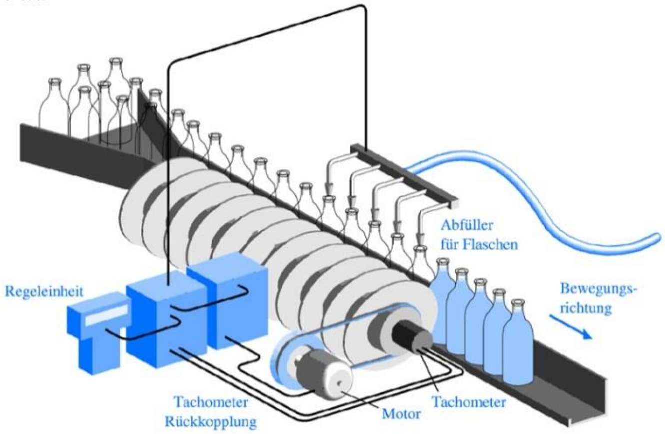


Bild 1 Darstellung des zu regelnden Systems

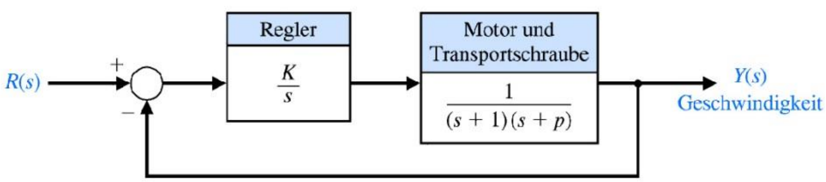


Bild 2 Blockschaltbild der Regelung

Stabilität

In einer Abfüllanlage für Flaschen, die eine Schraubspindel als Vortriebsmechanismus verwendet, ist die Vorschubgeschwindigkeit zu regeln. Damit die geforderte Geschwindigkeit präzise eingehalten wird, ist eine Rückkopplungsschleife mit Tachometer vorgesehen (siehe Beilage). Für die Umsetzung müssen die Grenzen für die Parameter k und p gefunden werden.

- Nennen sie Methoden zur Stabilitätsuntersuchung von Systemen
- Ermittle die Grenzen innerhalb sich k und p bewegen können, sind diese Grenzen voneinander unabhängig
- Erläutere eine mögliche Vorgangsweise damit jene Werte von k und p gefunden werden damit es zu keinem Überschwingen kommt.

Reglerentwurf:

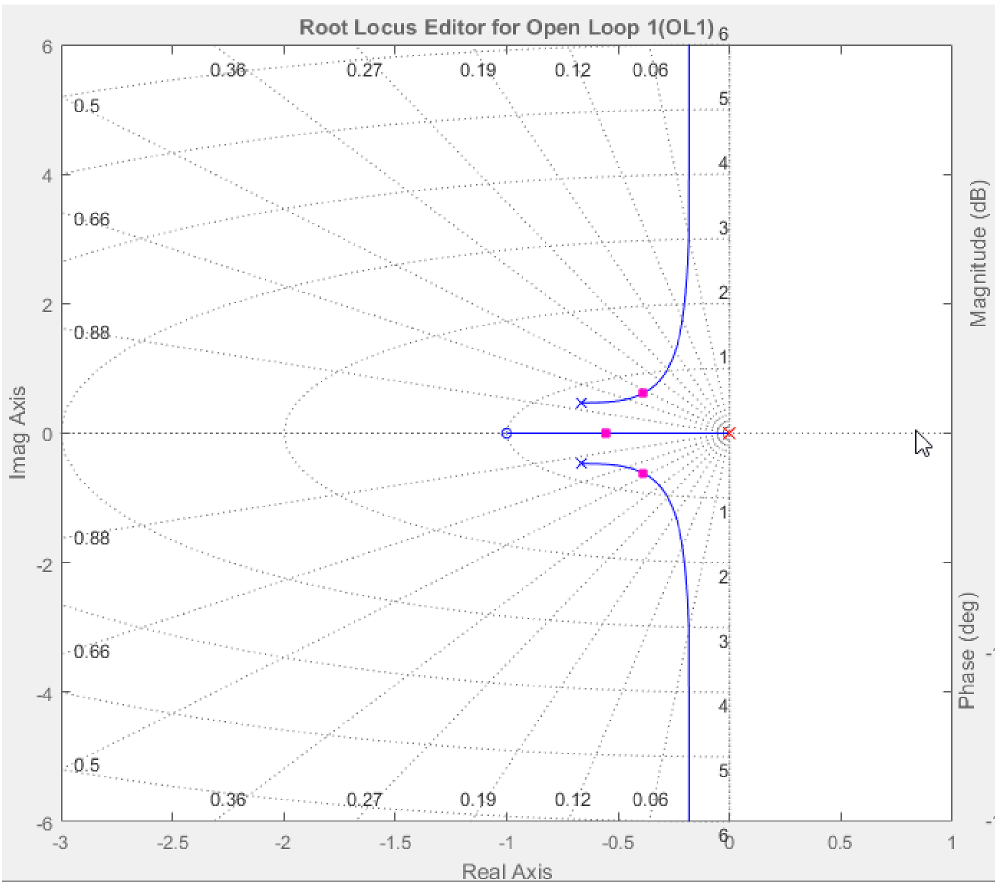
Sie stehen vor der Aufgabe, die Drehzahl des Hauptkalanders in einer Anlage zur Erzeugung von Kunststoffplatten zu regeln. Gegenüber dem Vorgabewert für die Drehzahl darf keine bleibende Regelabweichung auftreten. Die Ausregelzeit der Regelung soll 8 Sekunden nicht überschreiten. Dabei darf kurzzeitig eine Drehzahlüberhöhung von maximal 10 % auftreten.

