

Hans M. Strauch

Impuls und Geschwindigkeit

Impuls und Geschwindigkeit

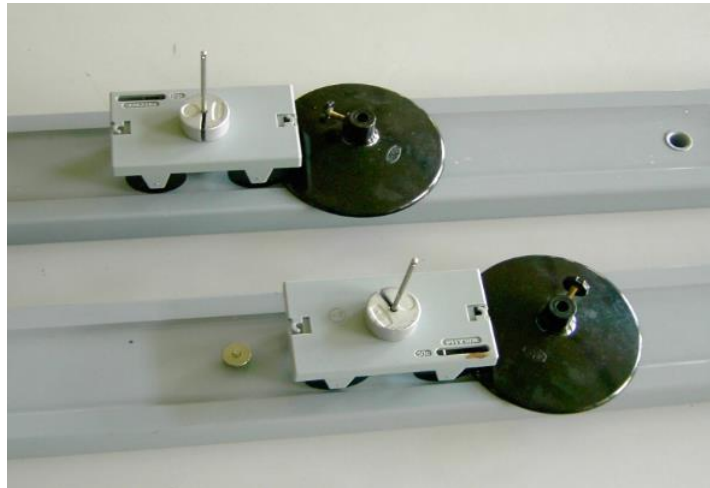


Ein Körper, der sich bewegt, enthält Impuls.
Bewegt er sich nicht, so enthält er keinen Impuls.

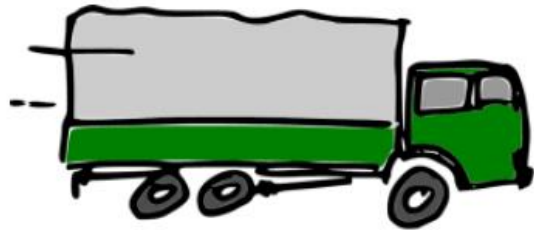


Ein Körper enthält um so mehr Impuls,
je höher seine Geschwindigkeit ist.

Maßeinheit: Huygens (Hy)



Impuls und Masse



Ein Körper enthält um so mehr Impuls, je größer seine Masse ist.

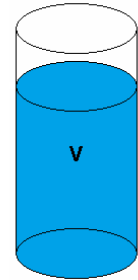
Ein Körper mit einer Masse von 1 kg und einer Geschwindigkeit von 1 m/s enthält 1 Hy.



Wassermodell zur Verdeutlichung

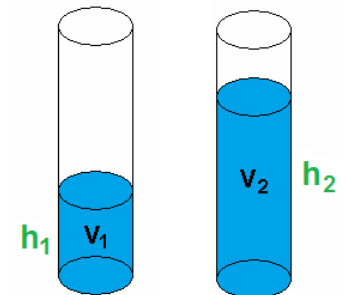
$V \leftrightarrow X$ (mengenartige Größe).

Das Wasservolumen kann zur Veranschaulichung mengenartiger Größen X dienen.



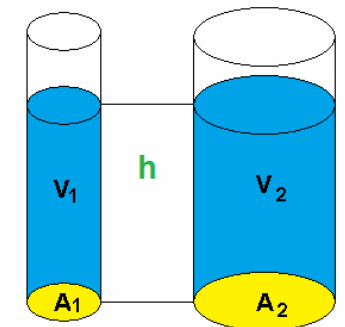
$h \leftrightarrow \xi$ (Potenzial).

Je mehr Wasser im Gefäß ist, desto höher ist der Füllstand h . Daher kann man die Füllhöhe h als Potenzial ξ der Größe X interpretieren.

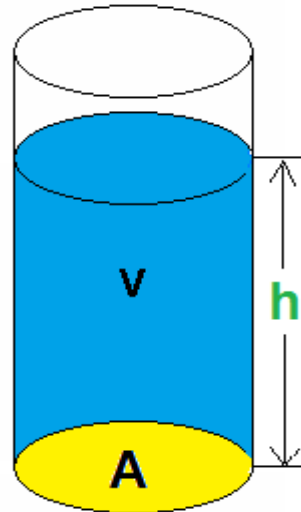


$A \leftrightarrow C$ (Kapazität).

Je größer die Querschnittsfläche A des Wassergefäßes ist, desto mehr Wasser enthält es bei gleichem Füllstand. Deshalb kann man die Querschnittsfläche A als Kapazität C interpretieren.



Wassermodell zur Verdeutlichung



Die formelmäßigen Beziehungen sind auch entsprechend:

$$V = A * h \quad \leftrightarrow \quad p = m * v$$

$$A = V / h \quad \leftrightarrow \quad m = p / v$$

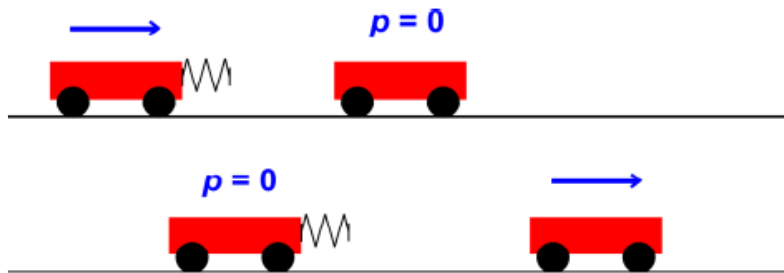
$$h = V / A \quad \leftrightarrow \quad v = p / m$$

mengenartige Größe

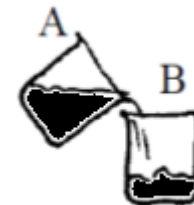
Kapazität

Potenzial

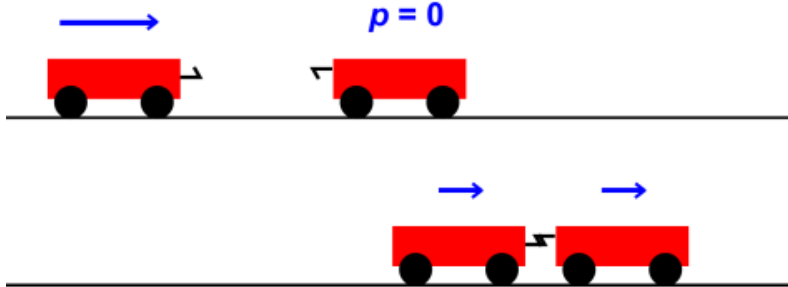
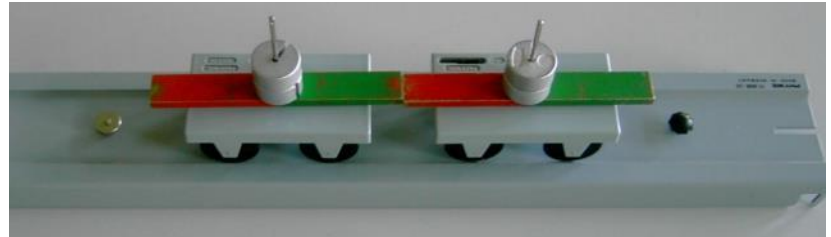
Impulsübertragung



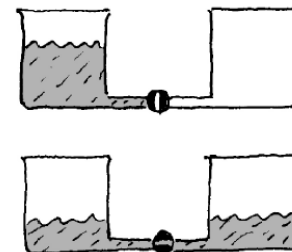
Impuls kann von einem auf einen anderen Körper übergehen.



