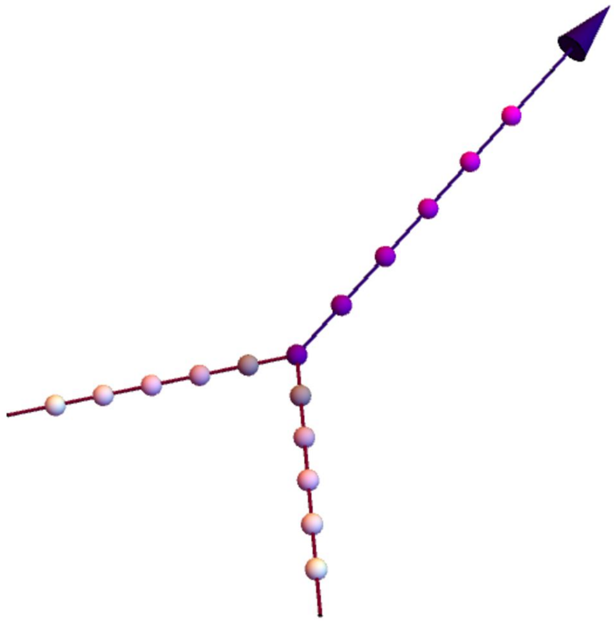
Auffrischungskurs I



03/04 Erhaltungs-Größen

Reader

In diesem Reader finden Sie unter anderem Lösungen zu Aufgaben, die als Arbeitsblätter in einem separaten Dokument wiedergeben sind:

AK I - 03 - Erhaltungsgroessen - Arbeitsblaetter.pdf

Andreas Jäger
Stand: 12.03.2022

Was Sie hier wiederholen

In diesem Kurs wiederholen Sie die Lehre der **Erhaltungsgrößen Energie und Impuls**, die am Ende der 11. Jahrgangsstufe an der FOS unterrichtet wurde. Wie der gesamte Stoff aus der 11. Klasse ist dieses Kapitel unbedingte Voraussetzung dafür, dem Physikunterrichtes in der 12. Klasse inhaltlich folgen zu können.

Wie Sie den Lehrstoff wiederholen

Es gibt zwei Möglichkeiten, den Stoff aus der 11. Klasse **mit Hilfe dieser Arbeitsvorlage** zu wiederholen:

- Es werden zu Beginn der 12. Klasse **Unterrichtsstunden zur Wiederholung** angeboten (Brückenkurse, Ergänzungsstunden, Wiederholung im regulären Unterricht):

  Diese Arbeitsvorlage wird sowohl im Unterricht als auch zuhause zur Vor- und Nachbereitung verwendet. Als Ergänzung hierzu finden Sie weitere Materialen unter **`www.jaeger-salz.de/Physik/05-Wiederholung`**. Wie im regulären Unterricht gibt es im Wiederholungsunterricht **Hausaufgaben**, die von den Schülern anzufertigen sind.

- Es werden **keine** Unterrichtsstunden zur Wiederholung angeboten, d.h. Sie müssen den Stoff **selbstständig** wiederholen:

  Diese Arbeitsvorlage wird zuhause zum Selbstunterricht verwendet. Als Ergänzung hierzu finden Sie weitere Materialen unter **`www.jaeger-salz.de/Physik/05-Wiederholung`**.

Was Sie bereits können

1	Lösen linearer und quadratischer Gleichungen	Algebra-Basiswissen
2	Rechnen mit Symbolen	Algebra-Basiswissen
3	Konstruktion von Parallelogrammen	Geometrie-Basiswissen
4	Rechnen mit Vektoren: Addition zweier Vektoren Multiplikation von Vektoren mit Skalaren Lösen einfacher Vektorgleichungen	Geometrie (Vektoren) aus 11T

Inhalt

1 Wiederholung

1.1 Bewegungsgleichungen

Denken Sie immer daran, dass es sich bei den Bewegungsgrößen $\vec{x}(t)$, $\vec{v}(t)$ und $\vec{a}(t)$ (trotz der skalaren Schreibweise links) um Vektoren handelt

FS. S. 17

$v(t) = \dot{x}(t)$

$a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{x}(t)$

$x(t) = x_0 + v_0\, t + \frac{1}{2}\, a\, t^2$	x_0:	Ortspunkt zum Zeitpunkt t=0	Ortsgleichung
$v(t) = x(t) = v_0 + a\, t$	v_0:	Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t=0	Geschwindigkeitsgleichung
$a(t) = a$	a:	Beschleunigung	Beschleunigungsgleichung

$2\, a\, (x - x_0) = v^2 - v_0^2$

1.2 Newtonsche Gesetze

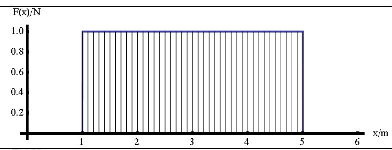
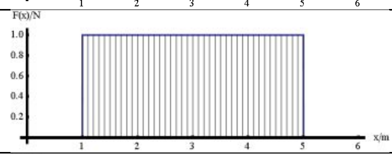
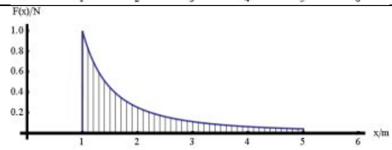
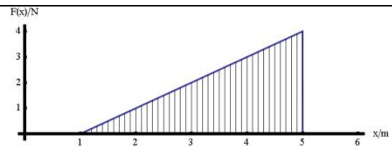
2. Newtonsches Gesetz	$\vec{F} = m\, \vec{a}$	m: Körpermasse $\vec{a}$: Beschleunigung $\vec{F}$: Beschleunigende Kraft
1. Newtonsches Gesetz	**Keine** Kraft → **keine** Geschwindigkeitsänderung = keine Beschleunigung	$\vec{F} = \vec{0} \rightarrow \vec{a} = \vec{0}$ *$\vec{0}$: Nullvektor*
3. Newtonsches Gesetz	***actio* gleich *reatio***	Kraft gleich Gegenkraft

