


**Impuls – Kraft – Energie
 Übungsaufgaben**

1 Ein Pkw mit der Masse $m = 1350 \text{ kg}$ fährt mit der Geschwindigkeit $v = 108 \text{ km/h}$. Wie groß ist der Impuls p (die Bewegungsgröße) des Fahrzeugs?


$p = m \cdot v$ $= 1350 \text{ kg} \cdot \frac{108 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$ $= 1350 \text{ kg} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $= \underline{\underline{40500 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}}$	<p>Anmerkung: Umrechnung einer in km/h gegebenen Geschwindigkeit in m/s:</p> $\{v\} \frac{\text{km}}{\text{h}} = \{v\} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$ $= \{v\} \cdot \frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$ $= \frac{\{v\} \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$
---	--

2 Wie schnell müsste ein Mensch ($m = 75 \text{ kg}$) laufen, wenn er den gleichen Impuls haben wollte wie der Pkw in Aufg. 1?



$p_{\text{Mensch}} = p_{\text{Pkw}}$ $m_{\text{Mensch}} \cdot v_{\text{Mensch}} = m_{\text{Pkw}} \cdot v_{\text{Pkw}}$ $v_{\text{Mensch}} = \frac{m_{\text{Pkw}} \cdot v_{\text{Pkw}}}{m_{\text{Mensch}}} = \frac{1350 \text{ kg} \cdot 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{75 \text{ kg}}$ $= \underline{\underline{540 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>In 1 Sekunde fast 1 1/2 mal um den Sportplatz! 108 km/h bei Nebel oder Regen - wer ist bereit, mit 540 m/s gegen eine Mauer laufen? Das tut weh.</p> </div>
---	--

3 Berechnen Sie den Impuls für ein
 3.1 Flugzeug, $m = 900 \text{ t}$, $v = 860 \text{ km/h}$ und
 3.2 Schiff, $L = 200 \text{ m}$, $B = 22 \text{ m}$, $T = 10,50$, $\delta = 0,92$,
 $\rho_{\text{Seewasser}} = 1,025 \text{ t/m}^3$, $v = 18 \text{ kn}$.



<p>3.1 Flugzeug</p> $p = m \cdot v$ $= 900000 \text{ kg} \cdot \frac{860 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$ $= 1350 \text{ kg} \cdot 238,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $= \underline{\underline{215.000.000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}}$	<p>Hinweis zu 3.1: Masseneinheit: $1 \text{ t} = 1 \text{ 000 kg}$</p>
---	---

3.2 Schiff

Lösungshinweis/e: Archimedisches Prinzip:

Das **Archimedische Prinzip** wurde vor über 2000 Jahren vom altgriechischen Gelehrten **Archimedes** entdeckt. Es lautet: die **Auftriebskraft** eines Körpers in einem Medium ist genau so groß wie die **Gewichtskraft** des vom Körper verdrängten Mediums. Daraus folgt für einen schwimmenden Körper (Schiff): Die Gewichtskraft des Schiffes ist gleich der Gewichtskraft des vom Schiff verdrängten Wassers.

1. Schritt:

Masse des Schiffes

$$\begin{aligned}
 F_{g_Schiff} &= F_{g_Wasser_Verdrängt} \\
 m_{Schiff} \cdot g &= m_{Wasser_Verdrängt} \cdot g \\
 m_{Schiff} &= m_{Wasser_verdrängt} \\
 &= V_{Wasser_verdrängt} \cdot \rho_{Seewasser} \\
 &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho_{Seewasser} \\
 &= 200 \text{ m} \cdot 22 \text{ m} \cdot 10,50 \text{ m} \cdot 0,92 \cdot 1,025 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \\
 &= 46200 \text{ m}^3 \cdot 0,92 \cdot 1,025 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \\
 &= 42504 \text{ m}^3 \cdot 1,025 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \\
 &= \underline{\underline{43566,6 \text{ t}}}
 \end{aligned}$$

2. Schritt

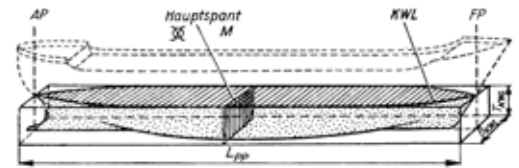
Umrechnung kn in m/s

$$\begin{aligned}
 \{v\} \text{ kn} &= \{v\} \cdot \frac{\text{sm}}{\text{h}} = \{v\} \cdot \frac{1852 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \{v\} \cdot 0,514 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 18 \text{ kn} &= 18 \cdot 0,514 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 9,259 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

3. Schritt

Berechnung des Impulses des Schiffes

$$\begin{aligned}
 p &= m \cdot v \\
 &= 43.566.600 \text{ kg} \cdot 9,259 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &\approx \underline{\underline{403.427 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}}
 \end{aligned}$$



Das Verhältnis des Volumens des Unterwasserschiffes Δ_{BH} zum umschriebenen Quader (Rechteck $L \cdot B \cdot T$) wird mit dem Blockkoeffizienten C_B gekennzeichnet (früher: Verdrängungsvolligkeitsgrad δ):

$$C_B = \frac{\Delta_{BH}}{L \cdot B \cdot T}$$

In **DIN 1301**, Teil 2, vom Februar 1978 und in der internationalen Norm **ISO 31-1** aus dem Jahre 1992 ist 1 Seemeile (sm) auf 1852 m festgelegt.

