Elastische und inelastische Stöße
Impulserhaltungssatz

Lies die S. 42f. und erkläre die Begriffe "elastisch" und inelastisch.
Notiere und erläutere den Impulserhaltungssatz.

Plane ein Experiment, mit dem man möglichst einfach den Impulserhaltungssatz bestätigen oder widerlegen kann.

Elastischer Stoß: Stoßpartner trennen sich nach dem Stoß
Inelastischer Stoß: " " " " " " nicht, sondern fahren gemeinsam weiter.

Bei allen Stößen gilt der Impulserhaltungssatz:

$$\boxed{\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1{}' + \vec{p}_2{}'}$$

(meistens werden 1-dim Stöße betrachtet)

$p_1 = m_1 v_1$ = Impuls von m_1 vorher
$p_2 = m_2 v_2$ = " " m_2 "
$p_1' = m_1 v_1'$ = " " m_1 nachher
$p_2' =$ ..

Spezialfall inelast. Stoß: $p_1' + p_2' = p_s' = (m_1 + m_2) \cdot v_s'$, $v_s' = v_1' = v_2'$

1) $m_1 = 86{,}8\,g$ $m_2 = 86{,}4\,g$

elastischer Stoß

v_1	v_2	v_1'	v_2'	p_1+p_2	$p_1'+p_2'$
0,39	-0,29	-0,27	0,38	0,088	0,094

2) $m_1 = 86{,}8\,g$ $m_2 = 186{,}2\,g$

elastischer Stoß

v_1	v_2	v_1'	v_2'	p_1+p_2	$p_1'+p_2'$
0,5	0,13	-0,05	0,35	0,068	0,061

3) $m_1 = 90{,}5\,g$ $m_2 = 185{,}7\,g$

inelastischer Stoß

v_1	v_2	v_1'	v_2'	p_1+p_2	$p_1'+p_2'$
0,17	0,41	0,33	0,33	0,09	0,09

[13/24, $\Delta s_1 = 9\,cm$, $\Delta s_2 \approx 22\,cm$
 " , $\Delta s_1' \approx 18\,cm = \Delta s_2$]

(alle Geschw. in m/s,
alle Impulse in kg m/s)

Energiebetrachtung:

1) $E_{kin,1} + E_{kin,2} = 0{,}01023\,J$ 2) $= 0{,}01242\,J$ 3) $\approx 0{,}0169\,J$

$E_{kin,1}' + E_{kin,2}' = 0{,}0094\,J$ $\approx 0{,}01151\,J$ $\approx 0{,}015\,J$

Aufgaben

1) $p = m\,v = 80\ Ns$
(oder $kg\,\frac{m}{s}$, oder Hy)

1. Eine Kugel der Masse 4 kg bewegt sich mit der Geschwindigkeit v = 20 m/s. Bestimmen Sie ihren Impuls.
2. Eine Bleikugel (Dichte: 11,35 Gramm pro Kubikzentimeter) besitzt einen Radius von 5 cm. Sie bewegt sich mit der Geschwindigkeit v und besitzt einen Impuls von 125 Ns. Wie groß ist v?
3. Ein nasser Fußball (Masse m = 800 g) fliegt mit der Geschwindigkeit v = 50 km/h waagrecht auf das Tor zu. Der Torwart (Masse M = 79 kg) springt senkrecht empor und fängt den Ball. Mit welcher Geschwindigkeit werden Torwart und Ball in Richtung des Tores getrieben?
4. Ein Gewehr mit 5 kg Masse feuert eine Kugel mit 50 g Masse mit der Geschwindigkeit v = 500 m/s ab. Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich das Gewehr nach hinten (Rückschlag)?