2 Arbeit und Energie

2.1 Arbeit

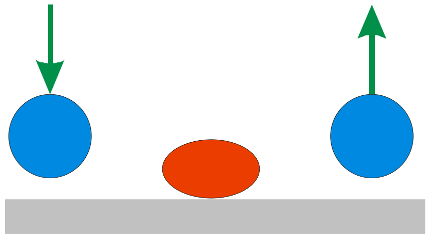
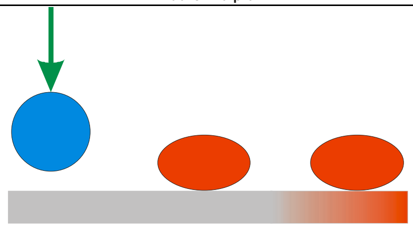
„Arbeit" W = F · s („Kraft mal Weg")   **[W] = N m = J (Joule)**

Beispiele:

Verschiebung gegen die	Graphik	Arbeit	Gleichung
Schwerkraft in Erdnähe		**Hubarbeit**	$W_{Hub} = m \cdot g \cdot h \sim h$
Reibungskraft		**Reibungsarbeit**	$W_{Reib} = m \cdot g \cdot \mu \cdot s \sim s$
Schwerkraft in Erdferne Nicht AP-relevant		**Verschiebearbeit**	$W_{01} = \int F_{el}\, dr \sim \frac{1}{r}$ **Integralrechnung im 2. Halbjahr** der 12. Klassen
Federkraft		**Spannarbeit**	$W_{Spann} = \frac{1}{2}\, D \cdot s^2 \sim s^2$
Trägheitskraft	$2\; a\, s = v^2 \quad \vert :2$ $a\, s = \frac{1}{2}\, v^2 \quad \vert \cdot m$ $m\, a\, s = \frac{1}{2}\, m\, v^2$ $F_a\; s = \frac{1}{2}\, m\, v^2$	**Beschleunigungsarbeit**	$W_a = \frac{1}{2}\, m\, v^2$

. . .

. . .

Elastische Verformung		**Verformungs-arbeit (reversible Verformung)**	$W_{def} = ½\, D\, s^2$
unelastische Verformung		**Verformungs-arbeit (irreversible Verformung)**	**Keine Gleichung**

„Wer“ verrichtet Arbeit ?

Annahme:	$F = const$	$W = \vec{F} \circ \vec{s}$	$\circ$: **Skalarprodukt**
Fall 1:	$\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{s}$	$W = F \cdot s$	**Arbeit wird von außen verrichtet** **Beispiel**: Ein Kinderwagen wird **vom Vater gegen die Schwerkraft** nach oben geschoben
Fall 2:	$\vec{F} \perp \vec{s}$	$W = 0$	**Es wird keine Arbeit verrichtet**
Fall 3:	$\vec{F} \downarrow\uparrow \vec{s}$	$W = -F \cdot s$	**Arbeit wird vom System verrichtet** **Beispiel**: Ein Kinderwagen wird **von der Schwerkraft** nach unten gezogen
Fall 4:	$\angle(\vec{F}, \vec{s}) = \alpha$	$W = F \cdot s \cdot \mathrm{Cos}(\alpha)$	**Allgemeiner Fall**

2.2 Energie

Arbeit kann nur verrichtet werden, wenn Energie als dazu notwendige Vorausssetzung vorhanden ist:

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Formen mechanischer Energie:

Kinetische Energie	$E_{kin} = {}^1/_2\, m\, v^2$	**Beispiel:**	**Rollende Kugel**
Potentielle Energie	$E_{pot} = m\ g\ h$		**Masse in Höhe h**
Spannenergie	$E_{spann} = ½\, D\, s^2$		**gespannte Feder**

Formen nichtmechanischer Energie:

Elektrische Energie	$P = U \cdot I$ **und** $W = P \cdot t \rightarrow W = U \cdot I \cdot t$	**Batterie**
Wärme-Energie	$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	**Warmes Wasser**

2.3 Arbeit und Energie

Energie einer bestimmten Form wird durch Arbeit in eine andere Energieform umgewandelt:

$$\cdots \rightarrow \text{Arbeit} \rightarrow \text{Energie} \rightarrow \text{Arbeit} \rightarrow \text{Energie} \cdots$$

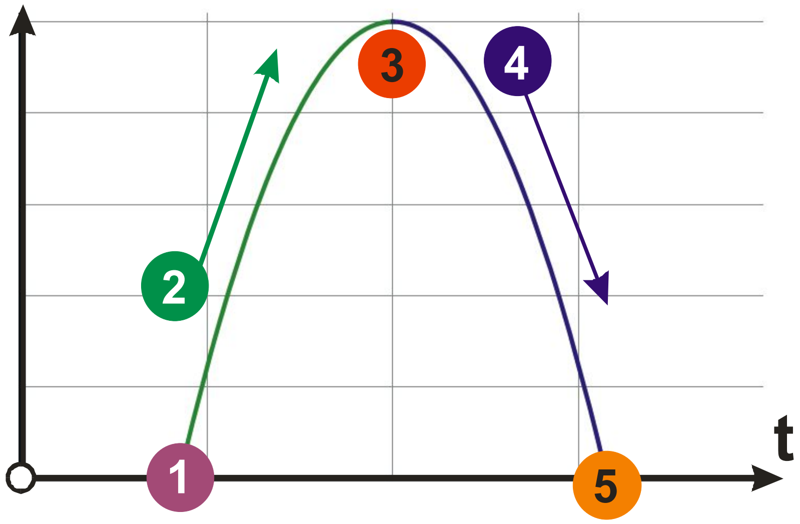
(Arbeit-Energie-Kette)

Energie kann weder entstehen noch vernichtet werden.

