Das dynamische Verhalten des Feder-Masse-Dämpfer-Systems im Bild soll analysiert werden. Die Modellbildung ist auf Basis der Bewegungsgleichungen für eine Schreibe J, m_R ,

$$J \cdot \ddot{\varphi} + c_R \cdot \varphi \cdot \frac{R^2}{4} + d_R \cdot \dot{\varphi} \cdot \frac{R^2}{4} + c_2 \cdot (z_2 - z_1) \cdot R = 0 \qquad (1)$$

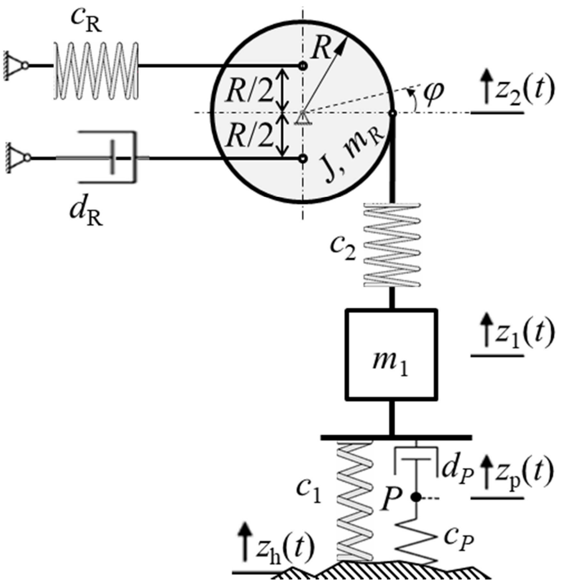
und für m_1

$$m_1 \cdot \ddot{z}_1 + c_2 \cdot (z_1 - z_2) + c_1 \cdot (z_1 - z_h) + c_p \cdot (z_p - z_h) = 0 \qquad (2)$$

sowie mittels der Kräftebilanz im Punkt P

$$d_P \cdot (\dot{z}_p - \dot{z}_1) + c_p \cdot (z_p - z_h) = 0$$

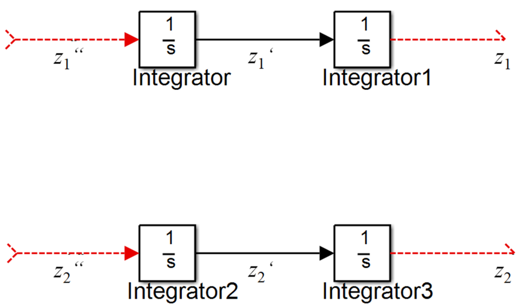
(3) mit $J = ½\, m_R R^2$ und $\boldsymbol{z_2 = \varphi R}$ möglich.



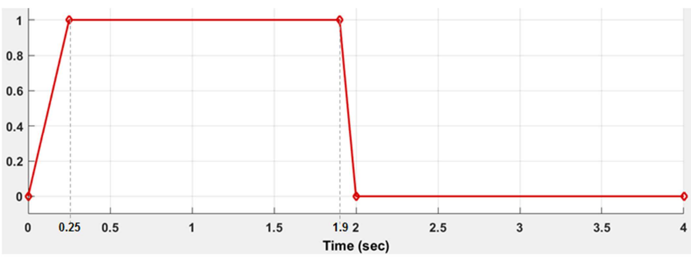
m_R	= 50	kg	Scheibemasse
J	= ½ $m_R R^2$	kgm^2	Massenträgheitsmoment
R	= 0,2	m	Radius
m_1	= 5	kg	Masse
c_R	= 10	N/mm	Federrate
c_1	= 20	N/mm	Federrate
c_2	= 15	N/mm	Federrate
c_P	= 7	N/mm	Federrate
d_R	= 0,5	Ns/mm	Dämpfungskonstante
d_P	= 0,75	Ns/mm	Dämpfungskonstante
z_h	= 10	cm	

Eingangsgröße: die vertikale Position $z_h(t)$.

1. Eingabedaten in m-file mit Ihrem Nachname. Erstellen Sie nach den Systemgleichungen ein Modell mit Simulink im Zeitbereich, (beginnend vom unten angegebenen Bild):



a) Einheitliche Anregung $z_h(t)$



b) Chirp Signal:

Initial frequency: 0.01; Target time: 20; Frequency at target time: 20

Wählen Sie die Amplitude $z_h(t)$ als Systemeingang jeweils a) und b) (mit Manual Switch), simulieren Sie die Federkraft $F_2 = c_2(z_2(t) - z_1(t))$ und den relativen Weg $z_1(t) - z_p(t)$.