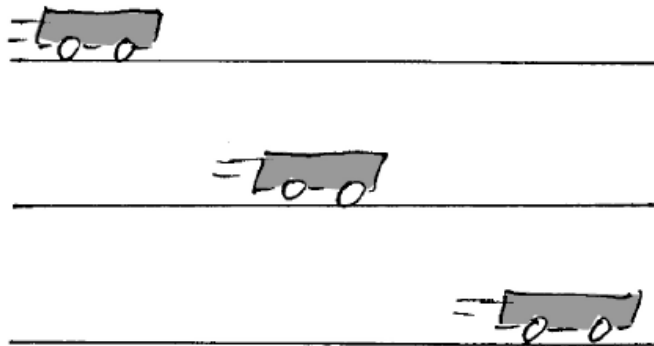
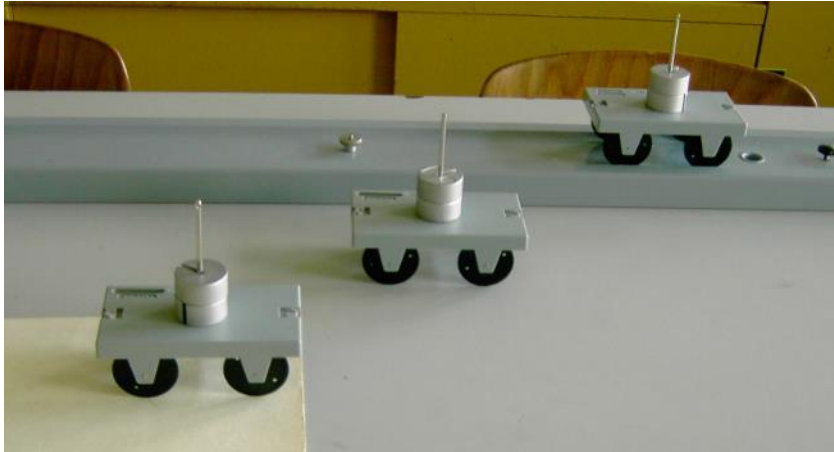
Impulsübertragung



Impuls kann sich auf mehrere Körper verteilen.

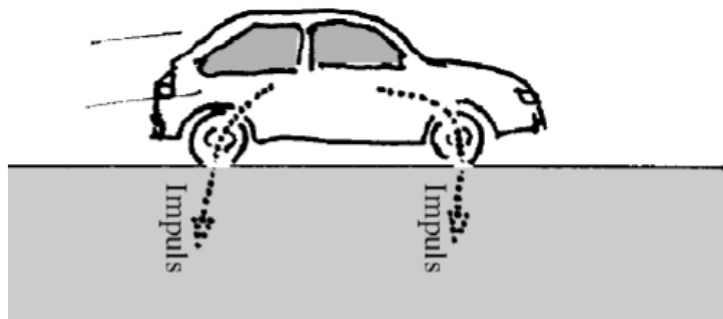


Impulsisolation

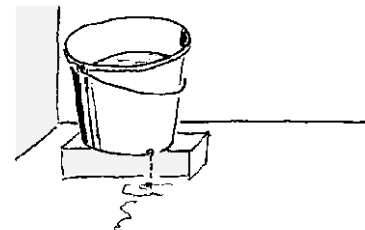


Ist ein Fahrzeug gut gelagert, oder bewegt sich auf einem Luftpolster, so behält es seinen Impuls.

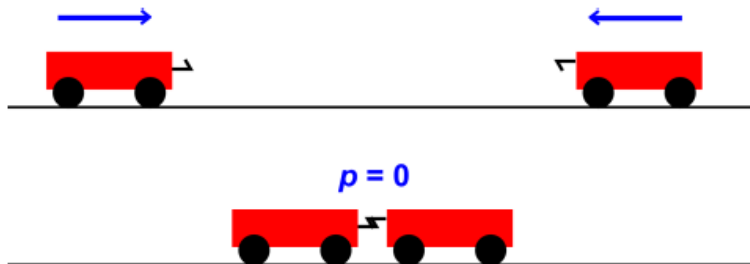
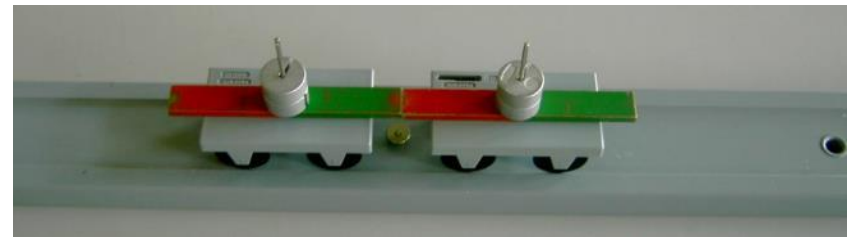
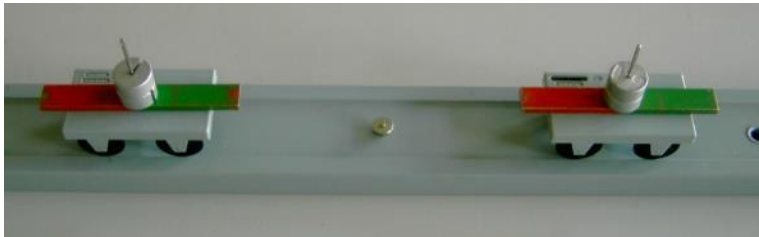
Impuls fließt ab



Ist ein Fahrzeug schlecht gelagert, so dass es von selbst zum Stillstand kommt, so fließt sein Impuls in die Erde ab.



Zwei Sorten Impuls



Der Impuls kann positive und negative Werte annehmen.

Der Impuls eines Körpers ist positiv, wenn sich der Körper nach rechts bewegt und negativ, wenn sich der Körper nach links bewegt.

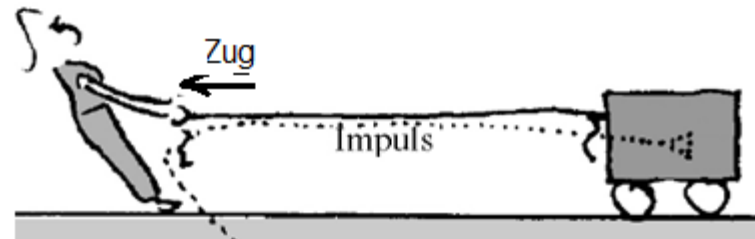
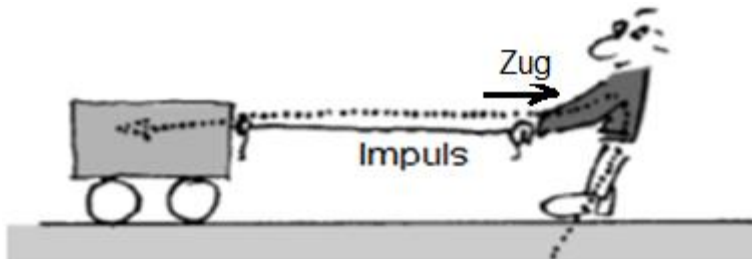
Impulspumpen



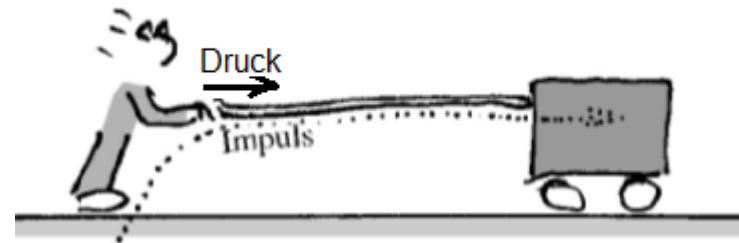
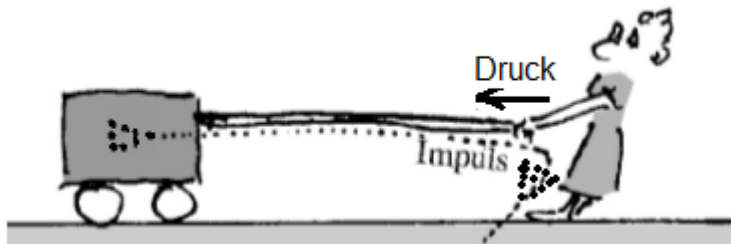
Einen Körper beschleunigen bedeutet Impuls in ihn hinein zu pumpen.

