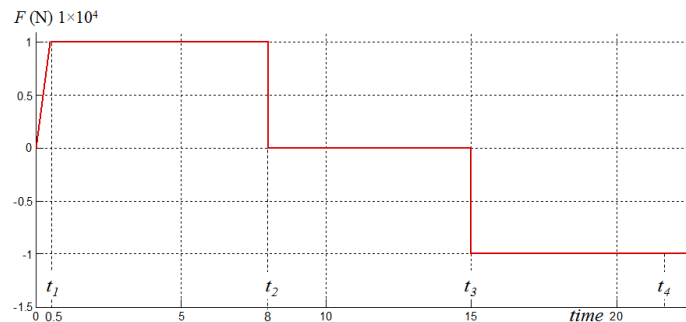


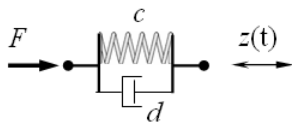


Übung 6 – Modellbildung

1. Ein $m = 1250$ kg Fahrzeug wird wie im $F(t) - t$ Diagramm dargestellte Kraft angetrieben.

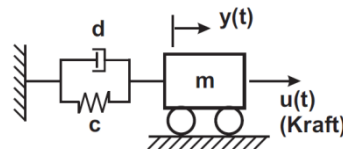


- Erstellen Sie ein SIMULINK Modell, Simulieren Sie die Beschleunigung $a(t)$, Geschwindigkeit $v(t)$, Weg $x(t)$ und $x-v$ Trajektorie Diagramm.
 - Berechnen Sie die gesamt zurückgelegte Zeit t_4 zum Stillstand und Strecke $x_4(t)$.
2. Ein Kelvin-Voigt-Modell mit $c = 100$ N/mm, $d = 6$ Ns/mm werde durch $z(t) = 1 \sin(2\pi t)$ angeregt, die folgende Aufgabe werden simuliert:

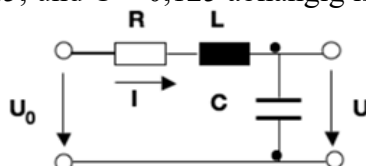


- Zeitverlauf der $z(t)$ und $F(t)$.
- Hysteresis-Diagramm F vs. z
- Dynamische Steifigkeit & Verlustwinkel abhängig von Frequenz (Hz). (using MATLAB m-file)

3. Betrachten Sie das Feder-Masse-Dämpfer System,
Die Parameter lauten: , $m = 100$ kg , $c = 100$ N/mm , $d = 200$ Ns/m, $u(t) = U_0 \sin(\omega t)$
 $U_0 = 1500$ N, $\omega = 6\pi$, Die Anfangsbedingungen: $y(0) = 0,1$ m , $y'(0) = -0,2$ m/s



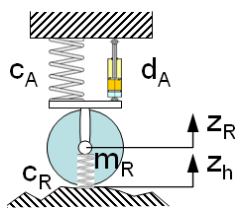
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung des Systems auf, berechnen Sie die ungedämpfte Eigenkreisfrequenz ω_0 und Dämpfungsgrad ξ .
 - Erstellen Sie ein SIMULINK Modell, Simulieren Sie den Zeitverlauf $y(t)$ der homogenen Gleichung mit Anfangsbedingungen und $y-y'$ Trajektorie Diagramm mit $\xi < 0$, $\xi = 0$ und $0 < \xi < 1$.
 - Simulieren Sie den Zeitverlauf $y(t)$ der inhomogenen Gleichung mit Anfangsbedingungen, Zurzeit $t = 0$ werde das System durch die Kraft $u(t)$ angeregt.
 - Erzeugen Sie eine Graphik der FFT abhängig von Frequenz (Hz).
 - Konvertieren Sie das SIMULINK Modell zu A, B, C, und D Matrizen und berechnen Sie die gedämpfte und ungedämpfte Eigenfrequenz (Hz), sowie Dämpfungsgrad ξ .
 - Erzeugen Sie eine Graphik der Übertragungsfunktion $G(f)$ abhängig von Frequenz (Hz).
4. Nachstehend ist der Schaltplan und Differentialgleichung eines RLC- Gliedes abgebildet.
- Simulieren Sie den Zeitverlauf $U(t)$ mit einer sprungförmigen Spannung $u(t) = 10$ Volt.
 - Erzeugen Sie eine M- Datei, die den Zeitverlauf, der von den Parameter $C = 0,5F$, $C = 0,25$; und $C = 0,125$ abhängig ist, simuliert.