2) $m = \rho \cdot V = 6\ kg$

$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 524\ cm^3$

$v = \frac{p}{m} = 21\ \frac{m}{s}$

3) $p_1 + 0 = (m_1 + m_2)\ v_s$

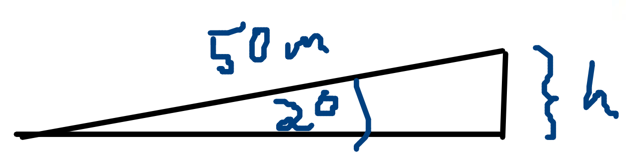
$\Rightarrow v_s = 0{,}14\ \frac{m}{s}$

4) $p_1 + p_2 = 0 + 0 = p_1' + p_2' = m_G \cdot v_G - m_K \cdot v_K \Rightarrow m_G\ v_G = m_K\ v_K$

ges. $v_G = 5\ \frac{m}{s}$

5. Ein Güterwaggon der Masse m = 25 t rollt ein 50 m langes, unter 2° gegen die Horizontale geneigtes Gleis hinab und stößt dann auf einen dort abgestellten, ruhenden Güterwaggon der Masse M = 18 t. Beim Anstoßen kuppeln beide Wagen zusammen und bilden eine Einheit.
   a) Mit welcher Geschwindigkeit stößt der erste Waggon an den zweiten?
   b) Mit welcher Geschwindigkeit rollen beide Waggons weiter?
6. Eine Rakete besitzt eine Startmasse von 250 t. Beim Start strömen pro Sekunde 10 t Gas mit der Geschwindigkeit 1400 m/s aus. Welche Geschwindigkeit hat die Rakete nach einer Sekunde erreicht? Wie groß war dabei die Beschleunigung und welchen Weg hat sie in dieser Sekunde zurückgelegt?

5) a)



$h = \sin 2° \cdot 50m$

$\frac{1}{2} m v^2 = m\,g\,h \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

$\approx 5{,}86\ \frac{m}{s}$

b) unelast. St.

$\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = v_s = 3{,}4\ \frac{m}{s}$

6) (vgl. 4)) $m_R \cdot v_R = m_G\, v_G \Rightarrow v_R = 57\ \frac{m}{s} \Rightarrow a = 57\ \frac{m}{s^2}\ (\approx 6g)$

$m_R =$ M, Mittelwert in 1s $= 245t$ $\Rightarrow s = \frac{1}{2} a t^2 = 28\ m$

7) $E_k = 250$ Mio GJ

$m_M \, v_M + 0 = (m_M + m_L) \, v_s$

$\Rightarrow v_s = \frac{m_M \, v_M}{m_M + m_L} = \frac{2000t \;\; 500 \; km/s}{2000t + 73 \cdot 10^{21} t} = 1{,}37 \; 10^{-17} \; km/s \approx 0$

7. Ein Meteor der Masse 2000 t trifft mit der Geschwindigkeit v = 500 km/s auf die Oberfläche des (ruhenden) Mondes. Die Mondmasse kann mit etwa 73 Trilliarden Tonnen angenommen werden. Berechnen Sie den beim Aufprall frei werdenden Energieverlust in Gigajoule (GJ). (1 MJ = 1 Megajoule = 1 000 000 J; 1 GJ = 1 000 MJ)

8) m = 12 t

8. Ein Düsenflugzeug (Masse 160 t) fliegt mit der mittleren Geschwindigkeit von 810 km/h. Um das Flugzeug auf dieser Geschwindigkeit zu halten, wird Luft angesaugt, in den Triebwerken verdichtet und mit der Geschwindigkeit 3 km/s ausgestoßen. Welche Menge an Luft muss pro Sekunde angesaugt werden (Angabe in Tonnen)?

9) unelastisch: Kinderkram!

elastisch: s. Präsent.

9.

Beim elastischen Stoß gilt:	Beim inelastischen Stoß gilt:
$v_1' = \frac{m_1 v_1 + m_2(2v_2 - v_1)}{m_1 + m_2}$ bzw. $v_2' = \frac{m_2 v_2 + m_1(2v_1 - v_2)}{m_1 + m_2}$	$v_1' = v_2' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$

Leiten Sie diese Gleichungen mit Hilfe von Energie- und Impulserhaltungssatz her.