Dieser Impuls wird woanders weggenommen

Impulspumpen



Zug bedeutet Impulsstrom von rechts nach links

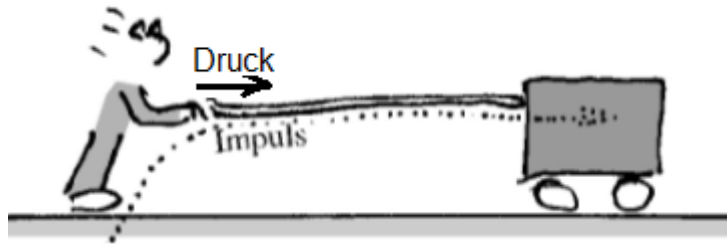


Druck bedeutet Impulsstrom von links nach rechts

Impulspumpen

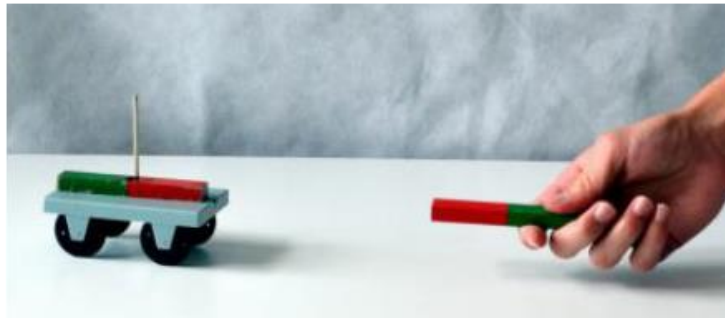


Impulsleiter



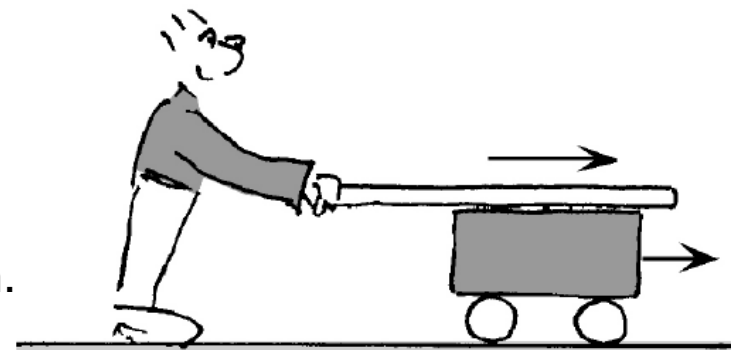
Seile leiten Impuls, aber nur in eine Richtung.

Feste Stoffe leiten Impuls.

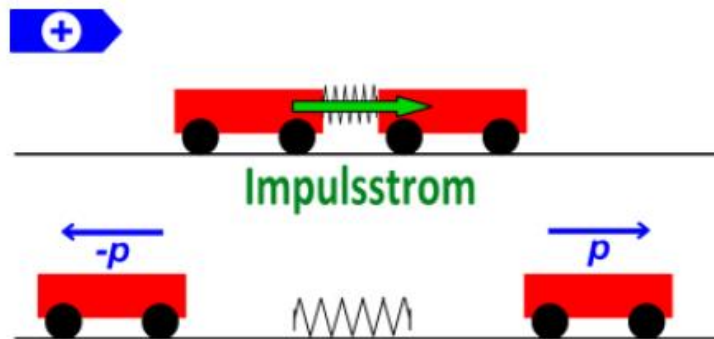
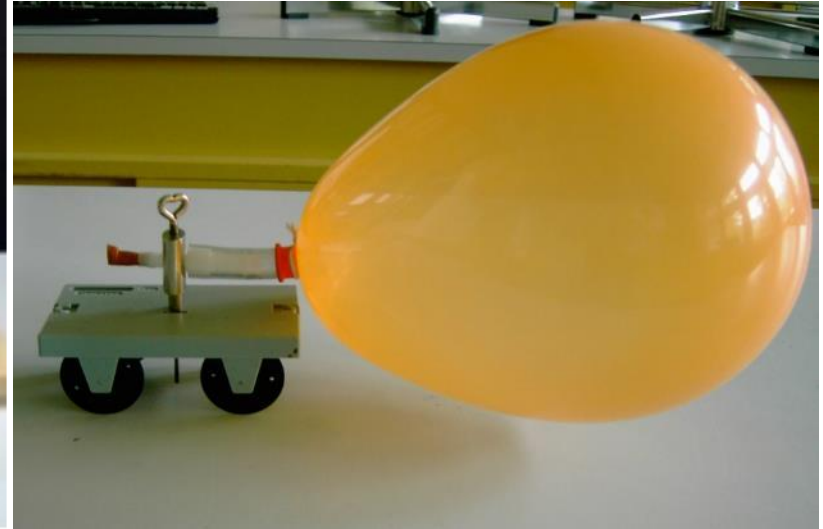


Reiben zwei Gegenstände aneinander, so fließt Impuls von einem zum anderen.

Magnetfelder leiten Impuls.



Impulspumpen



Der Wagen hat Impuls bekommen, das Brett hat Impuls abgegeben.

Es wurde also Impuls aus einem Körper in einen anderen gepumpt.

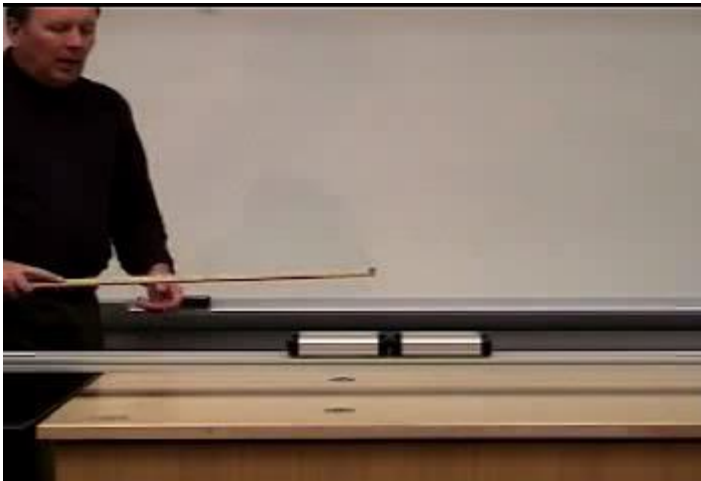
Rückstoßprinzip

Geschwindigkeitsänderung



Beschleunigen und Bremsen bedeutet eine Impulsänderung.

Impulsänderungen sind nur durch Impulszufluss oder Impulsabfluss möglich.



Impulsstromstärke



$$\text{Wasserstromstärke} = \frac{\text{Wassermenge}}{\text{Zeit}}$$

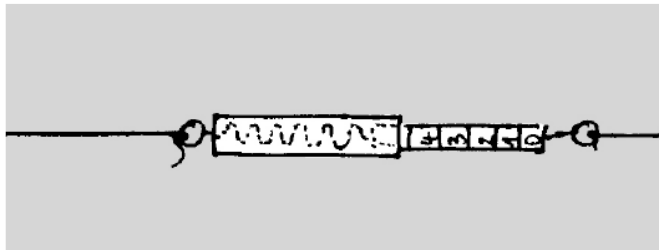
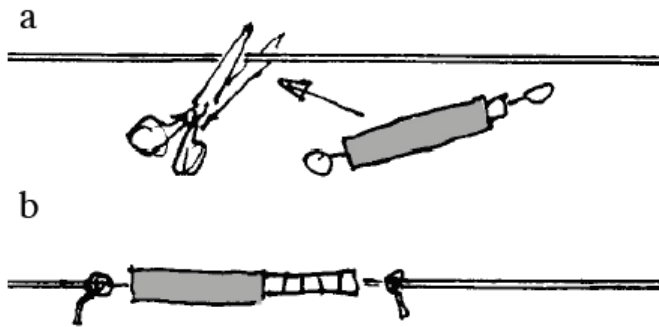
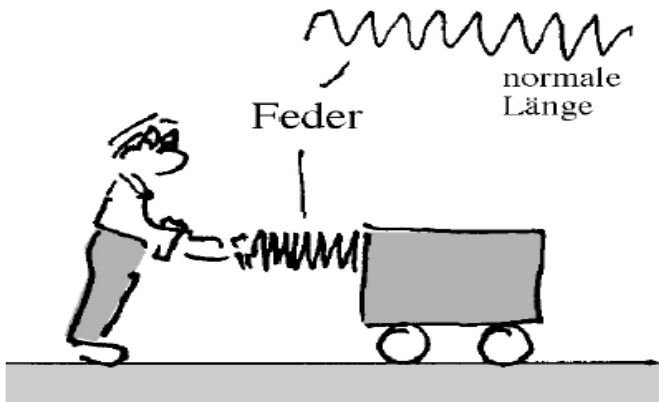
$$I_V = \frac{V}{t} \text{ in } \frac{l}{s}$$