Arbeit: Prozessgröße **Energie: Systemgröße**

Prozessgröße
↓↑
Systemgröße

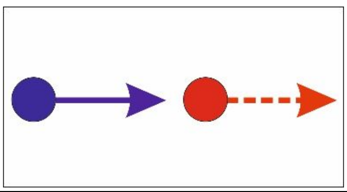
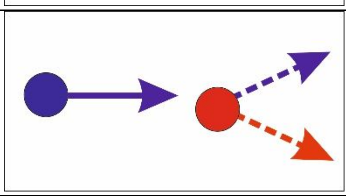
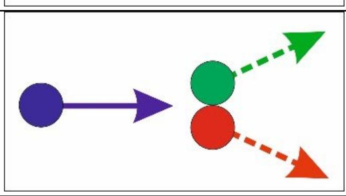
Beispiel: Ein Knetball (deformierbar, unelastisch) wird senkrecht nach oben geworfen:



	Form der Arbeit	Prozess (Vorgang)	Erzielte Energie
1		$E_{pot} = 0$ E_{kin}: **Maximal**	
1	**Beschleunigungsarbeit nach oben**	$v = 0 \rightarrow v = v_0$ (v_0 Abwurfgeschwindigkeit)	**Kinetische Energie E_{kin}** mechanische Energie
2	**Hubarbeit**	$y = 0 \rightarrow y = h$	**Lageenergie E_{pot} (potenzielle Energie)** mechanische Energie
3		E_{pot}: **Maximal** $E_{kin} = 0$	
4	**Beschleunigungsarbeit nach unten**	$v = 0 \rightarrow v = v_0$ $y = h \rightarrow y = 0$	**Kinetische Energie E_{kin}** mechanische Energie
5	**Verformungsarbeit durch Aufprall**		**Wärmeenergie** thermische Energie – nicht mechanisch

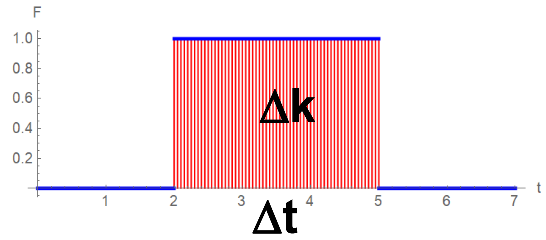
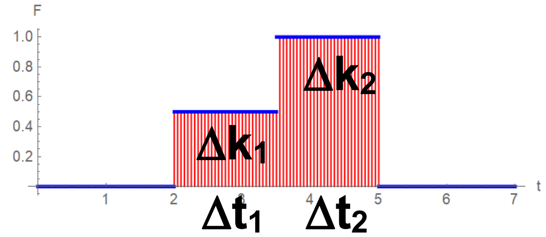
3 Kraftstoß und Impuls

3.1 Kraftstoß

Stoßform		Nach Stoß	Anmerkung
Rollende Stahl-Kugel stößt mittig auf ruhende Stahl-Kugel gleicher Masse.		**Blaue** Kugel bleibt stehen. **Rote** Kugel rollt in gleiche Richtung wie zuvor blaue Kugel.	Zentraler Stoß
Rollende Stahl-Kugel stößt seitlich auf ruhende Stahl-Kugel gleicher Masse.		**Blaue** Kugel wird nach oben abgelenkt. **Rote** Kugel wird nach unten rechts angestoßen.	Nicht-zentraler Stoß
Rollende Stahl-Kugel stößt auf zwei ruhende Stahl-Kugeln gleicher Massen.		**Grüne** Kugel wird nach oben rechts angestoßen. **Rote** Kugel wird nach unten rechts angestoßen.	

Durchgezogenen Pfeile: Bewegung vor dem Stoß | Gebrochene Pfeile: Bewegung nach dem Stoß

Kraftstöße:

1	$\Delta k \sim F$	Je größer die Kraft, desto höher die Wirkung (Kraftstoß Δk)	
	$\Delta k \sim \Delta t$	Je länger die Kraft wirkt, desto höher die Wirkung ↓	
	$\Delta k = \Delta t \cdot F$	**Wirkung**	
	Fläche unter t-F-Kurve = Kraftstoß Δk		
2	Wirkung 1	Δk_1	
	Wirkung 2	Δk_2	
	Gesamtwirkung	$\Delta k_{ges} = \frac{\Delta k_1 \Delta t_1 + \Delta k_2 \Delta t_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$	

3.2 Kraftstoß als Vektor

Überlagerung zweier Kraftstöße

$\vec{k_1} = \begin{pmatrix} 2{,}00\ Ns \\ -0{,}50\ Ns \end{pmatrix}$

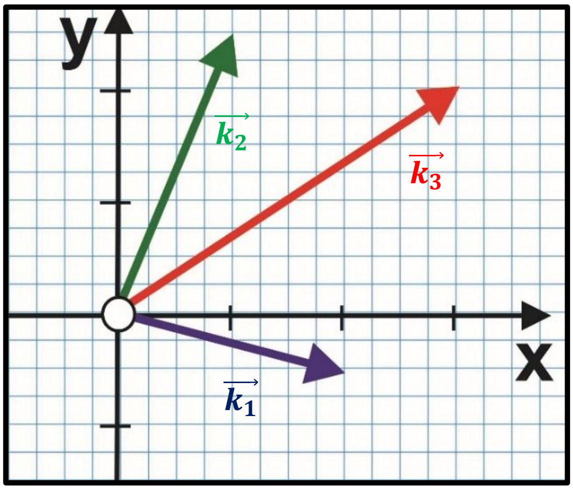
$\vec{k_2} = \begin{pmatrix} 1{,}00\ Ns \\ 2{,}50\ Ns \end{pmatrix}$