Drehimpulserhaltungssatz: Der Drehimpuls eines starren Körpers bezüglich einer festen Achse ist konstant, solange kein äußeres Drehmoment auf ihn wirkt:

$L = J\omega = \text{konstant}$

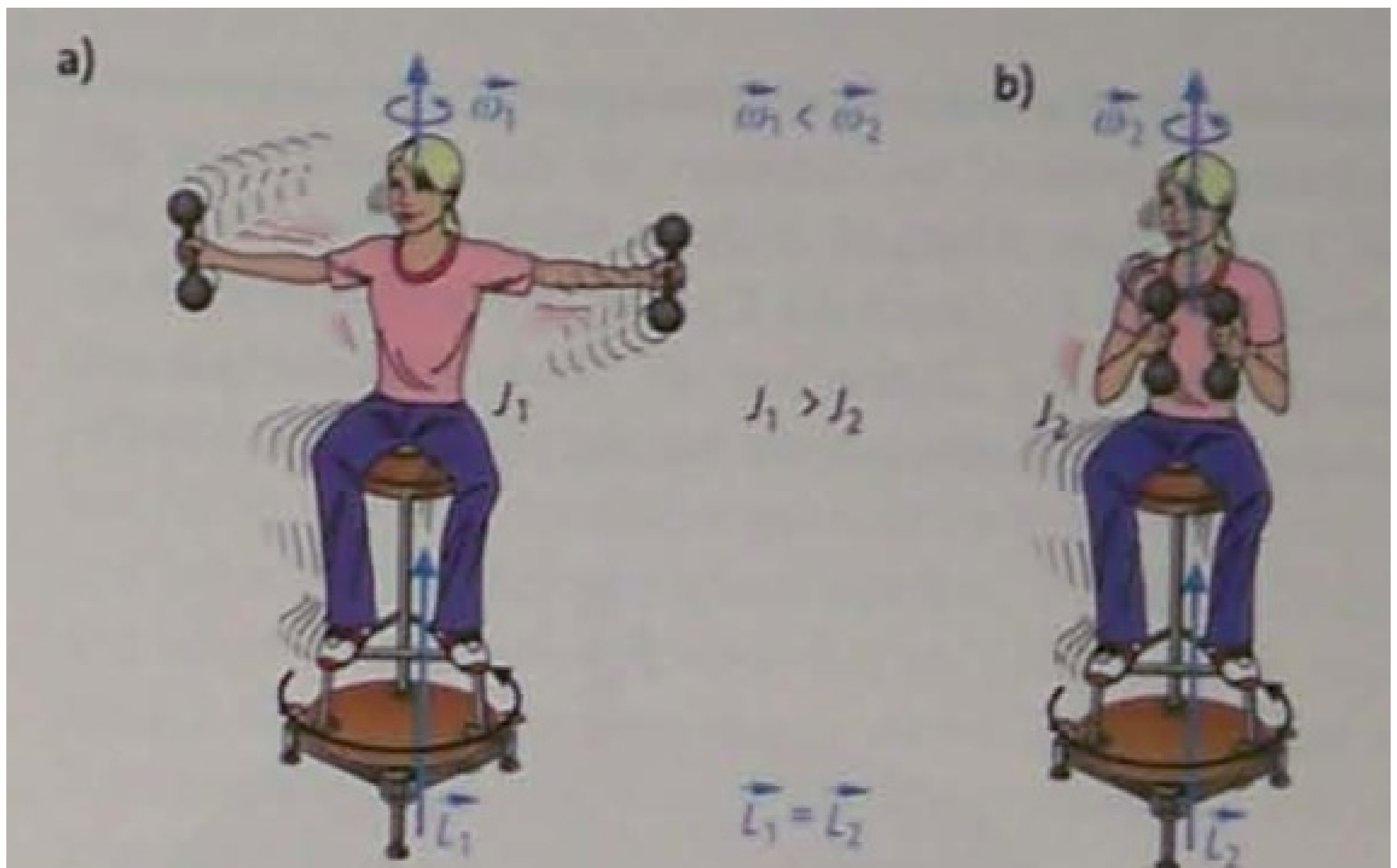
Impulserhaltungssatz:
In einem abgeschlossenen System ist die Summe der Impulse vor dem Stoß gleich der Summe der Impulse nach dem Stoß:

$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$

Eine räumlich begrenzte Anordnung von Körpern, die nur untereinander in Wechselwirkung stehen, wird als abgeschlossenes System bezeichnet.

Spezialfall: $L = r \cdot m \cdot v$

$p = m \cdot v$



75.1 Drehimpulserhaltung: Ist das Trägheitsmoment groß (**a**), so ist die Winkelgeschwindigkeit klein und umgekehrt (**b**).