$$LC \cdot \ddot{U}(t) + RC \cdot \dot{U}(t) + U(t) = U_0(t)$$

$$R = 1 \text{ W}; L = 1 \text{ H}; C = 0,25F$$

5. Das Bild zeigt eines Rad Modell mit Radaufhängung.



DGL:

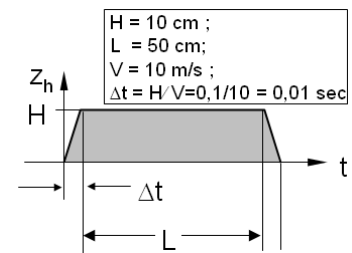
$$m_R \cdot \ddot{z}_R + d_A \cdot \dot{z}_R + (c_A + c_R) \cdot z_R = c_R \cdot z_h$$

$$m_R = 31 \text{ kg}$$

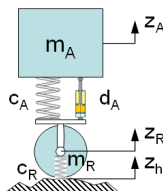
$$c_A = 20,2 \text{ N/mm}$$

$$c_R = 128 \text{ N/mm}$$

$$d_A = 1,0 \text{ Ns/mm}$$



- Berechnen die ungedämpfte und gedämpfte Eigenfrequenz des Rades f_R , f_{Rd} . Schreiben Sie die Zustandsmatrizen A, B, C und D.
 - Erstellen ein SIMULINK Modell, Simulation die Antworten des Radweges, der Radgeschwindigkeit und Radbeschleunigung für gegebene Straße.
 - Plottern Sie die Übertragungsfunktionen: $G(f)=Z_R/Z_h$, $G(f)=\dot{Z}_R/Z_h$ und $G(f)=\ddot{Z}_R/Z_h$
6. Das skizzierte Viertelfahrzeugmodell bewegt sich über eine unebene Fahrbahn.



DGL:

$$m_A \cdot \ddot{z}_A = -d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R) - c_A(z_A - z_R)$$

$$m_R \cdot \ddot{z}_R = d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R) + c_A(z_A - z_R) + c_R(z_h - z_R)$$

$$m_A = 256 \text{ kg}$$

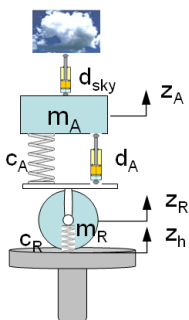
$$m_R = 31 \text{ kg}$$

$$c_A = 20,2 \text{ N/mm}$$

$$c_R = 128 \text{ N/mm}$$

$$d_A = 0,4 \text{ Ns/mm}$$

- Erstellen Sie ein SIMULINK Modell, Ausgänge: der relative Weg zwischen Aufbau und Rad, und die Aufbaubeschleunigung. Straßenprofil:
 - Signal Builder wie Ü6.5.
 - Chrip Signal: Initial frequency (Hz), 0.01; Target time (secs), 20; Frequency at target time (Hz), 20
 - Berechnen Sie die ungedämpfte und gedämpfte Eigenfrequenz des Rades f_R , f_{Rd} .
 - Plottern Sie die Übertragungsfunktionen: $G(f)=Z_R/Z_h$, $G(f)=\dot{Z}_R/Z_h$ und $G(f)=\ddot{Z}_R/Z_h$
 - Stellen Sie die Bewegungsgleichungen in die 1. DGL Form der Zustandsraumgleichung um, mit dieser Gleichung erstellen Sie ein Simulink-Modell. Vergleichen Sie die Ergebnisse vom a) erzeugten Modell. Plottern Sie die nyquist-Diagramme der Übertragungsfunktionen: $G(f)=DZ_R/Z_h$ und $G(f)=Z'^*_R/Z_h$
7. Das Viertelfahrzeugmodell mit Skyhook Controller bewegt sich über ein Stempel eines Straßensimulators:



DGL:

$$m_A \cdot \ddot{z}_A = -F_d - c_A(z_A - z_R)$$

$$m_R \cdot \ddot{z}_R = F_d + c_A(z_A - z_R) + c_R(z_h - z_R)$$

$$F_d = d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R) + d_{sky}\dot{z}_A$$

$$F_d = d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R)$$

$$m_A = 256 \text{ kg}$$

$$m_R = 31 \text{ kg}$$

$$c_A = 20,2 \text{ N/mm}$$

$$c_R = 128 \text{ N/mm}$$

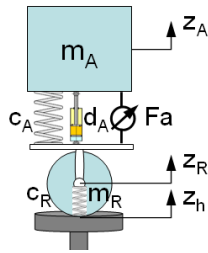
$$d_A = 0,4 \text{ Ns/mm}$$

$$d_{sky} = 4d_A$$

- Erstellen Sie ein SIMULINK Modell, Ausgänge: der relative Weg zwischen Aufbau und Rad, und die Aufbaubeschleunigung. Straßenprofil (I). Signal Builder und (II) Chrip Signal wie Ü6-6.
- Vergleichen Sie die Ergebnisse der Aufbaubeschleunigung $|z''_A|$ im Frequenzbereich (Hz) des konventionalen und Skyhook- Dämpfers. (Bearbeitung in m.file)