Bei der Einführung des metrischen Systems wurde der nominelle Erdumfang (Meridiankreis) als 40 000 Kilometer definiert. Aus der Rechnung (40 000 km / 360 Grad des Vollkreises / 60 Bogenminuten) ergibt sich als theoretisches Maß der Seemeile eine Länge von 1851,851 m.

- 4 Berechnen Sie die pro Sekunde erforderliche Impulsänderung des Pkw's aus Aufg. 1, wenn dieser seine Geschwindigkeit innerhalb von 7 s von $v_1 = 72 \text{ km/h}$ auf $v_2 = 144 \text{ km/h}$ gleichmäßig ändert.



1. Schritt:

Berechnung der Änderung des Impulses in den 7 Sekunden:

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_2 - p_1 \\ &= m_2 \cdot v_2 - m_1 \cdot v_1 \\ \text{mit } m_2 &= m_1 =: m \text{ folgt} \\ \Delta p &= m \cdot v_2 - m \cdot v_1 \\ &= m \cdot (v_2 - v_1) \\ &= 1350 \text{ kg} \cdot \left(\frac{144 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} - \frac{72 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \right) \\ &= 1350 \text{ kg} \cdot \left(40 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 1350 \text{ kg} \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ &= \underline{\underline{27000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}} \end{aligned}$$

Natürlich wird während der Beschleunigungsphase Treibstoff verbraucht, d.h. $m_2 < m_1$. Diese Änderung können wir aber als vernachlässigbar klein betrachten. Wie wäre das aber bei einer Silvesterrakete – oder bei einem Wasserstrahlantrieb?

2. Schritt:

Berechnung der Änderung des Impulses pro Sekunde

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p}{\Delta t} &= \frac{27000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}{7 \text{ s}} \\ &\approx 3857,14 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} \approx 3857,14 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{1} \\ &\underline{\underline{\frac{\Delta p}{\Delta t} \approx 3857,14 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}}} \end{aligned}$$

Ein **Newton** (1 N) ist die Kraft, die benötigt wird, um die Geschwindigkeit eines Körpers der Masse 1 kg jede Sekunde um $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ zu erhöhen.

3. Schritt:

Jeder Körper hat das Bestreben, seinen Bewegungszustand beizubehalten. Die Ursache für die Änderung des Impulses ist das Wirken einer **Kraft**:

$$\underline{\underline{F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \approx 3857,14 \text{ N}}}$$

Kraft:

Formelzeichen: F

Einheit: $1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N}$

- 5 Bei einem Frontalunfall wird der Kopf eines Menschen ($m = 75 \text{ kg}$) innerhalb von $1/100 \text{ s}$ von 36 km/h auf Null abgebremst. Wie groß ist die durchschnittliche Impulsänderung pro Sekunde für den Kopf?

(Anm.: Die Masse des Kopfes wird mit $1/7$ der Masse des Menschen angenommen)



$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{m_2 \cdot v_2 - m_1 \cdot v_1}{\Delta t}$$

Mit $m_2 = m_1 =: m$ folgt:

$$F = \frac{m \cdot (v_2 - v_1)}{\Delta t}$$

$$= \frac{\frac{75}{7} \text{ kg} \cdot \left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{0,01 \text{ s}}$$

$$= \frac{10,71428... \text{ kg} \cdot \left(-10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{0,01 \text{ s}} = -10714,28... \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

$$= -10714,28... \frac{\frac{\text{kg m}}{\text{s}}}{\frac{\text{s}}{1}} = -10714,28... \frac{\text{kg m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{\text{s}}$$

$$= -10714,28... \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}$$

$$\approx \underline{\underline{-10714 \text{ N}}}$$

Anmerkung/en:

Das negative Vorzeichen zeigt an, dass die Kraft der Bewegungsrichtung entgegengesetzt wirkt: die Geschwindigkeit nimmt ab (negative Beschleunigung).

Die Kraft entspricht der Gewichtskraft F_g einer Masse von ca. 1071 kg (ca. 1 t). Sind Sie wirklich überzeugt, dass Ihre Halsmuskulatur diese Masse „halten“ könnte? Verlassen Sie sich nicht auf Ihren Airbag. Schleudertrauma lässt grüßen.

Ein **Airbag** (deutsch „Prallkissen“; wörtlich „Luftbeutel“, „Luftsack“) oder **SRS** (*Supplemental Restraint System*), ist Teil des **Insassenrückhaltesystem**, vorwiegend von Kraftfahrzeugen. Er wird bei einem **Unfall** aufgeblasen und dämpft den Aufprall des Insassen auf harte Fahrzeugteile.