Kreisbewegungen

gleichförmige Kreisbewegung:

Umlaufzeit bzw. Frequenz konstant

Die **Umlaufzeit** T einer Kreisbewegung ist der Quotient aus der Zeit t von n Umläufen und der Anzahl n. Der Kehrwert der Umlaufzeit T ist die **Frequenz** f der Kreisbewegung:

Umlaufzeit $T = \frac{t}{n}$; Frequenz $f = \frac{1}{T} = \frac{n}{t}$ $\quad [f] = 1\,Hz$

(Hertz)

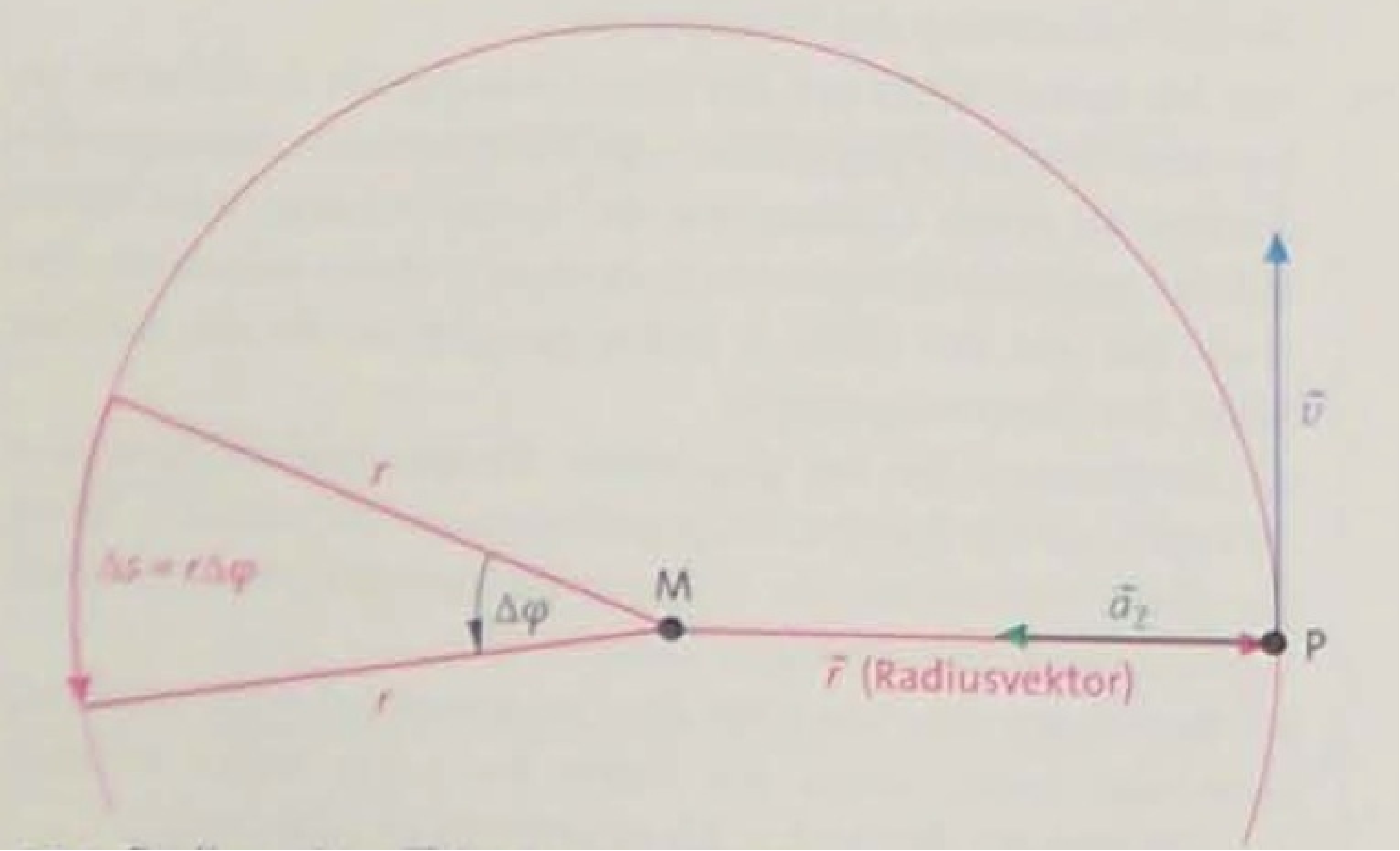
Winkelgeschwindigkeit:

