Das dynamische Verhalten des Feder-Masse-Dämpfer-Systems im Bild soll analysiert werden. Die Modellbildung ist auf Basis der Bewegungsgleichungen für m_1

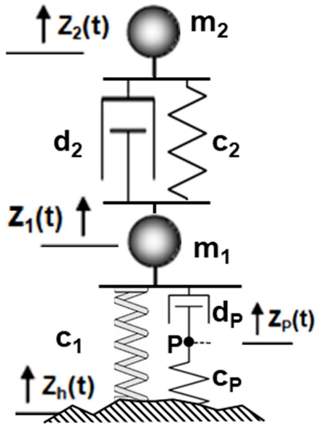
$$m_1 \cdot \ddot{z}_1 + c_2 \cdot (z_1 - z_2) + d_2 \cdot (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + c_1 \cdot (z_1 - z_h) + c_p \cdot (z_p - z_h) = 0 \qquad (1)$$

und für m_2

$$m_2 \cdot \ddot{z}_2 - c_2 \cdot (z_1 - z_2) - d_2 \cdot (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) = 0 \qquad (2)$$

sowie mittels der Kräftebilanz im Punkt P

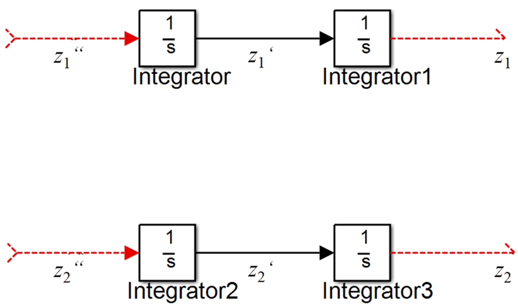
$$d_P \cdot (\dot{z}_p - \dot{z}_1) + c_p \cdot (z_p - z_h) = 0 \qquad (3)$$ möglich.



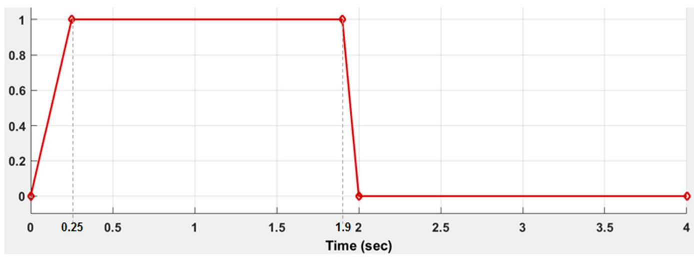
m_1	= 30	kg	Masse
m_2	= 250	kg	Masse
c_1	= 120	N/mm	Federrate
c_2	= 20	N/mm	Federrate
c_P	= 0,5	N/mm	Federrate
d_2	= 0,25	Ns/mm	Dämpfungskonstante
d_P	= 0,5	Ns/mm	Dämpfungskonstante
z_h	= 10	cm	Amplitude

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

   Zustandsgrößen: $\begin{bmatrix} z_1 & z_2 & \dot{z}_1 & \dot{z}_2 & z_P \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \end{bmatrix}^T$

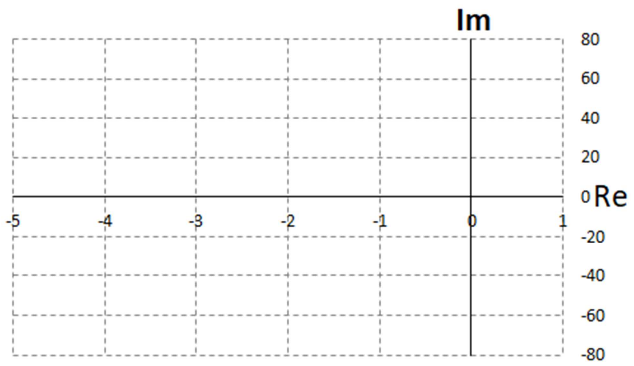
$$A = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\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