Die zeitliche Änderung p/t des Impulses eines Körpers ist gleich der Stärke F des Impulsstromes, der in den Körper hinein- oder aus ihm herausfließt:

$$I_p = F = p/t \text{ in } \text{Hy/s} = \text{N}$$



Messung der Impulsstromstärke

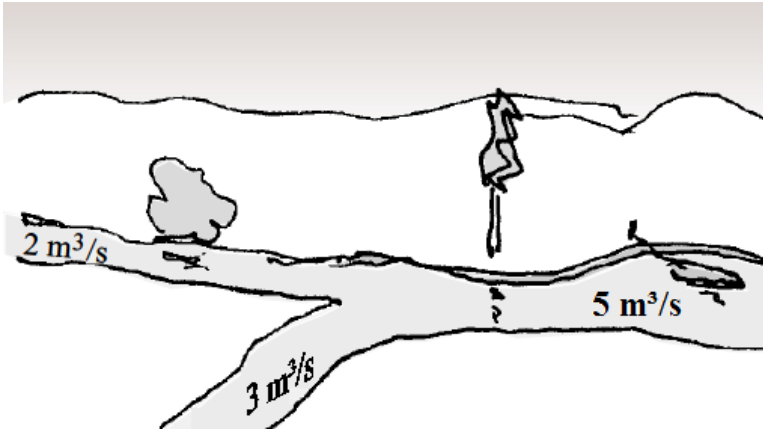


Die Verlängerung der Feder ist ein Maß für die Stärke des durchfließenden Impulsstromes in Zugbelastung.

Die Verkürzung der Feder ist ein Maß für die Stärke des durchfließenden Impulsstromes in Druckbelastung.

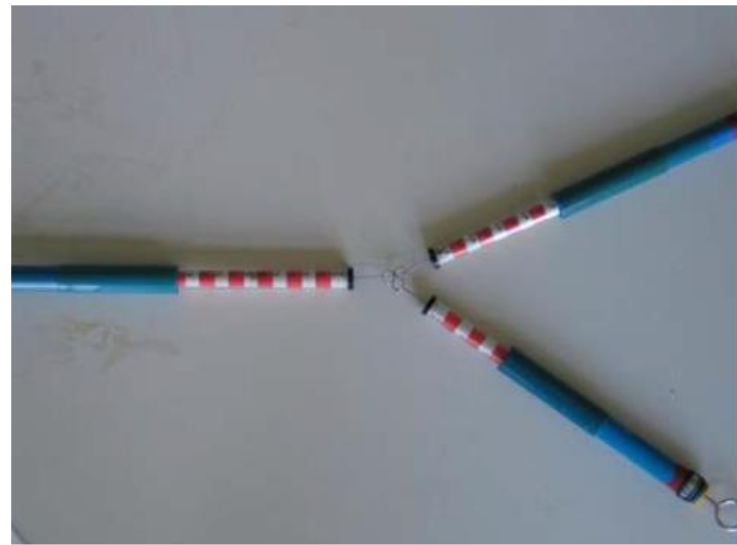
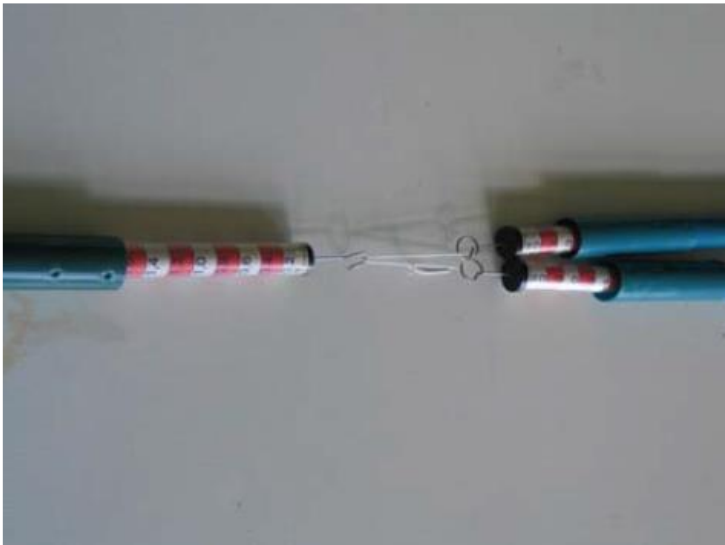


Knotenregel für Impulsströme

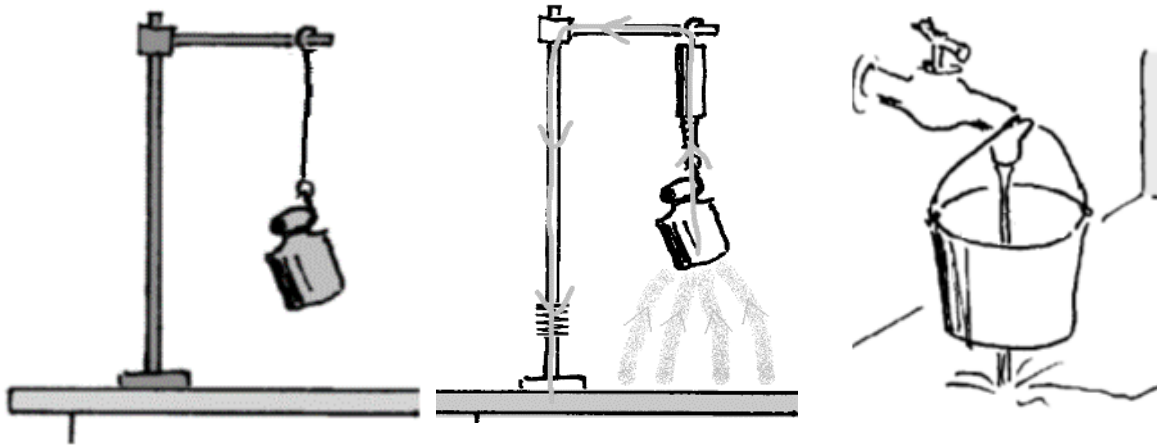


In einem unverzweigten Stromkreis ist die Stromstärke überall gleich.

Die zu einem Knoten hinfließenden Ströme sind zusammen genauso stark wie die wegfließenden.



Körper im Gravitationsfeld

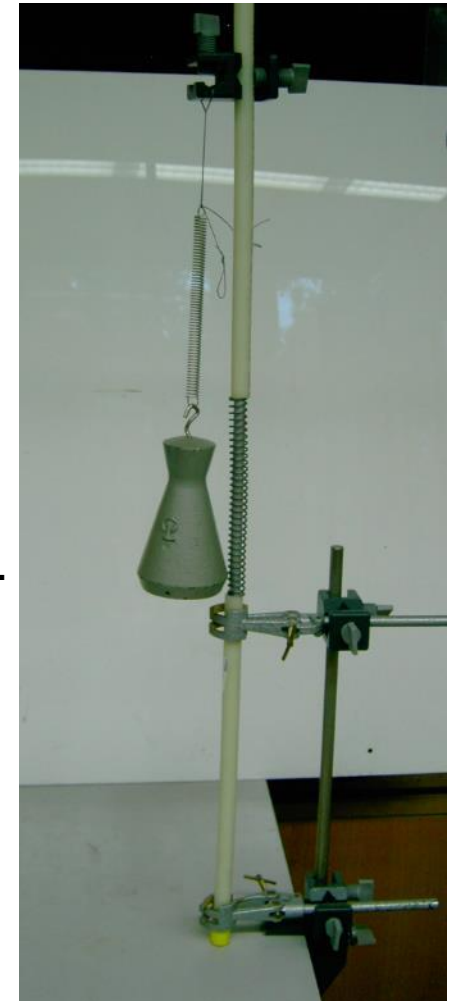


Von der Erde fließt Impuls in alle Körper im Gravitationsfeld.