Die **Winkelgeschwindigkeit** ω ist der Quotient aus dem vom Radiusvektor überstrichenen Winkel $\Delta\varphi$ und der dabei verflossenen Zeit Δt

$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ (ω griech. „Omega“, φ „Phi“). $= \frac{2\pi}{T}$

Bahngeschwindigkeit:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f. = r\omega$



Die **Zentripetalbeschleunigung** einer gleichförmigen Kreisbewegung hat den Größenwert (Betrag)

$a_Z = \frac{v^2}{r}$ oder $a_Z = \omega^2 r$.

Der Vektor der Zentripetalbeschleunigung ist stets zum Mittelpunkt (Zentrum) der Kreisbahn gerichtet.

$\Rightarrow \vec{F}_z = m\,a_z$

$=$ Zentripetalkraft

1)
$$\omega = \begin{cases} \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{60\,s} = 0{,}105/s & \text{Sek.} \\[2ex] \dfrac{2\pi}{3600\,s} = 1{,}75 \cdot 10^{-3}/s & \text{Min} \\[2ex] \dfrac{2\pi}{43200\,s} = 1{,}45 \cdot 10^{-4}/s & \text{Stund} \end{cases}$$

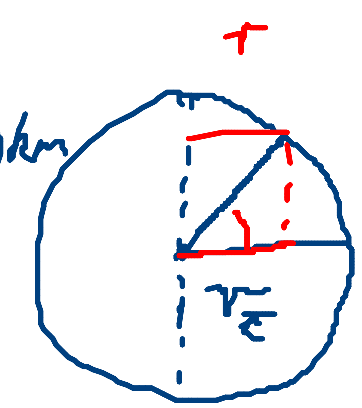
2) a) $\omega = 2\pi \cdot 50\,Hz$

$\Rightarrow a_z = \omega^2 \cdot r = 15791\,\frac{m}{s^2} \approx 1600 \cdot g$

b) $a_z = 28{,}5\,\frac{m}{s^2} \approx 3 \cdot g$

c) $a_z = \omega^2 r_E = \left(\frac{2\pi}{86400\,s}\right)^2 6400\,km$

$= 0{,}034\,\frac{m}{s^2} \approx 3‰ \cdot g$



1 Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit des Sekunden-, Minuten- und Stundenzeigers einer Uhr.

2 Wie groß sind die Radialbeschleunigungen absolut und im Vergleich zur Erdbeschleunigung ($g = 9{,}81\,m/s^2$)

a) einer Wäschetrommel ($d = 32\,cm$, 3000 U/min),
b) einer Astronautentestmaschine (Abstand Drehachse–Kabine 6,5 m, 20 U/min),
c) auf der Erde am Äquator bzw. auf 45° Breite infolge der Drehung der Erde um ihre Achse,
d) des Mondes infolge seines Umlaufs um die Erde,
e) der Erde infolge ihrer Bewegung um die Sonne?

$\cos\varphi = \frac{\text{Ankath}}{\text{Hypoth}}$ | $\sin\varphi = \frac{\text{Gegenkath}}{\text{Hypoth.}}$

$\Rightarrow r = r_E \cos 45°$

$\sin 0° = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0} = \cos 90°$

$\sin 30° = \frac{1}{2}\sqrt{1} = \cos 60°$

$\sin 45° = \frac{1}{2}\sqrt{2} = \cos 45°$

$\sin 60° = \frac{1}{2}\sqrt{3} = \cos 30°$

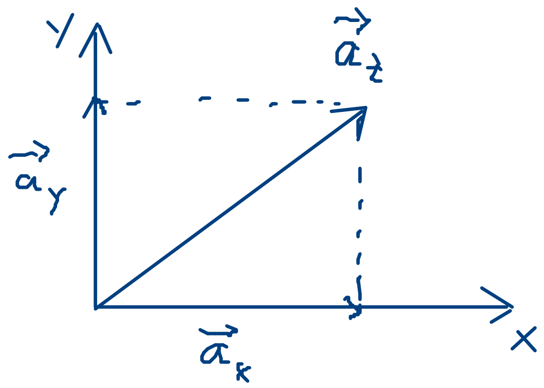
$\sin 90° = \frac{1}{2}\sqrt{4} = \cos 0°$

a) Die Komponente von a tangential an den Kreis erhöht die Bahngeschwindigkeit;

die Komponente von a in Richtung auf den Mittelpunkt verringert bei Vergrößerung dieser Komponente den Bahnradius.