$\vec{k_1} + \vec{k_2} =$

$\begin{pmatrix} 2{,}00\ Ns \\ -0{,}50\ Ns \end{pmatrix} +$

$\begin{pmatrix} 1{,}00\ Ns \\ 2{,}50\ Ns \end{pmatrix} =$

$\begin{pmatrix} 3{,}00\ Ns \\ 2{,}00\ Ns \end{pmatrix} = \vec{k_3}$



3.3 Impuls

2. Newtonsches Gesetz:	$\vec{F} = m\,\vec{a} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{v}$	**Kraftstoß = Masse · Geschwindigkeitsänderung**
Definiton des Impulses p:	$\vec{p} = m\,\vec{v}$	**Masse · Geschwindigkeit=Impuls**
Änderung des Impulses	$\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$	**Kraftstoß = Impulsänderung**

3.4 Kraftstoß und Impuls

Unterscheidung Kraftstoß und Impuls:

Kraftstoß	**Impulsänderung**
$\Delta\vec{k} = \vec{F}\,\Delta t$	$\Delta\vec{p} = m\,\Delta\vec{v}$
Prozessgröße	Änderung einer Eigenschaft eines Körpers: **Systemgröße**

Prozessgröße
↓↑
Systemgröße

Physikalischer Zusammenhang zwischen Kraftstoß und Impuls:	Kraftstoß ≠ Impulsänderung	⇔ ⇔	**Prozessgröße** ≠ **Systemgröße**
Rechnerischer Zusammenhang zwischen Kraftstoß und Impuls:	$\Delta\vec{k} = \Delta\vec{p}$		

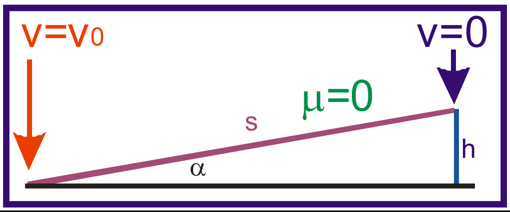
Arbeitsblatt 1
AK I - 03 - Erhaltungsgroessen - Arbeitsblaetter.pdf

4 Erhaltungssätze

4.1 Erhaltung der Energie

am Beispiel der geneigten Ebene:

1



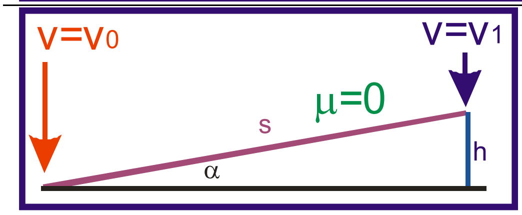
$E_{vor} = E_{kin} = {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_0^2$

$E_{nach} = m\,g\,h$

$$\frac{m\,v0^2}{2} = g\,h\,m \rightarrow$$

$$h = \frac{v0^2}{2\,g}$$

2



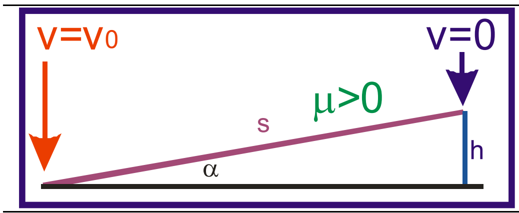
$E_{vor} = E_{kin} = {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_0^2$

$E_{nach} = m \cdot g \cdot h + {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_1^2$

$$\frac{m\,v0^2}{2} = g\,h\,m + \frac{m\,v1^2}{2} \rightarrow$$

$$h = \frac{v0^2 - v1^2}{2\,g}$$

3



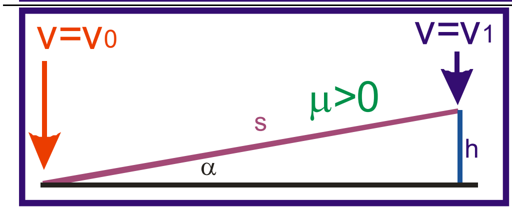
$E_{vor} = E_{kin} = {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_0^2$

$E_{nach} = m \cdot g \cdot h + m \cdot g \cdot Cos(\alpha) \cdot s \cdot \mu$

$$\frac{m\,v0^2}{2} = g\,h\,m + g\,h\,m\,mu\,Cot[\alpha] \rightarrow$$

$$h = \frac{v0^2}{2\,g\,(1 + mu\,Cot[\alpha])}$$

4



$E_{vor} = E_{kin} = {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_0^2$

$E_{nach} = m \cdot g \cdot h + {}^1\!/_2 \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot Cos(\alpha) \cdot s \cdot \mu$

$$\frac{m\,v0^2}{2} = g\,h\,m + \frac{m\,v1^2}{2} + g\,h\,m\,mu\,Cot[\alpha] \rightarrow$$

$$h = \frac{v0^2}{2\,g\,(1 + mu\,Cot[\alpha])}$$

4.2 Erhaltung des Impulses

3. Newtonsches Gesetz: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ — actio gleich reactio

Impulserhaltung

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad | \cdot \Delta t$

$\vec{F}_1 \Delta t = -\vec{F}_2 \Delta t \quad | F\,\Delta t = \Delta p$

$\Delta\vec{p}_1 = -\Delta\vec{p}_2$

Anwendung: $m_1\,\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2 + \cdots = m_1\,\vec{u}_1 + m_2\,\vec{u}_2 + \cdots$

Gesamtimpuls aller Stoßpartner vor dem Stoß
=
Gesamtimpuls aller Stoßpartner nach dem Stoß