Die Strecke hat nachfolgende Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{s+1}{3s^2 + 4s + 2}$$

- Nennen sie geeignete Reglerentwurfsmethoden für vorliegende Aufgabe und die möglichen Reglerstrukturen
- Erläutern Sie die grundsätzlich möglichen Veränderungen in der Wurzelortskurve durch die Hinzunahme eines Reglers und die dadurch erkennbaren Änderungen im Verhalten des geschlossenen Regelkreises
- Analysieren sie die vorhandene Regelstrecke
- Entwickeln sie einen geeigneten Regler inkl. der Übertragungsfunktion für die gestellte Aufgabe und erläutern sie die Vorgangsweise.

Wurzelortskurve der Strecke inkl. Einer zusätzlichen Polstelle bei 0

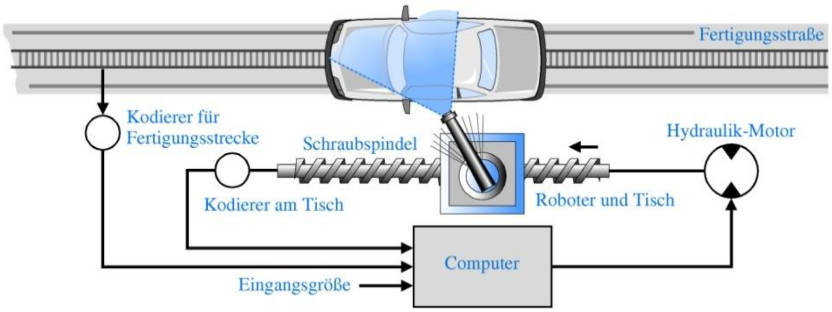


Stabilitätsuntersuchung:

In einer automatisierten Lackierstraße in der Automobilindustrie wird die Positionierung mittels eines geeigneten Regelkreises erledigt. Für ein positives Ergebnis wird aber die richtige Wahl der Abtastzeit eine große Rolle spielen.

- Nennen sie verschiedene Möglichkeiten zur Stabilitätsuntersuchung bei diskreten Systemen.
- Erläutern Sie den Einfluss der Abtastzeit auf das Stabilitätsverhalten
- Zeigen Sie, wie Sie das gegebene diskrete System auf Stabilität untersuchen würden.
- Zeigen Sie, wie Sie theoretisch die Ausgangsgröße berechnen könnten.

Darstellung des Regelkreises



Bei einer Autolackieranlage erhält man nach eingehender Überlegung eine Übertragungsfunktion