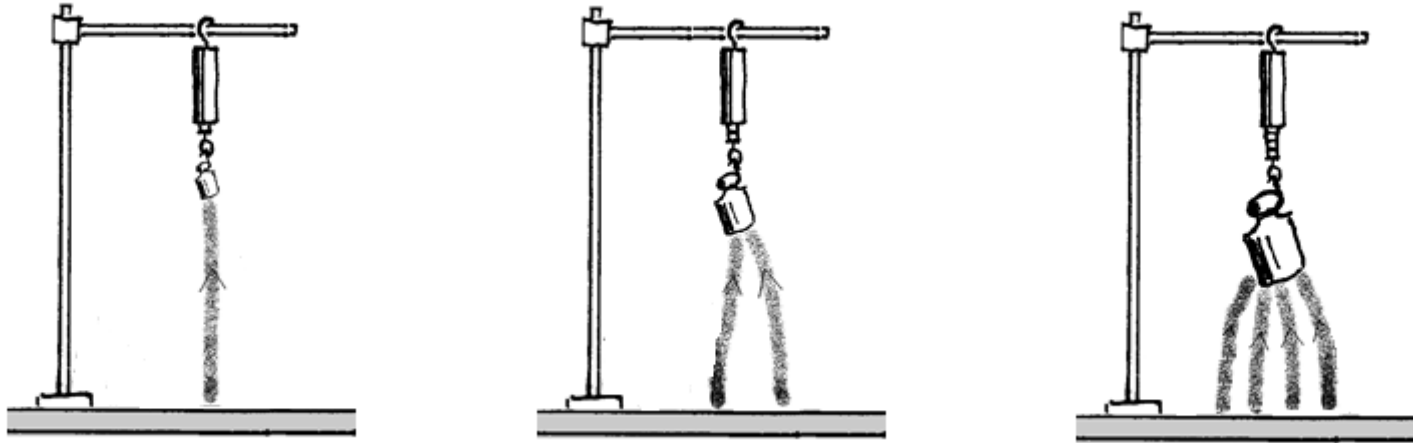
Ist der Körper festgehalten, so fließt der Impuls durch die Halterung wieder zur Erde ab.

Der gesamte zufließende Impuls fließt wieder ab, wie bei einem Gefäß ohne Boden.

Das Gravitationsfeld ist ein Impulsleiter.



Wovon die Gewichtskraft abhängt



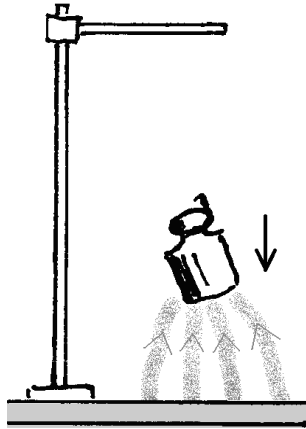
Je größer die Masse eines Körpers ist, desto mehr Impuls sammelt er pro Zeiteinheit aus dem Gravitationsfeld.

So wie man im gleichen Regenwetter umso mehr Wasser pro Zeiteinheit sammelt, je größer die Querschnittsfläche des Gefäßes ist.

Messreihen zeigen: $F \sim m$. $g = \frac{F}{m} \approx 10 \frac{N}{kg}$ ist der Proportionalitätsfaktor.

g beschreibt die Stärke des Gravitationsfeldes der Erde. Auf dem Mond, anderen Planeten, anderen Himmelskörpern hat das Gravitationsfeld jeweils eine andere Stärke.

Bewegung im Gravitationsfeld

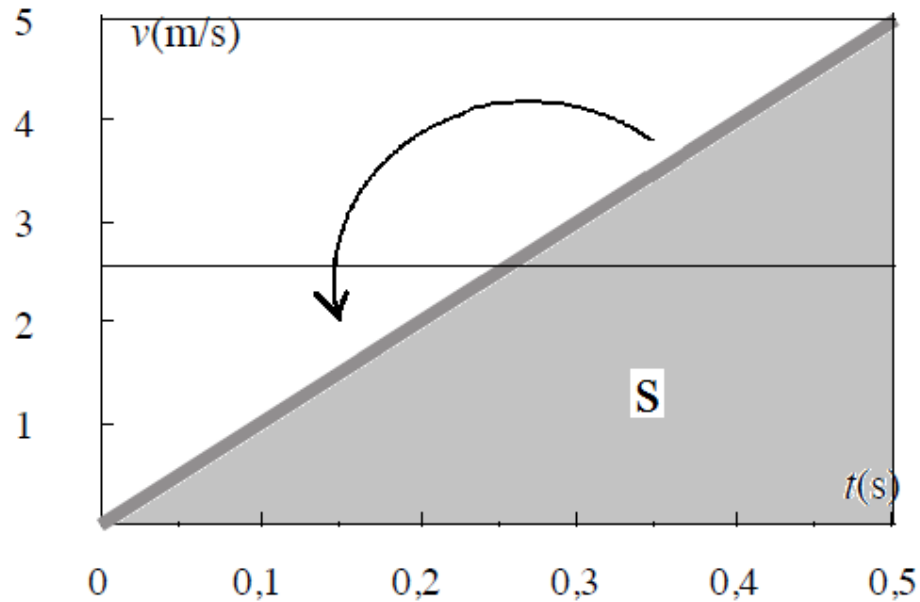


Wird der Körper nicht mehr festgehalten, so fließt sein Impuls nicht mehr ab.

Der Impuls häuft sich daher im Körper an, in gleichen Zeiteinheiten kommt jeweils gleich viel Impuls hinzu: $p = F \cdot t = m \cdot g \cdot t$

Die Geschwindigkeit des Körpers nimmt daher linear zu: $v = \frac{p}{m} = \frac{m \cdot g \cdot t}{m} = g \cdot t$

Freier Fall



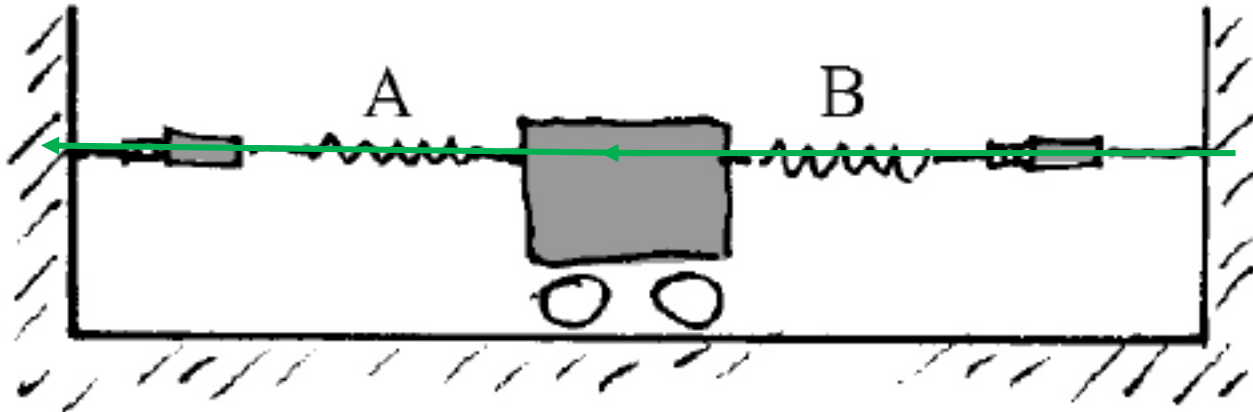
Die Fallstrecke s ist so groß wie der Flächeninhalt unter dem v-t-Diagramm.