Alternative Schreibweise

$$\sum_{i=0}^{n} m_i\,\vec{v}_i = \sum_{i=0}^{n} m_i\,\vec{u}_i$$

Bei ***n*** Stoßpartnern.
Σ: Summenzeichen („Sigma“ = großes griechisches „S“)
lies: „Summe über alle $\vec{p}_i$ von i = 0 bis n für $\sum_{i=0}^{n} \vec{p}_i$ “

Vereinbarung:

v Geschwindigkeiten **v**or dem Stoß

u Geschwindigkeiten **n**ach dem Stoß **u** wie ein umgedrehtes **n**

Beispiel:

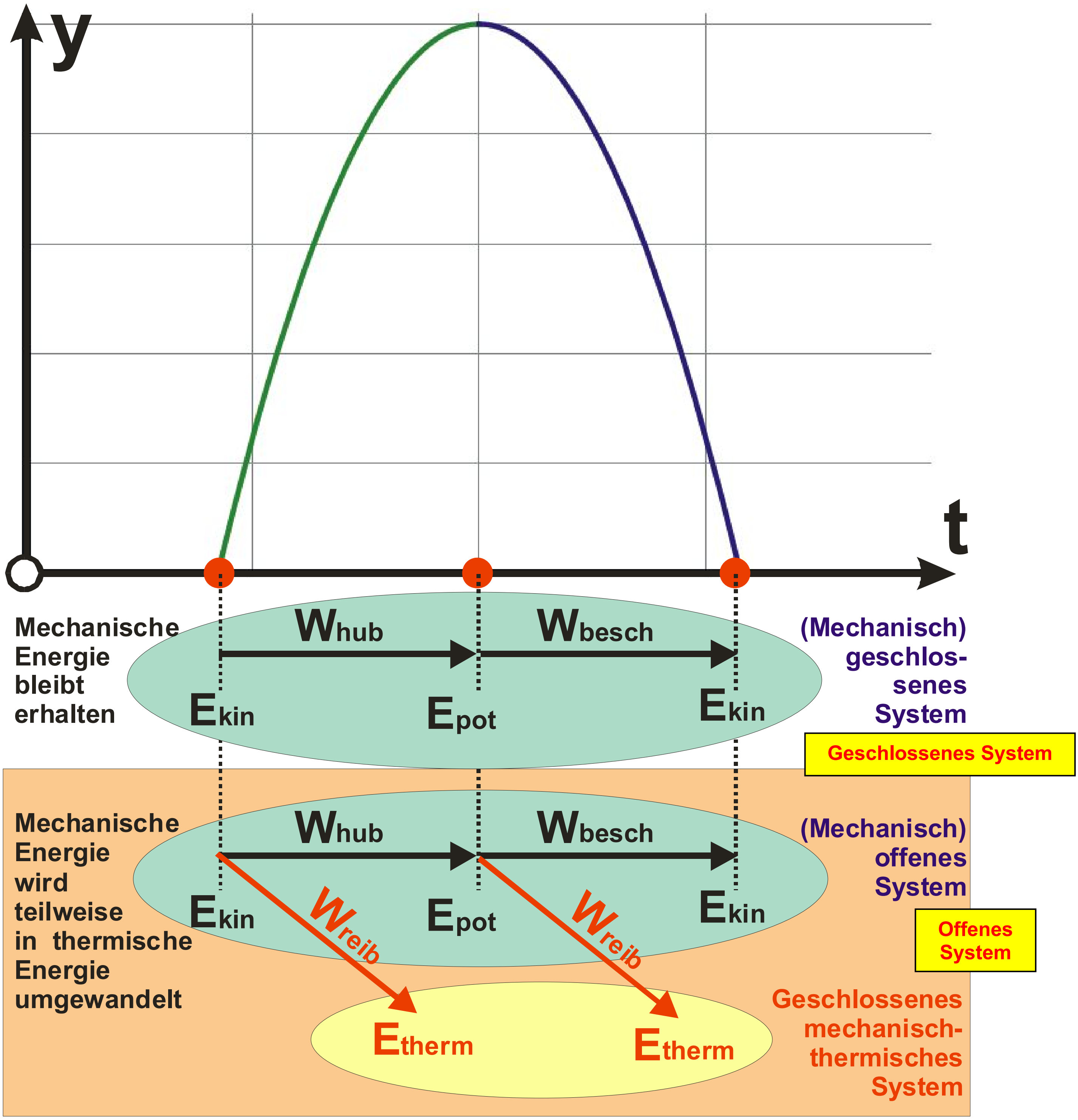
Zwei Stoßpartner –
Stoß nur in x-Richtung.
Unelastischer Stoß ($u_1 = u_2 = u$)

$m_1\,v_1 + m_2\,v_2 = (m_1 + m_2)\,u \quad |$ u ist gesucht

$$u = \frac{m_1\,v_1 + m_2\,v_2}{m_1 + m_2}$$

5 Offene und geschlossene Systeme

In einem geschlossenen System bleibt die Summe aller Energien (Gesamtenergie) erhalten.



Thermische Energie lässt sich nicht mehr (vollständig) in mechanische Energie umwandeln !