8. Das Viertelfahrzeugmodell mit PID Controller bewegt sich über ein Stempel eines Straßensimulators:



DGL:

$$m_A \cdot \ddot{z}_A = -d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R) - c_A(z_A - z_R) + F_a$$

$$m_R \cdot \ddot{z}_R = d_A(\dot{z}_A - \dot{z}_R) + c_A(z_A - z_R) + c_R(z_h - z_R) - F_a$$

$m_A = 256 \text{ kg}$	$c_R = 128 \text{ N/mm}$	$K_d = 7429,5;$
$m_R = 31 \text{ kg}$	$d_A = 0,4 \text{ Ns/mm}$	$K_p = 29717,8;$
$c_A = 20,2 \text{ N/mm}$	$Z_h = 0.1; \text{ m}$	$K_i = 22288,4$

Erstellen Sie ein SIMULINK Modell mit Subsystem, Ausgänge: der relative Weg zwischen Aufbau und Rad, und Kontrolle Kraft F_a . Straßenprofil (I). Signal Builder und (II) Chrip Signal wie Ü6-7.

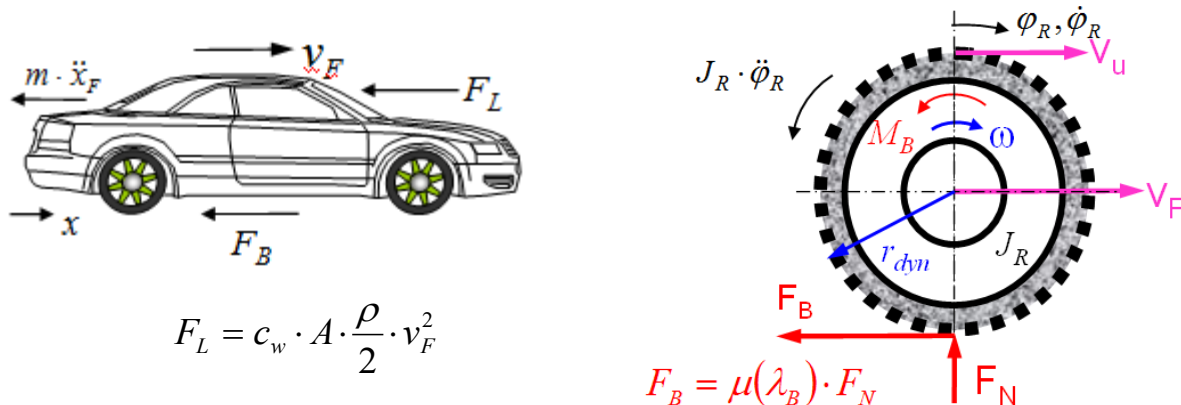
Simulieren Sie das Modell 5 s mit open /closed loop für Straßenprofil (I),

Simulieren Sie das Modell 30 s mit open /closed loop für Straßenprofil (II),

- Fixed-step size 1/128

9. Simulation des Bremsvorgangs ohne / mit ABS.

Abb. zeigt ein Auto, dass aus der Geschwindigkeit v_F durch einen Bremsvorgang bis zum Stillstand abgebremst wird. Im Latsch (Reifenauflandsfläche) der Vorderreifen wirkt die Reibungskraft $F_{B,V}$, an den Hinterrädern wirkt die Reibungskraft $F_{B,H}$. $F_{B,H}$ ist infolge des Nickmomentes, das durch die Verzögerung entsteht, kleiner als $F_{B,V}$. Das Bremsmoment wird über die Bremsscheiben eingeleitet und bewirkt eine Verzögerung der Winkelgeschwindigkeit der Räder. Dadurch entsteht im Latsch ein Schlupf und damit eine vom Schlupf abhängige Reibungskraft, die für die Fahrzeugverzögerung verantwortlich ist.