Der Flächeninhalt eines Dreiecks ist $\frac{1}{2} \cdot g \cdot h$:
 $s = \frac{1}{2} \cdot t \cdot v = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$



Kräftegleichgewicht

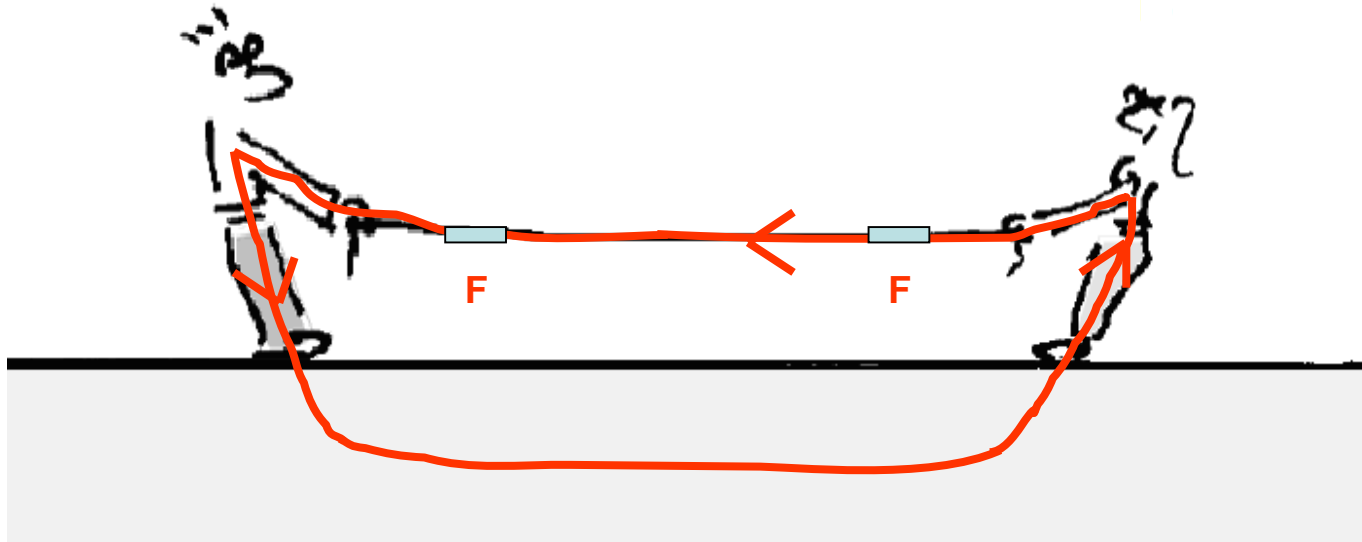
Der Wagen ist in Ruhe, d.h. er enthält keinen Impuls.



Der Impulszufluss durch die Feder B ist genau so stark wie der Impulsabfluss durch die Feder A.

Daher ändert sich der Impuls des Wagens nicht. Er bleibt in Ruhe.

Kräftegleichgewicht



Der Impulsstrom

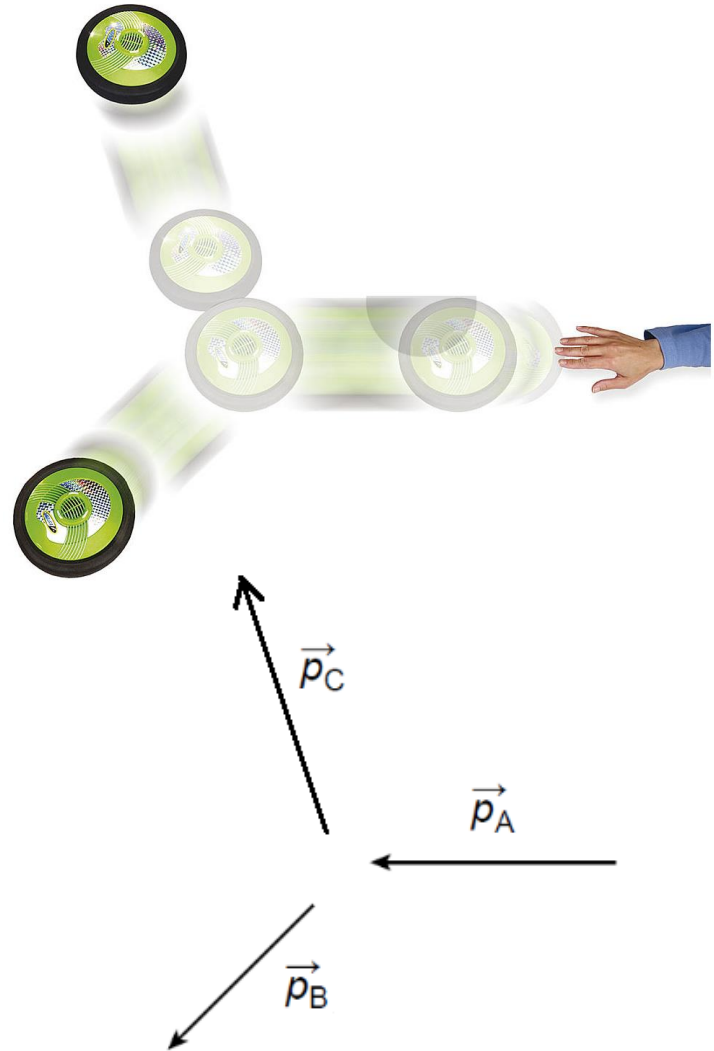
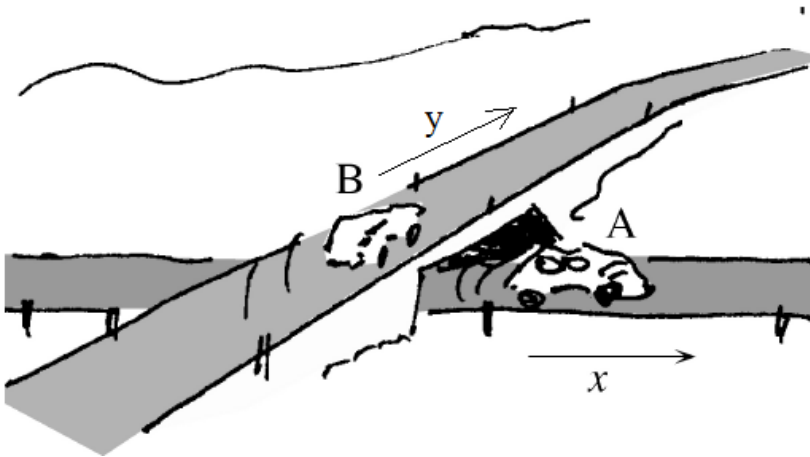
- verläuft von der Erde, durch Lilly, das Seil, Willy, zur Erde, da die Personen den Impuls „pumpen“. Der Impulsstrom bildet einen geschlossenen Stromkreis.
- verläuft im Seil von rechts nach links (das Seil steht unter Zugspannung).
- hat nach der Knotenregel überall im Seil dieselbe Stärke.

Das Seil bleibt in Ruhe.

Impuls als Vektor

Ein Vektor wird durch seinen Betrag und seine Richtung festgelegt.

Impuls und Geschwindigkeit sind Vektoren.