$$F(z) = \frac{z^2 + z}{z^2 + z + T_A}$$

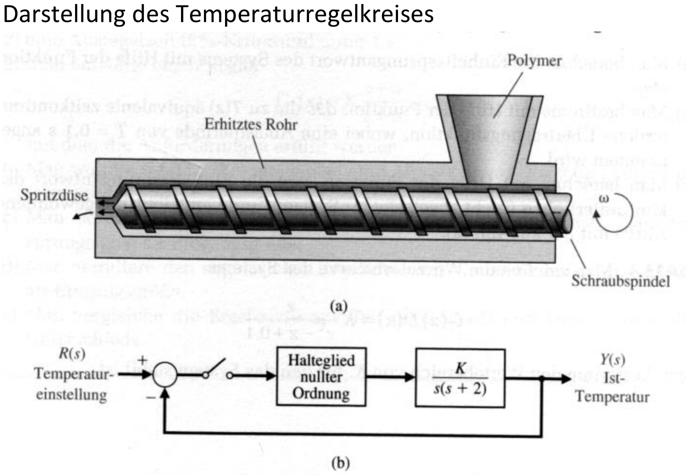
Nr.	s-Bildbereich $\hat{f}(s)$	Zeitbereich $f(t)$	Abtastfolgen (f_k)	z-Bildbereich $f_z(z)$
I.	1	$\delta(t)$	$\delta_k = \begin{cases} 1 & \text{für} \quad k = 0 \\ 0 & \text{für} \quad k > 0 \end{cases}$	1
II.	$\frac{1}{s}$	$\sigma(t)$	(1^k)	$\frac{z}{z-1}$
III.	$\frac{1}{s^2}$	t	(kT_a)	$\frac{T_a z}{(z-1)^2}$
IV.	$\frac{1}{s-a}$	e^{at}	$\left(e^{akT_a}\right)$	$\frac{z}{z-e^{aT_a}}$
V.	$\frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$	$t^n e^{at}$	$\left((kT_a)^n e^{akT_a}\right)$	$\frac{\partial^n}{\partial a^n} \frac{z}{z-e^{aT_a}}$
VI.	$\frac{b}{s^2+b^2}$	$\sin(bt)$	$(\sin(bkT_a))$	$\frac{z\sin(bT_a)}{z^2-2z\cos(bT_a)+1}$
VII.	$\frac{s}{s^2+b^2}$	$\cos(bt)$	$(\cos(bkT_a))$	$\frac{z(z-\cos(bT_a))}{z^2-2z\cos(bT_a)+1}$
VIII.	$\frac{b}{(s-a)^2+b^2}$	$e^{at}\sin(bt)$	$\left(e^{akT_a}\sin(bkT_a)\right)$	$\frac{ze^{aT_a}\sin(bT_a)}{z^2-2ze^{aT_a}\cos(bT_a)+e^{2aT_a}}$
IX.	$\frac{s-a}{(s-a)^2+b^2}$	$e^{at}\cos(bt)$	$\left(e^{akT_a}\cos(bkT_a)\right)$	$\frac{z\left(z-e^{aT_a}\cos(bT_a)\right)}{z^2-2ze^{aT_a}\cos(bT_a)+e^{2aT_a}}$

Digitale Regelung:

In der Kunststoffindustrie ist Kunststoffextrusion ein weit verbreitetes Thema. Die Hauptvariablen der Regelung sind die Geschwindigkeit der Schneckenspindel und die Temperatur des austretenden Polymers.

- Erklären Sie prinzipiell anhand der Temperaturregelung, wie man mit einem gegeben System im s-Bereich auf ein System im z-Bereich kommen könnte.
- Nennen sie Möglichkeiten zur Stabilitätsuntersuchung bei diskreten Systemen
- Zeigen Sie, wie Sie das gegebene diskrete System auf Stabilität untersuchen würden.
- Zeigen Sie, wie Sie theoretisch die Ausgangsgröße berechnen könnten.

Darstellung des Temperaturregelkreises



Digitaler PID Regler:

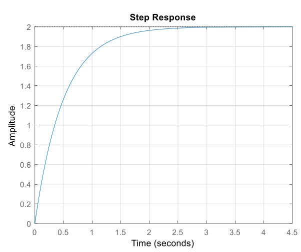
Eine Niveauregelung ist mit einem digitalen PID Regler auszuführen. Zur Umsetzung steht ein einfacher Mikrokontroller zur Verfügung.

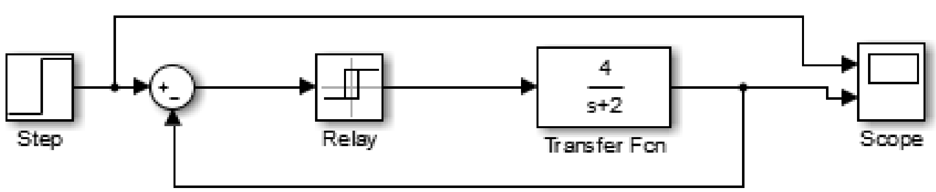
- Erläutern Sie die Funktionsweise eines kontinuierlichen PID Regler
- Zeigen Sie, wie dieses Verhalten mittels des Mikrokontroller umgesetzt werden kann
- Spielt die Abtastzeit bei der Suche nach möglichen Algorithmen eine Rolle
- Entwickeln sie eine Möglichkeit das Problem des „Wind-Ups“ bei einer Stellgrößenbeschränkung zu verhindern
- Analysieren Sie die sich ergebenden Algorithmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit

Unstetige Regler:

Eine PT1 Strecke (z.B. Raumtemperatur) mit der Übertragungsfunktion

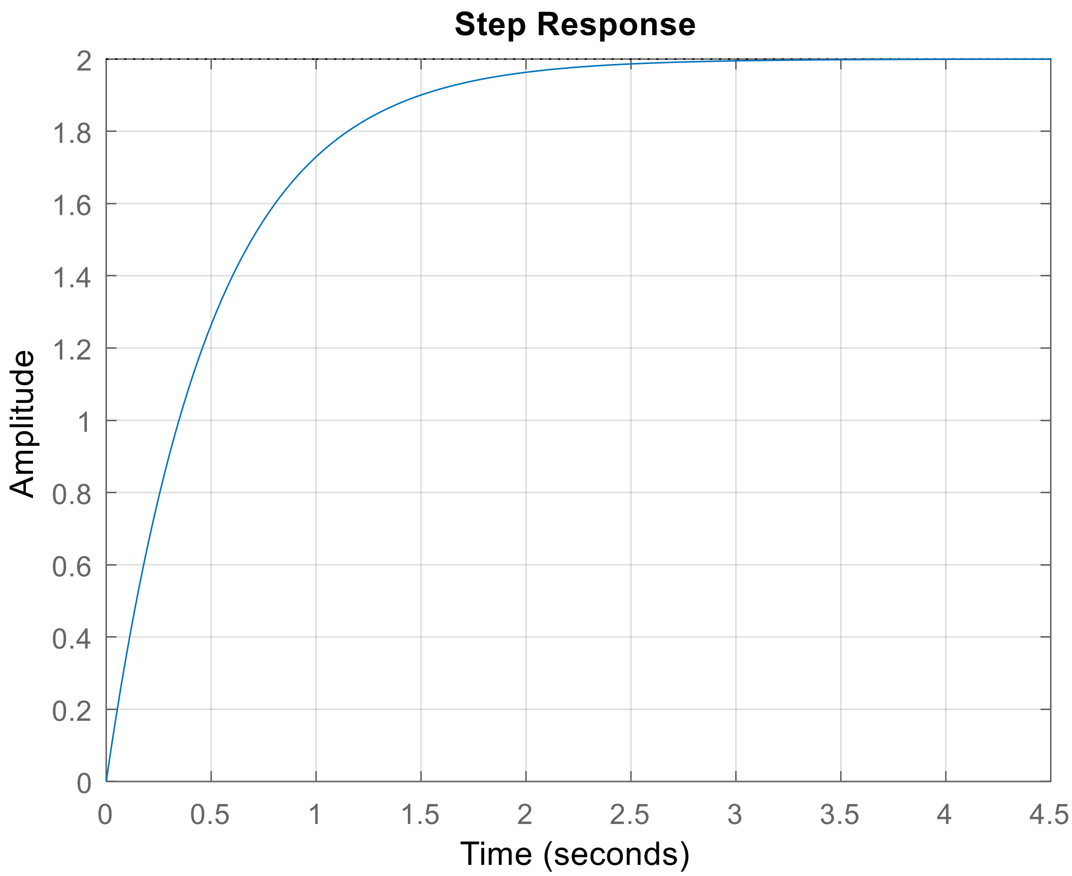
$G(s) = \frac{10}{s+2}$ und der Sprungantwort (siehe auch Beilage)





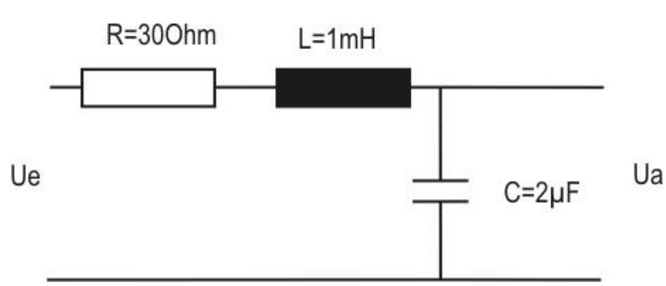
ist mit einem 2 Punktregler (Ausgang 0 – 1) mit einer Hysterese von ± 0,2 zu regeln.