Simulation time für a) 10 sec, für b) 20 sec mit Fixed-step 0.01.

2. Leiten Sie anhand der mechanischen Systemgleichungen einen formelmäßigen Ausdruck in A, B, C, D Matrizen her.

   Systemeingänge: $z_h(t)$;

   Ausgänge: die Federkraft $F_2 = c_2(\, z_2(t) - z_2(t)\,)$ und der relativer Weg $z_1(t) - z_p(t)$

   Zustandsgrößen: $\begin{bmatrix} \varphi & z_1 & \dot{\varphi} & \dot{z}_1 & z_P \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \end{bmatrix}^T$

$$A = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \qquad D = \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \end{bmatrix}$$

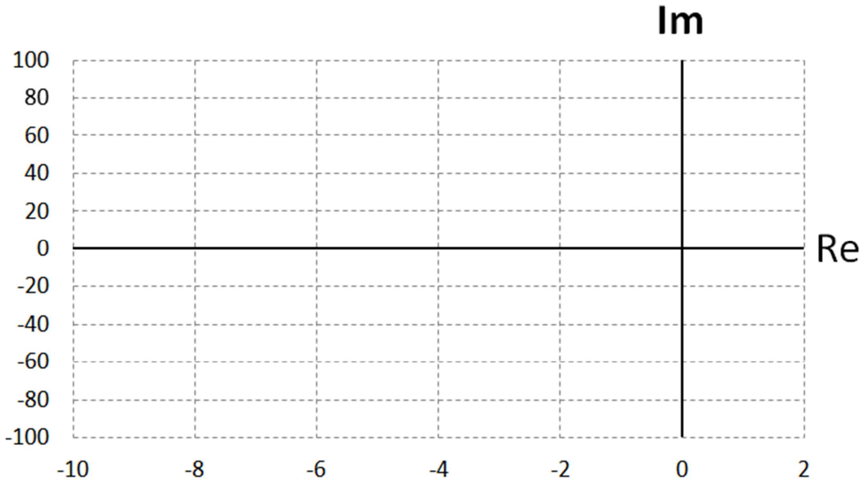
$A =$

$B =$	$C=$	$D=$

3. Verwenden Sie dazu ein m-file, in das Sie die gegebenen Parameter eingegeben und ihre Matrizen A, B, C, D mit den Parameter erstellt haben. Berechnen Sie die Eigenwerte des Systems.

	+	
	±	
	±	

Tragen Sie die Eigenwerte des Systems in die komplexe Ebene ein.



Ist das mechanische System stabil? Begründung!

Berechnen Sie die ungedämpfte, gedämpfte Eigenfrequenzen und Dämpfungsgrad:

Ungedämpfte f_0 (Hz)	gedämpfte f_d (Hz)	Dämpfungsgrad ξ

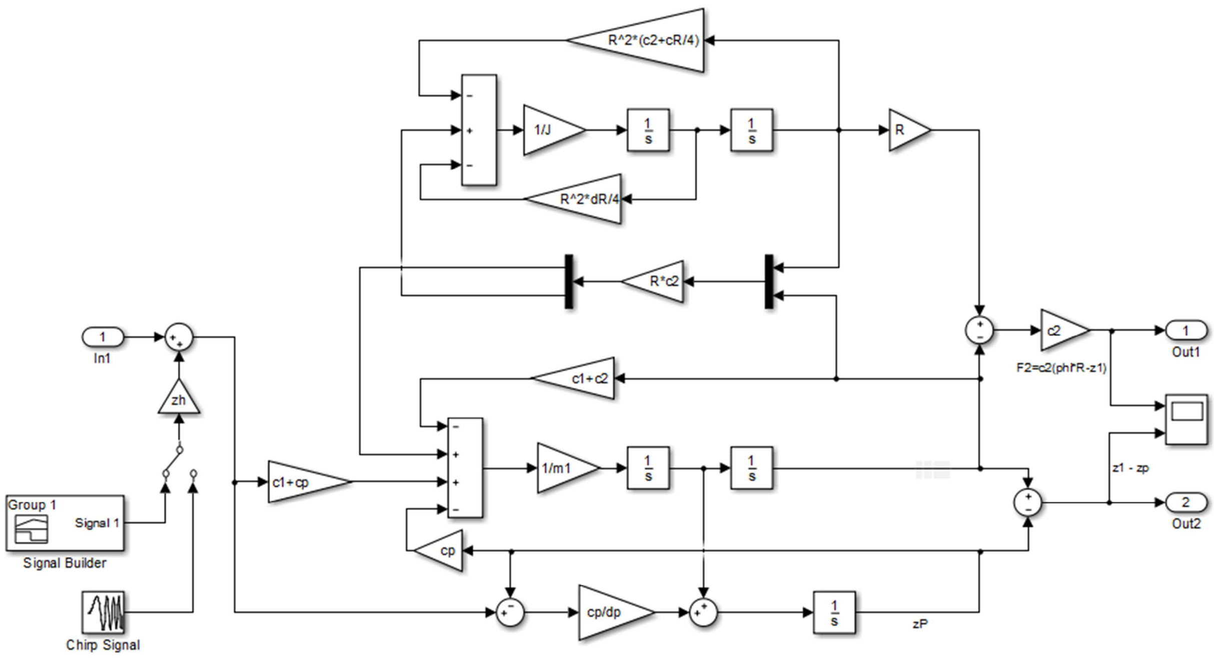
4. Polten Sie die Übertragungsfunktion $\left|\frac{F_2}{z_h}\right|$ und Phasenwinkel bis $f = 20$ Hz in einer Figure (Bodediagramm) mit dem Titel „Übertragungsfunktion“.