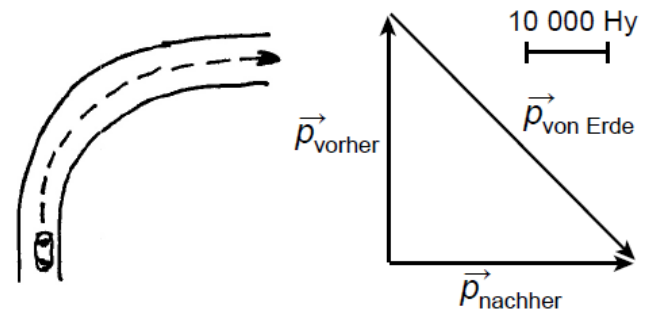
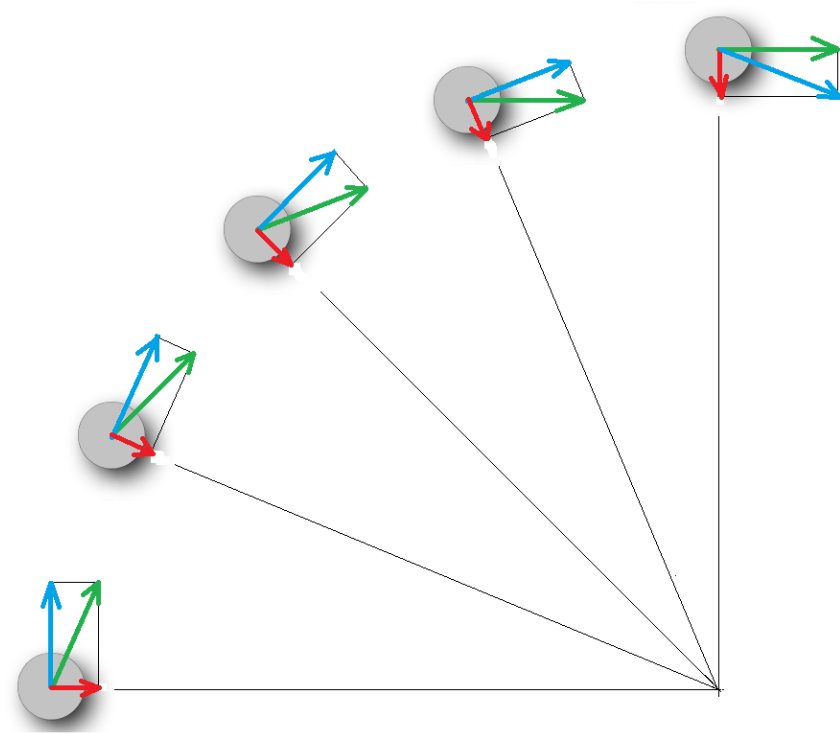
Impuls als Vektor

Um einen Körper auf eine Kreisbahn zu bringen, muss man ständig seinen Impuls ändern.

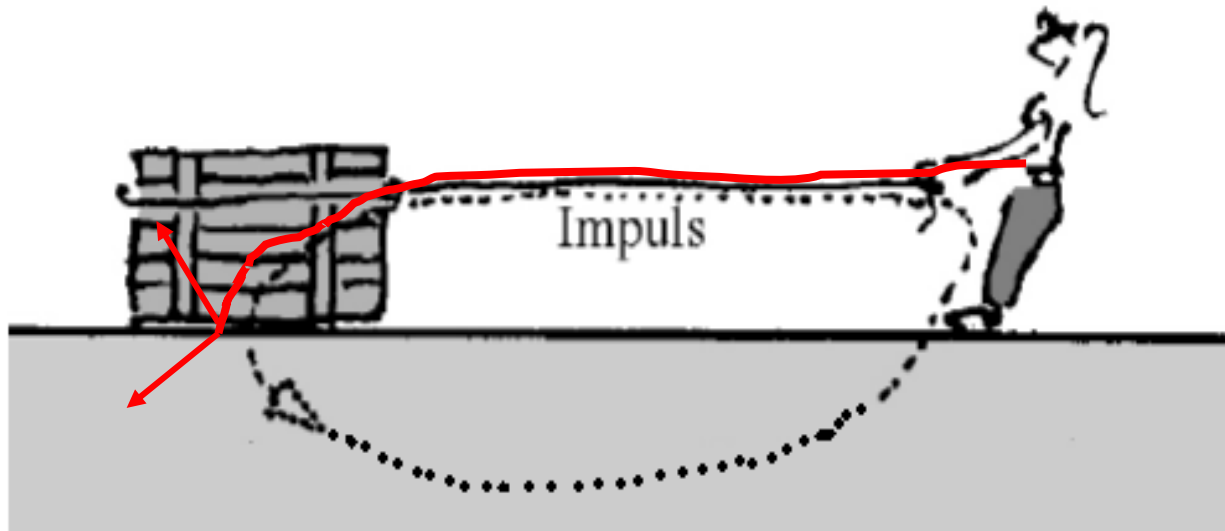
Dazu muss der zugeführte Impuls immer denselben Betrag haben und immer auf den Mittelpunkt des Kreises zeigen.

Die Richtung des hinzukommenden Impulses ist quer zur Richtung des bisherigen Impulses des Körpers.

Bei einer 90°-Kurve muss der Körper seinen gesamten ursprünglichen Impuls abgeben und den gesamten neuen Impuls aufnehmen.



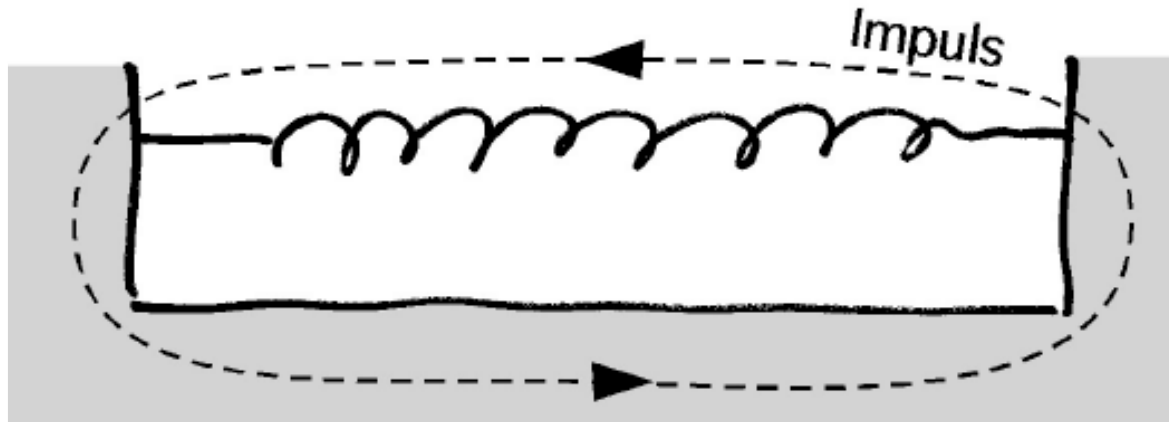
Impuls als Energieträger



Die Person gibt aus ihren Muskeln Energie ab um die Kiste zu bewegen. Diese fließt zusammen mit dem Impuls zur Kiste und wird dort an der Unterseite als Wärme an die Umgebung abgegeben.

Impuls ist ein Energieträger.

Hat Impuls immer Energie bei sich?