Systemgleichungen:

1. Das Momentengleichgewicht um den Radmittelpunkt

$$F_B \cdot r_{dyn} - M_B - J_R \cdot \ddot{\varphi}_R = 0$$

2. Der Schlupf:

$$\lambda_B = \frac{v_F - v_u}{v_F} = \frac{v_F - r_{dyn} \cdot \omega}{v_F}$$

3. Die Reibungskoeffizient einer trockenen Asphaltstraße:

$$\mu(\lambda_B) = c_1 \cdot (1 - e^{-c_2 \cdot \lambda_B}) - c_3 \cdot \lambda_B$$

4. Das Kräftegleichgewicht auf das PKW:

$$F_B + F_L + m \cdot \ddot{x}_F = 0$$

5. Das Bremsdrehmoment:

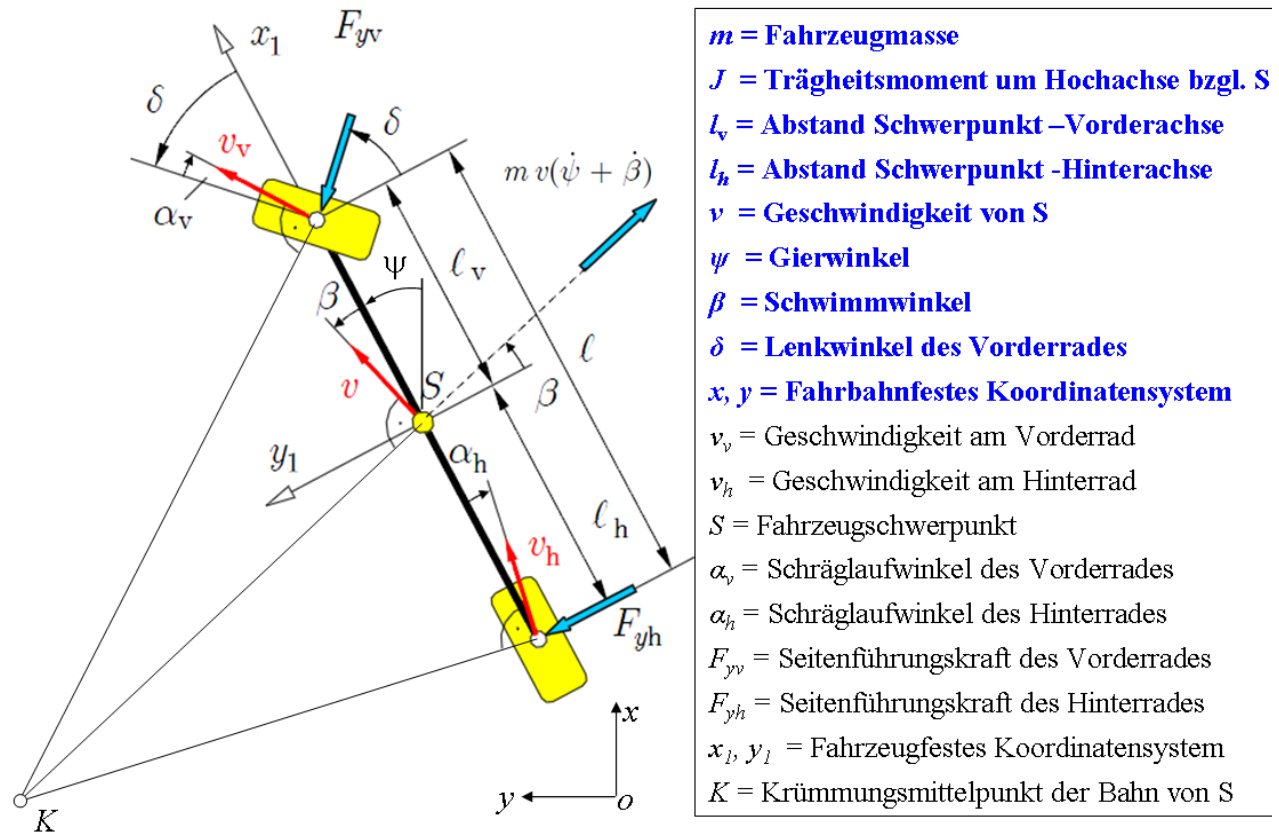
$$M_B = k_B \cdot p_B$$

v_0 = Anfangsgeschwindigkeit	100 km/h	g = Erdbeschleunigung	9,81 m/s ²
J_R = Massenträgheitsmoment Rad	0,8 kg m ²	F_N = Normalkraft	1,5 × mg kg
r_{dyn} = Radhalbmesser	0,3 m	$dpdt$ = Hauptzylinderdruckänderung	150 bar/s
c_w = Luftwiderstandsbeiwert	0,3 [-]	k_B = Druckkonstante	42,8 Nm/bar
A = Stirnfläche	2 m ²	$c_1 / c_2 / c_3$ = Reibbeiwert	0,86/33,82/0,36
ρ = Luftdichte	1,2 kg/m ³	F_L = Luftwiderstandskraft	
m = Fahrzeugmasse	1500 kg	F_B = Bremskraft aller vier Räder	
v_{min} = min. Fzg-Geschwindigkeit	0,001 m/s	T_B = Verzögerungszeit	
Anfangsbedingungen:	$v_F(0) = v_u(0)$	d.h. $\omega(0) = \dot{\varphi}(0) = v_u(0) / r_{dyn}$	

- a) Eingabe in m-file. Erstellen Sie nach den Systemgleichungen ein Simulink-Modell.
- b) Die Fzg-Geschwindigkeit v_F , Radumfanggeschwindigkeit v_u , der Anhaltweg x_F und Radschlupf λ_B werden in Scopes dargestellt. Simulationszeit 4 sec.



10. Das Einspurmodell ist ein vereinfachtes Modell zur Beschreibung des Lenkverhaltens, beschreibt die Reaktionen von Fahrzeugen auf Lenkbewegungen.



Systemgleichungen:

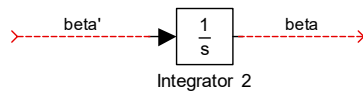
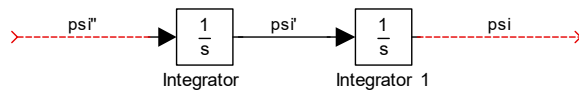
$$J \ddot{\psi} + \frac{(c_v l_v^2 + c_h l_h^2)}{v} \dot{\psi} + (c_v l_v - c_h l_h) \beta = c_v l_v \delta$$