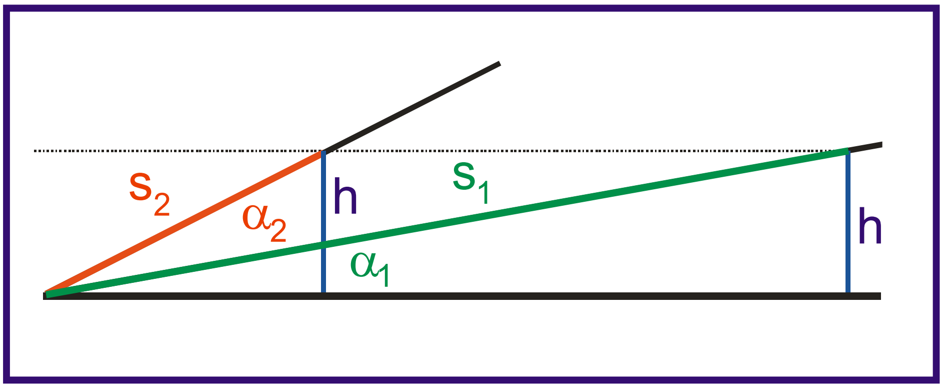
Folgerung:

In offenen Systemen ist die mechanische Energie **keine** Erhaltungsgröße
(Es geht mechanische Energie „verloren“)

6 Leistung

Aufgabe:

Ein Auto der Masse m = 1000 kg fährt eine Rampe (schiefe Ebene) hinauf, bis es die Höhe h = 10 m erreicht. Die Geschwindigkeit des Autos beträgt dabei 9,0 $^{m}/_{s}$:



- Die Rampe hat einmal die Steigung $\alpha_1 = 5{,}0°$ und ein anderes mal die Steigung $\alpha_2 = 10°$. Berechnen Sie, welche Strecken s_1 bzw. s_2 das Auto jeweils zurücklegt, um die Höhe h zu erreichen.
- Berechnen Sie, welche Zeiten t_1 bzw. t_2 das Auto jeweils braucht, um die Höhe h zu erreichen.
- Berechnen Sie, welche Höhenenergien E_1 bzw. E_2 das Auto nach Erreichen der Höhe h besitzt, wenn es die Steigung α_1 bzw. α_2 überwunden hat.
- Geben Sie an, welche Arbeiten W_1 und W_2 vom Auto verrichtet wurden, um die Höhe h zu erreichen.
- Berechnen Sie, welche **Arbeit** das Auto **pro Sekunde** verrichtet hat, um die Höhe h zu erreichen.

$\alpha_1 = 5{,}0°$	s_1=114,74 m	t_1=12,75 s	W_1=98,10 kJ	$E_1 \div t_1$= 7695.0 J/s
α_2=10,0°	s_2= 57,59 m	t_2= 6,40 s	W_2=98,10 kJ	$E_2 \div t_2$=15331.4 J/s

- Interpretieren Sie das Ergebnis.

Innerhalb einer Zeit t verrichtet das Auto bei der flacheren Steigung weniger Arbeit W_1 als das Auto bei der steileren Steigung (Arbeit W_2):

$$\frac{W_1}{t} < \frac{W_2}{\mathrm{t}}$$

Verrichtet ein System in der Zeit Δt die Arbeit ΔW, wird der Quotient

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

als **Leistung** bezeichnet.

Je höher die Leistung eines Systemes ist, desto schneller wird eine vorgegebene Arbeit verrichtet.

Einheit der Leistung: [P] = $^{J}/_{s}$ = W (Watt) (SI-Einheiten)
[P] = PS (Pferdestärke) (früher) 1 PS =735,5 W

7 Anwendungen

7.1 Zentraler elastischer Stoß

Zwei Körper der **Massen m_1 und m_2** prallen (voll-)elastisch aufeinander.
Vor dem Stoß besitzen beide Körper die Geschwindigkeiten der Beträge **v_1 und v_2**.
Wie hoch sind die Geschwindigkeitsbeträge **u_1 und u_2** der Körper n**ach** dem Stoß?

Wiederholung: **Elastischer Stoß – Durch den Stoßvorgang geht keine kinetische Energie verloren d.h.**
$E_{kin,vor} = E_v = E_u = E_{kin,nach}$

Vereinbarung: **v: Geschwindigkeit vor dem Stoß**
u: Geschwindigkeit nach dem Stoß

Impulse	$p_v = m_1v_1 + m_2v_2$ $p_u = m_1u_1 + m_2u_2$		p_v: Gesamtimpuls **vor** dem Stoß p_n: Gesamtimpuls **nach** dem Stoß
Impuls-erhaltung	$p_v = p_u \rightarrow$ $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2$	**(1)**	**Impulserhaltung**
Bewegungs-Energien	$E_v = \frac{1}{2}m_1{v_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{v_2}^2$ $E_u = \frac{1}{2}m_1{u_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{u_2}^2$		E_v: Kinetische Energie **vor** dem Stoß E_n: Kinetische Energie **nach** dem Stoß
Energie-Erhaltung	$\boldsymbol{E_v = E_u} \rightarrow$ $\frac{1}{2}m_1{v_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{v_2}^2 = \frac{1}{2}m_1{u_1}^2 + \frac{1}{2}m_2{u_2}^2 \rightarrow$ $\boldsymbol{m_1{v_1}^2 + m_2{v_2}^2 = m_1{u_1}^2 + m_2{u_2}^2}$	**(2)**	**Energieerhaltung**
(1) →	$\boldsymbol{m_1(v_1 - u_1) = m_2(u_2 - v_2)}$	**(3)**	$\Delta p_1 = \Delta p_2$
(2) →	$\boldsymbol{m_1{v_1}^2 - m_1{u_1}^2 = m_2{u_2}^2 - m_2{v_2}^2} \rightarrow$	**(4)**	
(3. Bin. Formel)	$m_1(v_1 - u_1)(v_1 + u_1) = m_2(u_2 - v_2)(u_2 + v_2)$	**(5)**	
(4)÷(3) →	$\frac{m_1(v_1-u_1)(v_1+u_1)}{m_1(v_1-u_1)} = \frac{m_2(u_2-v_2)(u_2+v_2)}{m_2(u_2-v_2)} \rightarrow$ $v_1 + u_1 = u_2 + v_2$	**(6)**	
(5) →	$u_1 - u_2 = v_2 - v_1$	**(7)**	**Lineares Gleichngssystem**
(3) →	$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$	**(8)**	

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{u_2} &= \boldsymbol{\frac{2m_1v_1 - m_1v_2 + m_2v_2}{m_1 + m_2}} \\ \boldsymbol{u_1} &= \boldsymbol{\frac{2m_2v_2 - m_2v_1 + m_1v_1}{m_1 + m_2}} \end{aligned}\right\} \quad \textbf{(9)}$$

Ergebnisse

7.2 Impulserhaltung in der Ebene

Lernaufgabe mit Lösungen:

1 Zwei Autos der Massen $m_1 = 1{,}0$ t und $m_2 = 2{,}0$ t und den Geschwindigkeitsbeträgen $v_1 = 5{,}0\ ^m/_s$ und $v_2 = 4{,}0\ ^m/_s$ prallen unter einem Winkel von 90° unelastisch aufeinander und rutschen gemeinsam weiter.

