TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme – Institut für Mechanik

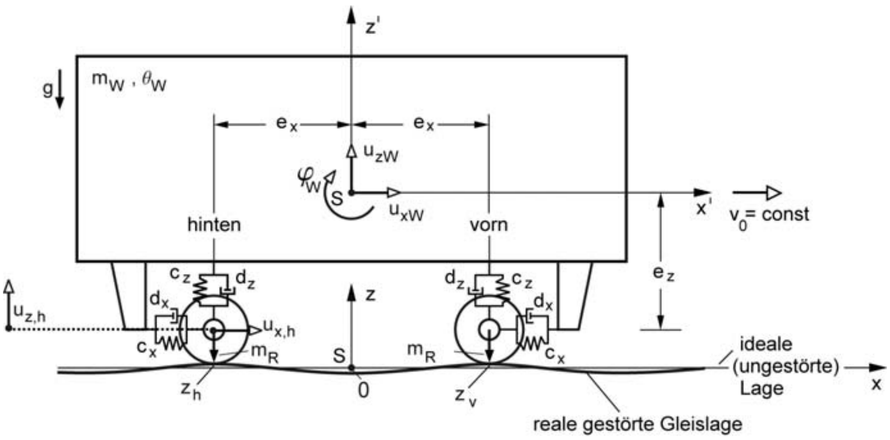
FG Systemdynamik
und Reibungsphysik

Dipl.-Ing. Birthe Grzemba
www.reibungsphysik.tu-berlin.de

Dynamik von Schienenfahrzeugen

Hausaufgabe 2: Dynamik von Mehrkörpersystemen

2D-Modell eines Wagenkastens mit 5 Freiheitsgraden



1. Welche 5 Freiheitsgrade hat das System? Wie sind die anderen gebunden?

2. Finden Sie die Lagrangefunktion für das System. Vernachlässigen Sie zunächst Dämpfungsterme.
   $z_h(t)$, $z_v(t)$ sind äußere Anregungen des Systems. Der Winkel φ_W kann als klein angesehen werden.

3. Bringen Sie die Lagrangeschen Gleichungen in die Form $\underset{\sim}{M} \cdot \underline{\ddot{q}} + \underset{\sim}{K} \cdot \underline{q} = \underline{f}$ und erweitern Sie sie um die passenden Dämpfungsterme. Hier ist zu jeder Feder ein linearer Dämpfer parallel geschaltet, daher kann man die Dämpfungsterme sofort hinschreiben, ohne zu rechnen.

Ab hier als Hausaufgabe:

4. Bringen Sie nun das System 2.Ordnung für 5 Freiheitsgrade in die Form $\underset{\sim}{A} \cdot \underline{\dot{y}} + \underset{\sim}{B} \cdot \underline{y} = \underline{f}$ (System 1. Ordnung), wobei $\underline{y} = \begin{pmatrix} \underline{v} \\ \underline{q} \end{pmatrix}$ mit $\underline{v} = \underline{\dot{q}}$ nun 10 Variablen enthält.

5. Rechnen Sie nun ohne Dämpfung und ohne äußere Anregungen und Kräfte weiter. Zeigen Sie, dass man mit Hilfe des Ansatzes $\underline{y} = \underline{\hat{y}}_0 e^{\lambda t}$ und $\underset{\sim}{C} = -\underset{\sim}{A}^{-1} \cdot \underset{\sim}{B}$ zur Eigenwertgleichung $\left(\lambda \underset{\sim}{I} - \underset{\sim}{C}\right) \cdot \underline{\hat{y}}_0 = \underline{0}$ kommt. Finden Sie die Eigenwerte und Eigenvektoren mit einem Programm Ihrer Wahl (MatLab, Mathematica, Octave, Maple etc.) und bestimmen Sie damit die Eigenfrequenzen und Eigenmoden für die fünf Freiheitsgrade $u_{xW}, u_{zW}, \varphi_W, u_{xh}, u_{xv}$. Benutzen Sie dazu folgende exemplarische Zahlenwerte:
   $m_W = 32 \cdot 10^3\,\text{kg},\ \theta_W = 2 \cdot 10^6\,\text{kgm}^2$
   $m_R = 3000\,\text{kg},\ \theta_R = 224\,\text{kgm}^2$
   $r_0 = 0{,}46\,\text{m},\ e_x = 13{,}2\,\text{m},\ e_z = 2\,\text{m}$
   $c_x = 320 \cdot 10^3\,\text{N/m},\ c_z = 860 \cdot 10^3\,\text{N/m}$

6. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen aus der Tabelle 4.3, Seite 102 im Buch „Schienenfahrzeugdynamik“ (Knothe / Stichel) und identifizieren Sie die einzelnen Eigenmoden.

7. Was ändert sich für $e_z = 0$?

Hinweis: Die Eigenvektoren sind komplex und haben Betrag und Phase. Der Wert der einzelnen Einträge bestimmt sich aus dem Betrag, ihr Vorzeichen aus der Phase.

Abgabe bitte in der Übung am 12.05. (in zwei Wochen), gemeinsame Abgaben maximal zu dritt.