



Lehrplananbindung: 10.2 Die Mechanik Newtons – Impulserhaltung

Kompetenzen: Neben den Fachkenntnissen liegt der Schwerpunkt bei

Erkenntnisgewinnung	<i>Fachmethoden wiedergeben</i>	Fachmethoden nutzen	Fachmethoden problembez. auswählen u. anwenden
Kommunikation	<i>mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i>	<i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i>	<i>Darstellungsformen selbständig auswählen u. nutzen</i>
Bewertung	<i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i>	<i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren</i>	Eigene Bewertungen vornehmen

Aufgabenbeispiel: Auffahrunfall und Schleudertrauma

Fährt ein LKW der Masse $M = 8,8 \text{ t}$ auf einen stehenden PKW auf, treten erhebliche Beschleunigungen und in deren Folge entsprechend große Kräfte auf. Um diese Kräfte abzuschätzen, soll angenommen werden, dass der PKW eine Masse von $m = 1,2 \text{ t}$ hat und der LKW mit einer vergleichsweise geringen Geschwindigkeit von 36 km/h in der PKW fährt.

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der beiden ineinander verkeilten Fahrzeuge v_{nach} unmittelbar nach dem Zusammenprall sowie den „Energieverlust“. Wo steckt die „verlorene“ Energie.
- Das Heck des PKW wird beim Aufprall zusammengequetscht und gleichzeitig wird der Wagen nach vorne geschoben, sodass der Fahrer während einer Zeitspanne von $0,06 \text{ s}$ auf die Geschwindigkeit v_{nach} beschleunigt wird. Berechnen Sie damit die (als konstant angenommene) Beschleunigung des PKW-Fahrers und die Strecke die der Fahrer während der Beschleunigungsphase zurücklegt. Vergleichen Sie die Beschleunigung des PKW-Fahrers mit der des LKW-Fahrers.
- Bestimmen Sie die Kraft, mit der ein PKW-Insasse seinen Kopf entgegen der Trägheitskraft halten müsste, wenn er keine Nackenstütze zur Verfügung hätte. Modellieren Sie dazu den Kopf als einen mit Wasser gefüllten Ball mit $0,2 \text{ dm}$ Durchmesser. Vergleichen Sie diese Kraft mit der Gewichtskraft auf den Ball. Begründen Sie, warum Kopfstützen ein wichtiges Sicherheitsmerkmal darstellen, die vor Verletzungen im Nackenbereich bei Auffahrunfällen schützen.

Lösungen:

$$a) \quad Mv_{\text{vor}} = (M + m)v_{\text{nach}} \rightarrow v_{\text{nach}} = 8,8 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{kin,vor}} = \frac{M}{2}v_{\text{vor}}^2 = 0,44 \text{ MJ} \quad E_{\text{kin,nach}} = \frac{M+m}{2}v_{\text{nach}}^2 = 0,39 \text{ MJ} \quad \Delta E = 53 \text{ kJ}$$

Beim Aufprall wird ein Teil der ursprünglich vorhandenen kinetischen Energie in innere Energie umgewandelt.

b) *Der PKW wird in $0,06 \text{ s}$ von 0 auf $8,8 \text{ m/s}$ beschleunigt. Die Beschleunigung des PKW-Fahrers ist demnach $a_{\text{PKW}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{8,8 \text{ ms}^{-1}}{0,06 \text{ s}} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-2}$. Er legt dabei etwa die*

$$\text{Strecke } s_{\text{PKW}} = \bar{v} \cdot \Delta t = 4,4 \text{ ms}^{-1} \cdot 0,06 \text{ s} = 26 \text{ cm} \text{ zurück.}$$

Der LKW wird in 0,06 s von 10 m/s auf 8,8 m/s abgebremst. Die Beschleunigung des LKW-Fahrers ist demnach $a_{\text{LKW}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,2 \text{ ms}^{-1}}{0,06 \text{ s}} = 20 \text{ ms}^{-2}$, 7,5 Mal weniger als die Beschleunigung des PKW-Fahrers.

c) $1l \hat{=} 1 \text{ kg} \rightarrow m = 4 \text{ kg}$, $F = m \cdot a = 0,6 \text{ kN}$, $F_g = m \cdot g \approx 40 \text{ N}$

Kurzeitig wirkt auf den Kopf eine Kraft von etwa 0,6 kN, in der der Körper des Fahrers durch den Fahrersitz etwa 26 cm nach vorne bewegt wird. Derartige, plötzlich auftretende Kräfte können durch die Nackenmuskeln i. d. R. nicht aufgefangen werden, was zu den typischen Muskel- und Wirbelsäulenverletzungen führt (Schleudertrauma). Bei Vorhandensein von Nackenstützen werden diese Kräfte durch einen (gepolsterten) Aufprall abgefangen, die Muskulatur wird geschont.