1.1 **Berechnen** Sie den Betrag u der Geschwindigkeit beider Körper nach dem Stoß.

L

geg.: $m_1 = 1000$ kg $v_1 = 5{,}0\ ^m/_s$ $\alpha_1 = 0°$
$m_2 = 2000$ kg $v_2 = 4{,}0\ ^m/_s$ $\alpha_2 = 90°$

ges.: u

Ansatz: $\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 5{,}0\ \frac{m}{s} \\ 0 \end{pmatrix}$ und $\vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 4{,}0\ \frac{m}{s} \end{pmatrix}$ (1)

Impulserhaltung: $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u} \rightarrow$

$$\vec{u} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2} = \frac{1000\,kg \begin{pmatrix} 5{,}0\frac{m}{s} \\ 0 \end{pmatrix} + 2000\text{ kg} \begin{pmatrix} 0 \\ 4{,}0\frac{m}{s} \end{pmatrix}}{3000\,kg} = \begin{pmatrix} 1{,}667 \\ 2{,}667 \end{pmatrix}\frac{m}{s} \rightarrow u = 3{,}14466\ \frac{m}{s}.$$

$$u = \underline{\underline{3{,}14}}\ \frac{m}{s}$$

Antwort: Beide Autos bewegen sich nach dem Stoß mit einer gemeinsamen Geschwindigkeit des Betrages 3,14 $^m/_s$.

1.2 **Berechnen Sie** den Winkel, um den Auto 1 durch den Stoß aus der ursprünglichen Bewegungsrichtung abgelenkt wird.

L

ges.: α_{res}

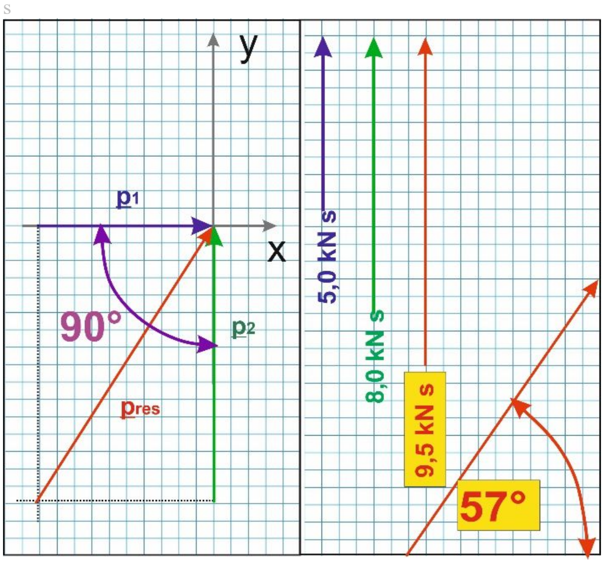
Ansatz: $\alpha_{res} = \text{ArcTan}(\frac{u_y}{u_x}) = \text{ArcTan}(\frac{2{,}667\frac{m}{s}}{1{,}667\frac{m}{s}}) = 57{,}9946° = \underline{\underline{58}}°$

Antwort: Auto 1 wird durch den Stoß um 58° aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt.

1.3 **Bestätigen Sie** Ihre Ergebnisse **durch Konstruktion**.

L

Konstruktion siehe Abbildung rechts.



Messung der Längen ergibt:

$p_{res} = k9{,}5$ Ns $\rightarrow u = \frac{p_{res}}{m_1 + m_2} = \frac{9{,}5\,kN\,s}{3000\text{ kg}} = 3{,}16\ \frac{m}{s} \approx 3{,}14\ \frac{m}{s}$ (***Passt***)

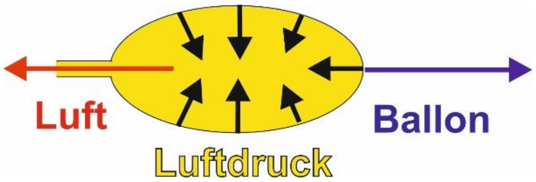
Messung des Winkels ergibt:

$\alpha_{res} = 57° \approx 58°$ (***Passt***)

Antwort: Die berechneten Ergebnisse werden im Rahmen der zeichnerischen Genauigkeit durch die Konstruktion **bestätigt**.

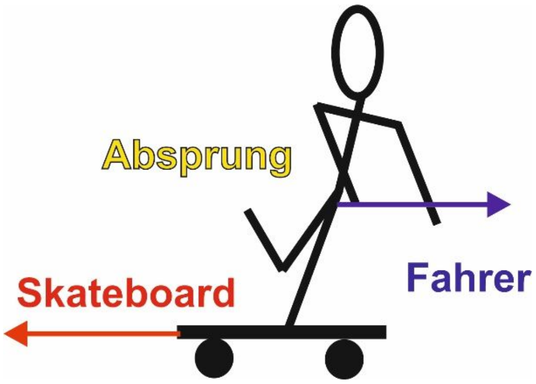
7.3 Rückstoß

Luftballon
wird aufgeblasen
und losgelassen

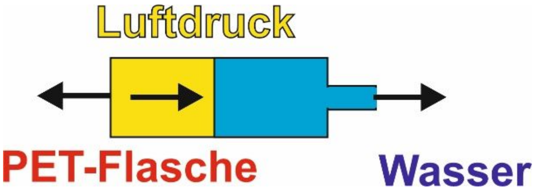


Der **Luftballon** zieht sich zusammen, die **Luft** wird aus der Öffnung gepresst und treibt den **Ballon** an.