- Erläutern Sie die Funktionsweise eines 2Punktreglers
- Zeigen Sie, das die Wahl der Hysterese einen Einfluss auf die Schalthäufigkeit hat
- Analysieren Sie den Regelkreis hinsichtlich der Schaltfrequenz und des Regelverhaltens
- Entwickeln Sie verschieden Verbesserungsvorschläge um den Regelkreis zu optimieren.



Man bestimme für das dargestellte Schwingungsglied die Übertragungsfunktion

G(s) = Ua(s)/Ue(s)

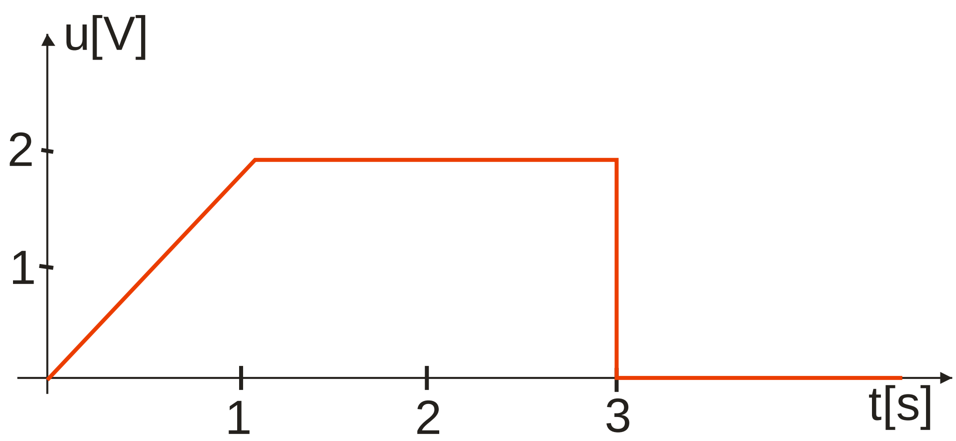


Ein System mit gegebener Übertragungsfunktion wird mit einer Sprungfunktion σ(t) angeregt. Welchen Wert wird die Systemantwort zum Zeitpunkt 0 und ∞ annehmen.

$$G(s) = \frac{10}{s^2+3s+2}$$

Zusatz: Welchen Wert nimmt die Sprungantwort zum Zeitpunkt t=2sec an.

Stelle die Funktion im Bildbereich der folgenden Funktion auf.

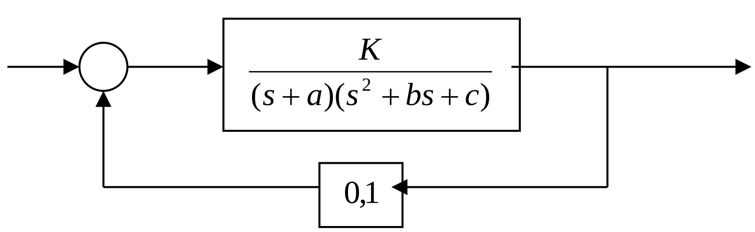


Reglerdimensionierung auf Führungsimpulsantwort

Die gewünschte Übertragungsfunktion des Regelkreises (siehe Abbildung) sei

$1{,}8.e^{-2t} - 2.e^{-0{,}9t}[0{,}9\cos t - \sin t]$

Die Parameter a,b,c des Reglers sind zu bestimmen.



Ermittle das quadratische Gütekriterium rechnerisch

Bemessung auf Phasenrand

Wie ist der Integralregler R(s)=1/sTn einzustellen, damit er mit der vorgegebenen Regelstrecke S(s)=1/(1+o,1s)(1+0,01s) gerade α_R=48° Phasenreserve ergibt ?

Reglerentwurf auf Überschwingfreiheit

Eine Regelstrecke gehorcht der Differentialgleichung

$$4y''(t) - y'(t) = 3u(t)$$

Gesucht ist ein einfach strukturierter Regler, der eine stabile Regelung ermöglicht. Welche Reglerparameter wären vorzuschlagen, damit sowohl überschwingfreie als auch schnellstmögliche Regelung besorgt wird. Der relative Stationärfehler des Führungsverhaltens soll 10% nicht überschreiten.

Entwurf eines P-Reglers zu einer Totzeitstrecke

Eine Regelstrecke mit Totzeit Tt=0,1 und Integralverhalten wird mittels P-Regler geregelt. Die Störgröße wd darf stationär mit maximal 5% auf die Regelgröße durchschlagen. Wie groß ist die notwendige Regelverstärkung k_R ? Wie groß ist der Phasenrand α_R ? Wie groß ist der Amplitudenrand A_R.