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

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

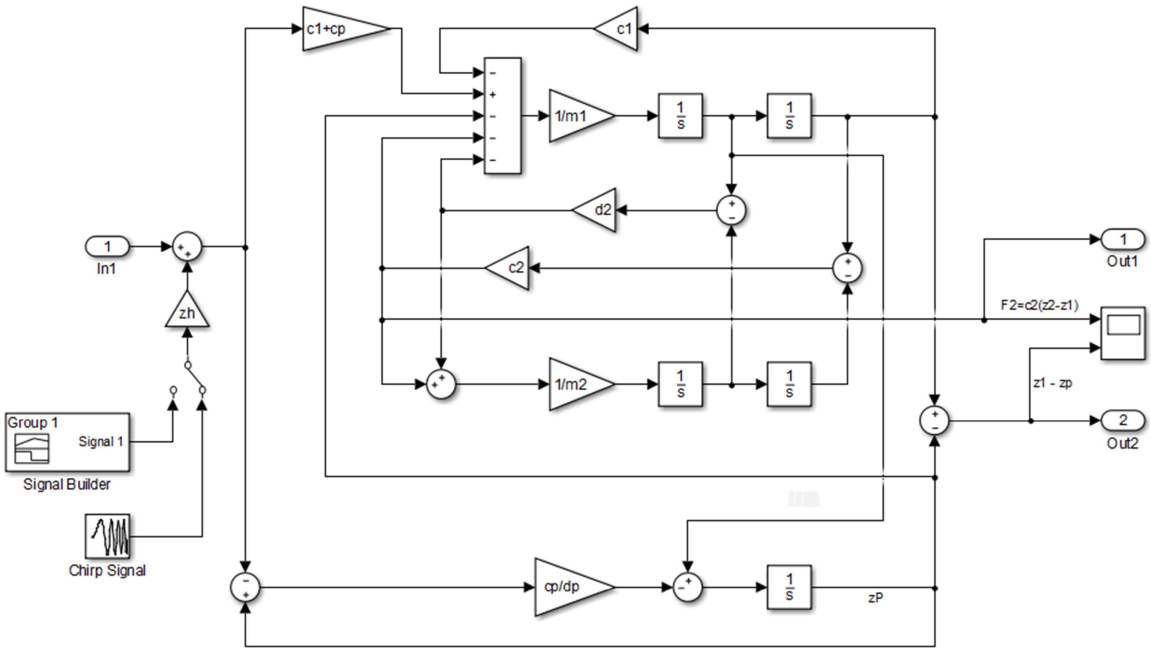
4. Polten Sie die Übertragungsfunktion $\left|\frac{F_2}{z_h}\right|$ und Phasenwinkel bis $f = 20$ Hz in einer Figure (Bodediagramm) mit dem Titel „Übertragungsfunktion".

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

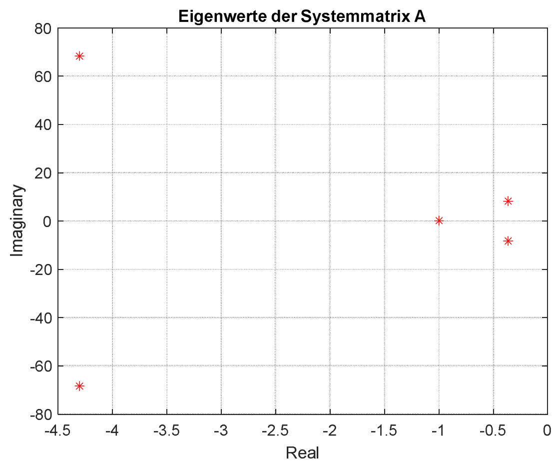
   Anmerkung: Senden Sie die Dateien per Email an: xiaofeng.wang@hs-rm.de

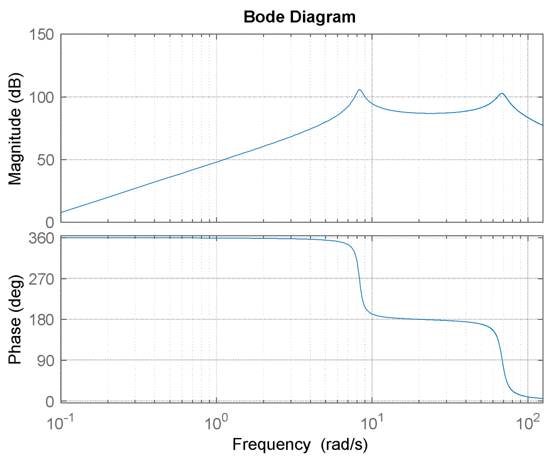
   Viel Erfolg!