Skateboard-
Fahrer springt
nach vorne von
Skateboard ab



PET-Flasche
wird halb mit
Wasser gefüllt
und anschließend
mit Luftpumpe
aufgepumpt



Vor dem Starten: $p_{v1} = p_{v2} = 0$ $\quad p_{v1} + p_{v2} = 0$

$\downarrow$ Impulserhaltung

Nach dem Starten: $p_{n1}<0$ und $p_{n2}>0$ $\quad p_{n1} + p_{n2} = 0 \;\rightarrow\; p_{n1} = -p_{n2}$

8 E-Trucker

8.1 Text-Vorlage

Lesen Sie den folgenden Text genau durch (Textanalyse):

Kuhn liefert Elektro-Muldenkipper aus

KIEL, 23.07.2018 – Für ein Schweizer Zementwerk hat die Kuhn Schweiz AG das weltgrößte Elektrofahrzeug entwickelt. Der Elektro-Muldenkipper mit einem Gewicht von vollbeladen 110 Tonnen ist seit Jahresbeginn im Steinbruch einer Zementfabrik im Kanton Bern in der Schweiz im Einsatz.

Das größte batteriegetriebene Fahrzeug der Welt mit der größten mobilen Batterie der Welt: Seit Jahresbeginn ist der umgerüstete Elektro-Großdumper im Steinbruch der Schweizer Zementfabrik Vigier im Einsatz. | Fotos: Kuhn Schweiz

Für seine jährliche Zementproduktion in der Größenordnung von 800.000 Tonnen benötigt das Zementwerk der Ciments Vigier SA im Schweizer Kanton Bern rund 500.000 Tonnen Rohstoffe in Form von Kalk- und Mergelgestein. Dessen Transport übernahm bislang ein Komatsu-Muldenkipper mit Dieselmotor im täglichen Acht-Stunden-Dauerbetrieb. Um den enormen Kraftstoffverbrauch und damit den CO2-Ausstoß zu reduzieren und die Lärmemissionen zu verringern, suchte das Zementwerk für sein Abbaugebiet in Péry nach Alternativen.

Gemeinsam mit dem Batteriespezialisten Lithium Storage GmbH aus Illnau im Kanton Zürich entwickelte der Komatsu-Händler Kuhn Schweiz AG einen elektrisch betriebenen Großdumper. In monatelanger, anspruchsvoller Umbauarbeit wurde das Gerät in seine Einzelteile zerlegt, revidiert und auf den Elektroantrieb umgerüstet; als Herzstück wurde ein 800 PS starker Elektromotor eingebaut. Zudem erhielt der Muldenkipper eine eigens konstruierte Stahl-Gummi-Kippmulde, die das problemlose Abladen des Gesteins auch im Winter ohne Abgas-Muldenheizung ermöglicht.

Etruck
https://www.bi-medien.de/artikel-27961-bm-kuhn-schweiz-elektro-muldenkipper.bi

Der sogenannte „E-Dumper" ist nach Angaben von Kuhn das größte und stärkste batteriebetriebene Elektro-Radfahrzeug überhaupt. In diesem Frühjahr verließ die Maschine nach zwei Jahren Entwicklungs- und Umrüstungszeit die Werkshallen der Baumaschinen Kuhn Schweiz AG. Für Produktion, Vertrieb und Vermarktung von batteriegetriebenen Elektro-Baumaschinen haben die Kuhn Schweiz AG und die Lithium Storage GmbH das gemeinsame Unternehmen Emining AG gegründet.

Eine weitere Besonderheit des „E-Dumpers" ist die neukonstruierte Stahl-/Gummi-Kippmulde, die ein problemloses Abladen ohne frostbedingte Anbackungen auch im Winter ermöglicht.

Fahrender Generator

Der auf Elektroantrieb umgerüstete Muldenkipper des Typs Komatsu HD 605-7 ersetzt nun im Steinbruch seinen baugleichen, aber dieselbetriebenen Vorgänger. Während er voll beladen Steigungen von bis zu 15 Prozent meistert, lädt sich auf der Talfahrt der Batterieblock – mit fünf Tonnen Gewicht und 700 kWh Energiegehalt der größte je in ein Fahrzeug eingebaute – wieder auf. Das heißt, der Muldenkipper produziert dadurch unter dem Strich sogar Energie.
Kuhn schätzt den so erwirtschafteten Überschuss bei den 20 Fahrten auf 200 kWh Strom täglich und bis zu 77 MWh pro Jahr. Dieser kann vom Betreiber ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden und führt so zu einem Nettogewinn. Dazu tragen auch die geringeren Wartungskosten für Elektromotoren und Batterien bei. In den nächsten zehn Jahren soll der Elektro-Muldenkipper jährlich über 300.000 Tonnen Gestein transportieren und damit 1.300 Tonnen CO2 und eine Million Liter Diesel einsparen.

8.2 Aufgabe

Erstellen Sie die Energie-Arbeits-Bilanz (als Fluss-Diagramm) eines E-Muldenkippers, der von der Bergstation aus mit Steinen beladen talwärts fährt, dort entladen wird, zur Bergstation zurückkehrt und dabei über die Ladung der Akkumulatoren (Akkus) chemische Energie erzeugt (**ein** Fahr-Zyklus):