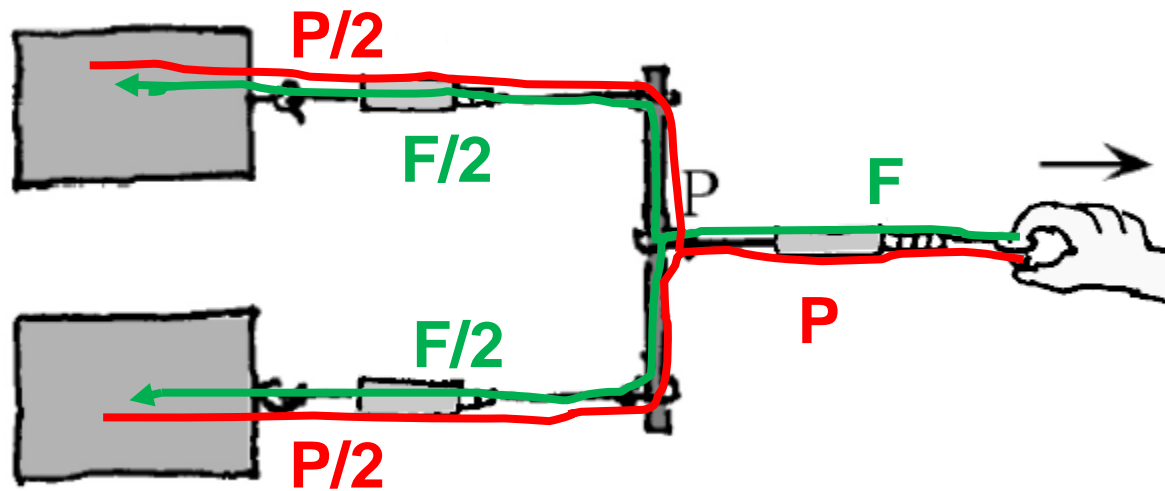


In dem gespannten Seil fließt **Impuls** aber **keine Energie**.

Der Unterschied im Seil zur vorherigen Situation ist, dass es sich hier nicht bewegt.

Nur wenn sich der **Impulsleiter bewegt**, ist der Impulsstrom **von einem Energiestrom begleitet**.

Wovon hängt der Energiestrom ab?

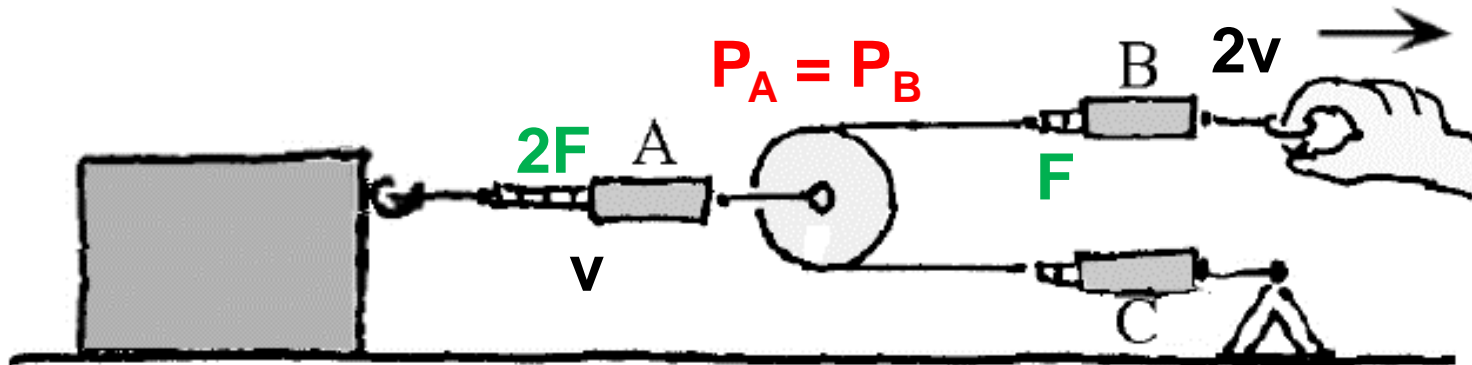


Von der Hand zu den beiden Kisten fließen Impuls und Energie.

In P teilen sich Impulsstrom und Energiestrom gleichmäßig auf.

Also sind P und F zueinander proportional: $P \sim F$.

Wovon hängt der Energiestrom ab?



Soll die Kiste um s nach rechts bewegt werden, muss das Seil bei B um $2s$ nach rechts gezogen werden: $v_B = 2v_A$.

Da sich der Impulsstrom nach der Knotenregel in der Rolle aufteilt, ist $F_A = 2F_B$

Die gesamte Energie, die bei B ins Seil hineinfließt, geht von der Rolle zum Seil A weiter zur Kiste. Bei C fließt keine Energie, weil das Seil ruht: $P_A = P_B$.

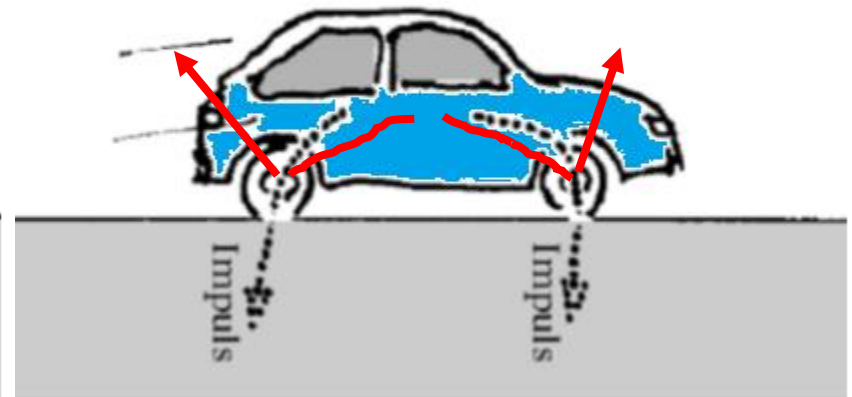
Die Ergebnisse werden korrekt beschrieben durch: $P = v \cdot F$

Multiplikation mit t ergibt: $P = \frac{E}{t} = v \cdot F = \frac{s}{t} \cdot F \mid \cdot t \Leftrightarrow E = s \cdot F$

Unterscheide Impuls und Energie !



Beim beschleunigenden Auto kommt der Impuls aus der Erde und die Energie vom Motor bzw. aus dem Treibstoff.



Beim bremsenden Auto geht der Impuls über die Bremsen und Räder zur Erde und die Energie geht zu den Bremsen wo Wärme erzeugt wird, die an die Umgebung geht.

Bewegte Körper als Energiespeicher

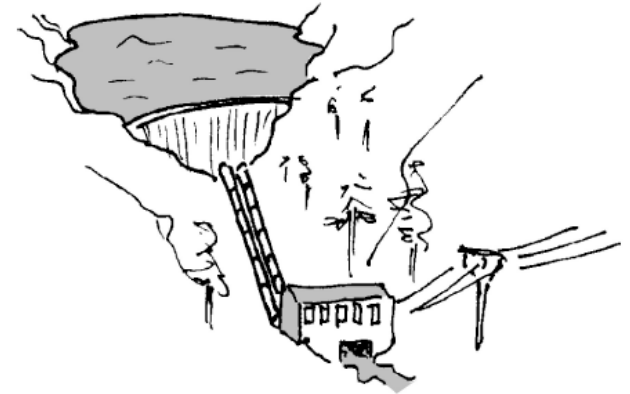
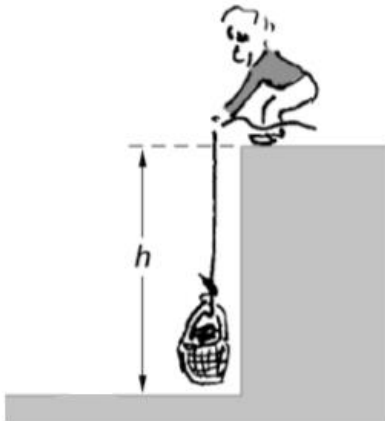


Beim Beschleunigen wird einem Fahrzeug sowohl Energie als auch Impuls zugeführt.

Je höher seine Geschwindigkeit sein soll, desto mehr Energie muss ihm zugeführt werden.

Solange sich das Fahrzeug bewegt, enthält es die zugeführte Energie.

Gravitationsenergie als Energiespeicher



Aus $E = F \cdot s$ folgt mit $F = m \cdot g$ und $s = h$ $E = m \cdot g \cdot h$ (Potenzielle Energie)

Diese Energie wird dem Gravitationsfeld beim Hochheben zugeführt.

Solange der Körper oben bleibt, ist die Energie im Gravitationsfeld gespeichert.

Beim Heruntersinken wird die Energie wieder abgegeben. In einem Wasserkraftwerk nutzt man dies.

Vielen Dank für Ihr Interesse!