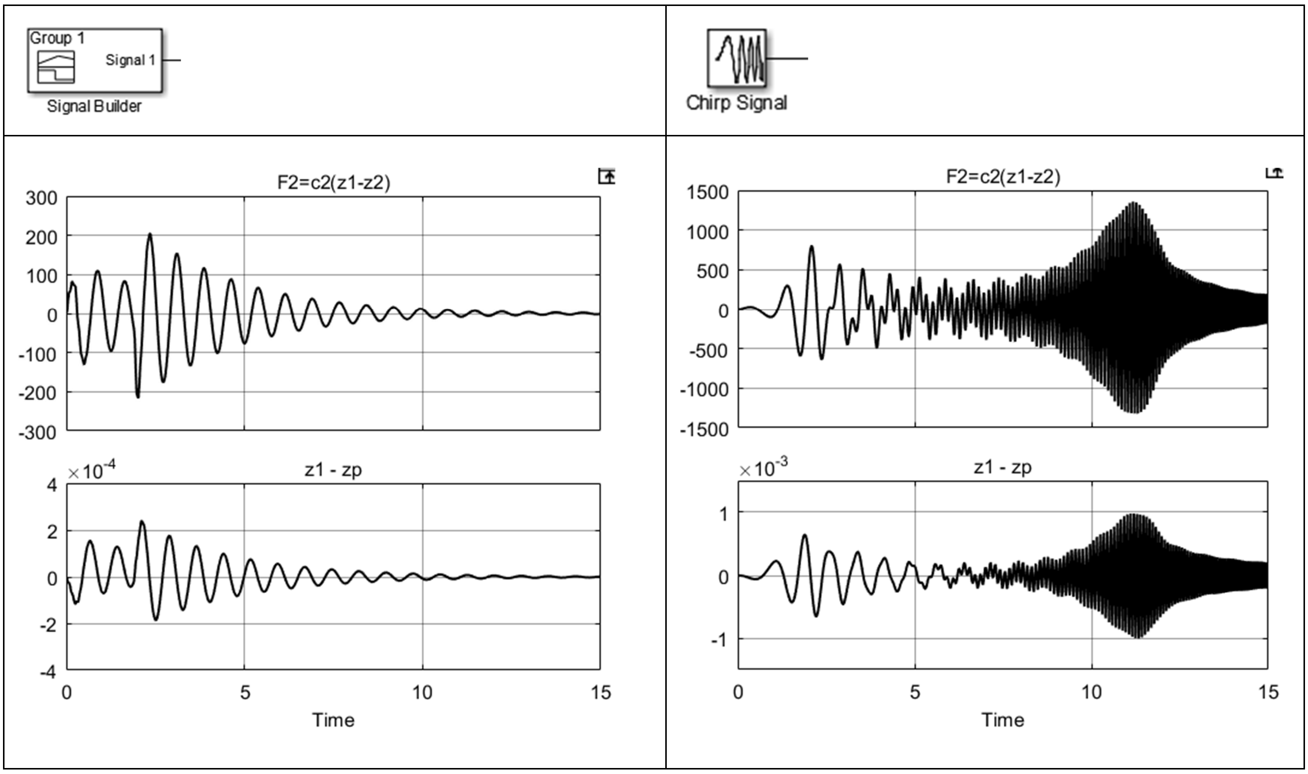
Musterlösung:



	Eigenwerte = -4.3016 ± 68.216i -0.3650 ± 8.2681i -1.0000 + 0i (in rad/s)	f_0 (Hz) 1.3172 10.88785	f_d (Hz) 1.3159 10.8569	ξ(-) 0.0441 0.0629








```
Amat= [0 0 1 0 0;
       0 0 0 1 0;
       -(c1+c2)/m1 c2/m1 -d2/m1 d2/m1 -cp/m1
       c2/m2 -c2/m2 d2/m2 -d2/m2 0;
       0 0 1 0 -cp/dp];
Bmat= [0; 0; (c1+cp)/m1; 0; cp/dp];
Cmat= [c2 -c2 0 0 0;
       1   0  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;
m1=30; m2=250;  %kg
c1=120*1000; c2=20*1000; cp=0.5*1000;   %N/m
d2=0.25*1000; dp= 0.5*1000;    %Ns/m
zh=0.01; % m
%A1 simulinkmodell und A4 Eigenwerte:
[A,B,C,D]=linmod('BT_Modell_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;
       -(c1+c2)/m1 c2/m1 -d2/m1 d2/m1 -cp/m1;
        c2/m2 -c2/m2 d2/m2 -d2/m2 0;
        0 0 1  0 -cp/dp];
[Wn,xin,pn]=damp(Amat);
 %Wn/2/pi
 figure(1);
 plot(real(pn),imag(pn),'r*') % Plot real and imag_parts
 xlabel('Real'); ylabel('Imaginary'); grid;
 title('Eigenwerte der Systemmatrix A');
%
Bmat= [0; 0; (c1+cp)/m1; 0; cp/dp];
Cmat= [c2  -c2 0 0 0;
        1   0  0 0 -1];
Dmat= [0;0];
figure (2)
step(ss(Amat,Bmat,Cmat,Dmat));grid;
axis([0 8 -0.04 0.04]);
% 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; % Bode Diagramm
```