$$m v \dot{\beta} + \frac{(m v^2 + c_v l_v - c_h l_h)}{v} \dot{\psi} + (c_v + c_h) \beta = c_v \delta$$

m	1870	kg	
J	3000	Kg m ²	
l_v	1,27	m	
l_h	1,65	m	
c_v	70000	N/rad	Seitenführungskraft-Beiwert vorne
c_h	70000	N/rad	Seitenführungskraft-Beiwert hinten
v	130	km/h	



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

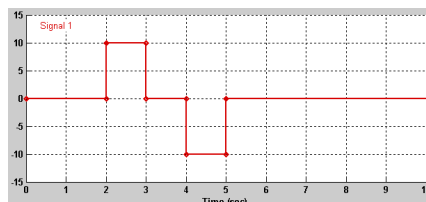


- a1) Wählen Sie den Lenkwinkel des Vorderrades δ als Systemeingang, simulieren Sie die Giergeschwindigkeit ψ' und den Gierwinkel ψ und Schwimmwinkel β . Simulation time 10 s.

Eingangsfunktion $\delta(t)$: Ausgang: ψ' (Rad/s)
 $t = 0, \delta = 0$; $t \geq 0,05, \delta = 10^\circ$ Scope: $\delta(t)$ ψ' (Rad/s) ψ (grad) β (grad)
Scopedaten in workspace abspeichern.

- a2) Es sollen nun ein Spurwechsel simuliert werden.

Eingangsfunktion: $\delta(t)$



Ploten Sie die Spur im fahrbahnfesten Koord.sys.:

Hinweis:

Die Geschwindigkeit des Schwerpunkts im fahrbahnfesten Koordinatensystem lauten:

$$\dot{x} = v \cos(\psi + \beta)$$

$$\dot{y} = v \sin(\psi + \beta)$$

- b) Leiten Sie anhand der Systemgleichungen einen formelmäßigen Ausdruck in A, B, C, D Matrizen her. (gemessene Größe: Giergeschwindigkeit ψ'), berechnen Sie folgende Aufgabe in m-file:

$$A = \begin{bmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \quad \\ \quad \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} \quad \end{bmatrix}$$

$$D = [0]$$

b1) komplexe Eigenwerte

_____.

b2) ungedämpfte Eigenfrequenzen (Hz)

_____.

b3) gedämpfte Eigenfrequenzen (Hz)

_____.

b4) Dämpfungsgrad

_____.

b5) Ploten Sie die Übertragungsfunktion $\left| \frac{\psi'}{\delta} \right|$ und Phasenwinkel bis 10 rad/s in einer

Figure (Bodediagramm) mit dem Titel „Giergeschwindigkeit“.