5. Speichern Sie m-File und mdl-File mit Ihrem Nachnamen plus Aufgabennummer ab! (Beispiel: wang_mfile.m und wang_modell.mdl)

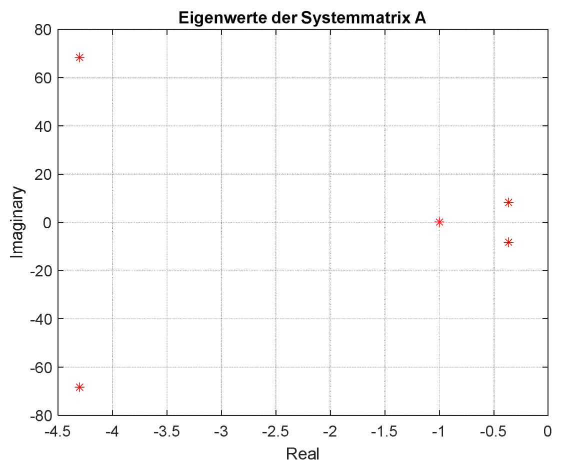
Anmerkung: Senden Sie die Dateien per Email an: xiaofeng.wang@hs-rm.de

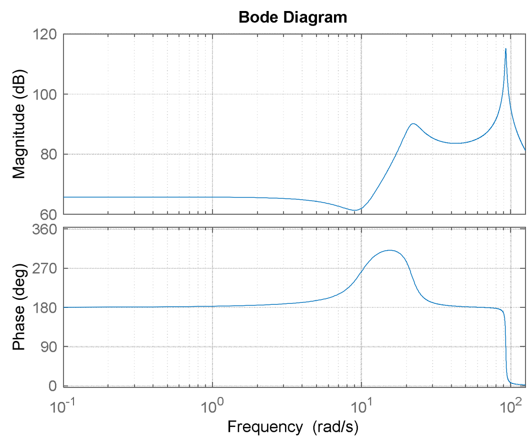
Viel Erfolg!

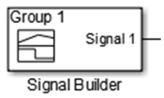
Musterlösung:

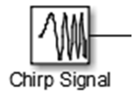


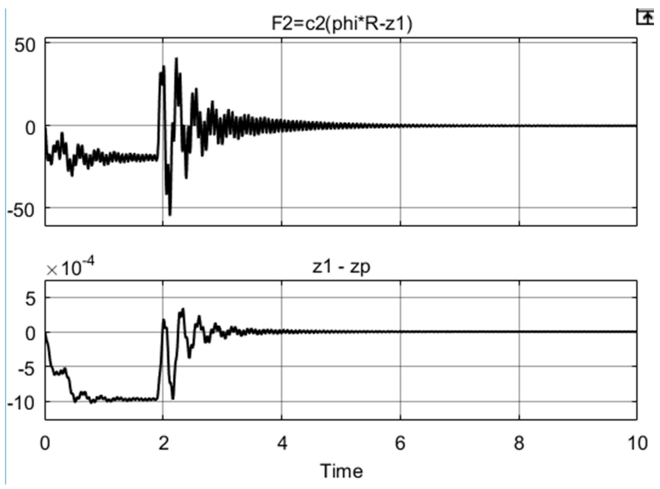
	Eigenwerte =	f_0 (Hz)	f_d (Hz)	ξ (-)
	-7.1314 + 0i (in rad/s)	3.5638	3.4249	0.129
	-2.8002 ± 21.519i	14.7726	14.7721	0.0086
	-0.80074 ± 92.816i			

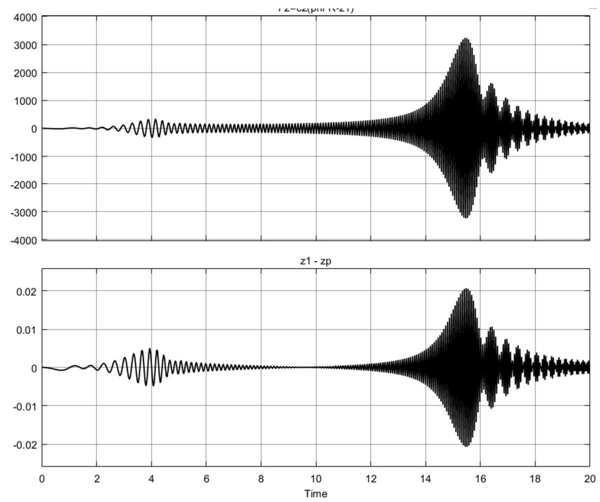













```
Amat= [0 0 1 0 0;
       0 0 0 1 0;
       -(cR*R^2/4+c2*R^2)/J  c2*R/J  -dR*R^2/4/J  0 0
       c2*R/m1 –(c1+c2)/m1 0  0  -cp/m1;
       0 0 0 1 -cp/dp];
Bmat= [0; 0; 0; (c1+cp]/m1; cp/dp];
Cmat= [R*c2 -c2 0 0 0;
       0     1  0 0 -1];
Dmat= [0;0];
```

	Eigenwerte =	f_0 (Hz)	f_d (Hz)	ξ (-)
	-4.303 ± 68.338i	1.3176	1.3163	0.044183
	-0.36577 ± 8.2705i	10.898	10.876	0.062842
	-099586 + 0i (in rad/s)			

```
clear; clc;
mR=50+0*49.0151285813; m1=5+0*5.85075; R=0.2;
J=1/2*mR*R^2;%kg
cR=10*1000; c2=15*1000; c1=20*1000; cp=7*1000;   %N/m
dR=0.5*1000; dp=0.75*1000;%Ns/m
zh=0.01; % m
%A1 simulinkmodell und A4 Eigenwerte:
[A,B,C,D]=linmod('BT_Modell3_WS1819');
Eigenwerte=eigs(A);
Eigenfrqcplx=eigs(A)/(2*pi);
ungedampfq=abs(Eigenfrqcplx);
gedampfq=imag(Eigenfrqcplx);
dampgrad=abs(real(Eigenfrqcplx)./ungedampfq);
%A3: A, B, C, D Matrizen herleiten
Amat= [0 0 1 0 0;
       0 0 0 1 0;
  -(cR*R^2/4+c2*R^2)/J  c2*R/J    -dR*R^2/4/J  0  0 ;
  c2*R/m1             -(c1+c2)/m1   0          0  -cp/m1;
   0                         0       0          1  -cp/dp];
[wn,xin,pn]=damp(Amat);
eigs(Amat)/2/pi
figure(1);
plot(real(pn),imag(pn),'r*'); % Plot real and imag_parts
xlabel('Real'); ylabel('Imaginary');
title('Eigenwerte der Systemmatrix A'); axis([-10 2 -100
100]); grid;
Bmat= [0; 0; 0; (c1+cp)/m1; cp/dp];
Cmat= [ R*c2  -c2 0 0  0;
        0      1  0 0 -1];
Dmat= [0;0];
% A5: Plot der Übertragungsfunktion
[Zaehler,Nenner]=ss2tf(Amat,Bmat,Cmat,Dmat);
fhz=0:0.1:20*2*pi; % input frequenz
figure (3)
bode(Zaehler(1,:),Nenner,fhz);grid; %(1,:)

[Zaehler,Nenner]=ss2tf(A,B,C,D);
bode(Zaehler(1,:),Nenner,fhz);grid;
```