b) parallel: tangentiale Bewegung, keine Kreisbahn mehr

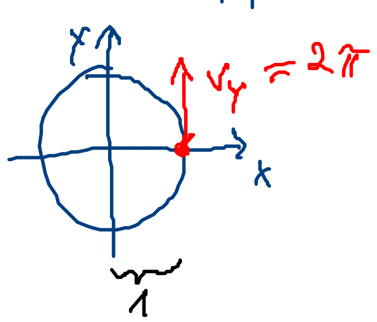
senkrecht: gleichförmige Kreisbewegung (mit konst. v)



$$\vec a_z = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$$

$$\vec a_z = \omega^2 \cdot \vec r \Rightarrow a_x = \omega^2 \cdot x$$
$$a_y = \omega^2\ y$$

Start: $x=1,\ y=0$



$v = \omega\ r$

$\Leftrightarrow \omega = v/r$

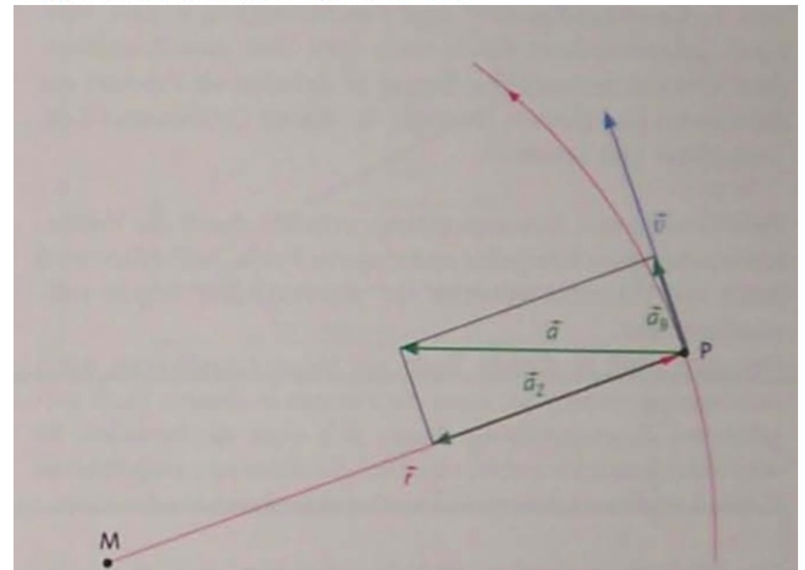
$v = 2\pi$

$\Rightarrow a_x = -4\pi^2\ x$

am Anfang $4\pi^2$

*4 **a)** Wie ändert sich im weiteren Verlauf die Bahnkurve in *Abb. 35.2* bei der angegebenen Lage von *a*?

b) Welche Bewegung liegt vor, wenn der Beschleunigungsvektor von konstantem Betrag ständig **a)** parallel oder **b)** senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor zeigt?



35.2 Ungleichförmige Kreisbewegung: Der Vektor der Beschleunigung zeigt nicht zum Mittelpunkt. Die Komponente $\vec a_B$, die Bahnbeschleunigung, verändert den Betrag der Bahngeschwindigkeit. Die Komponente a_z ist die Zentripetalbeschleunigung, die den Körper auf seiner Bahn hält.

*5 Entwickeln Sie ein Computerprogramm zur iterativen Berechnung der Kreisbewegung: Radius $r = 1$ m, Bahngeschwindigkeit $v = 2\pi$ m/s, Startpunkt $(x_0 = 1\ \text{m} \mid y_0 = 0)$ und $\Delta t = 0{,}001$ s. (*Hinweis:* Bei konstanter Beschleunigung steht der Beschleunigungsvektor stets senkrecht zum Geschwindigkeitsvektor.)

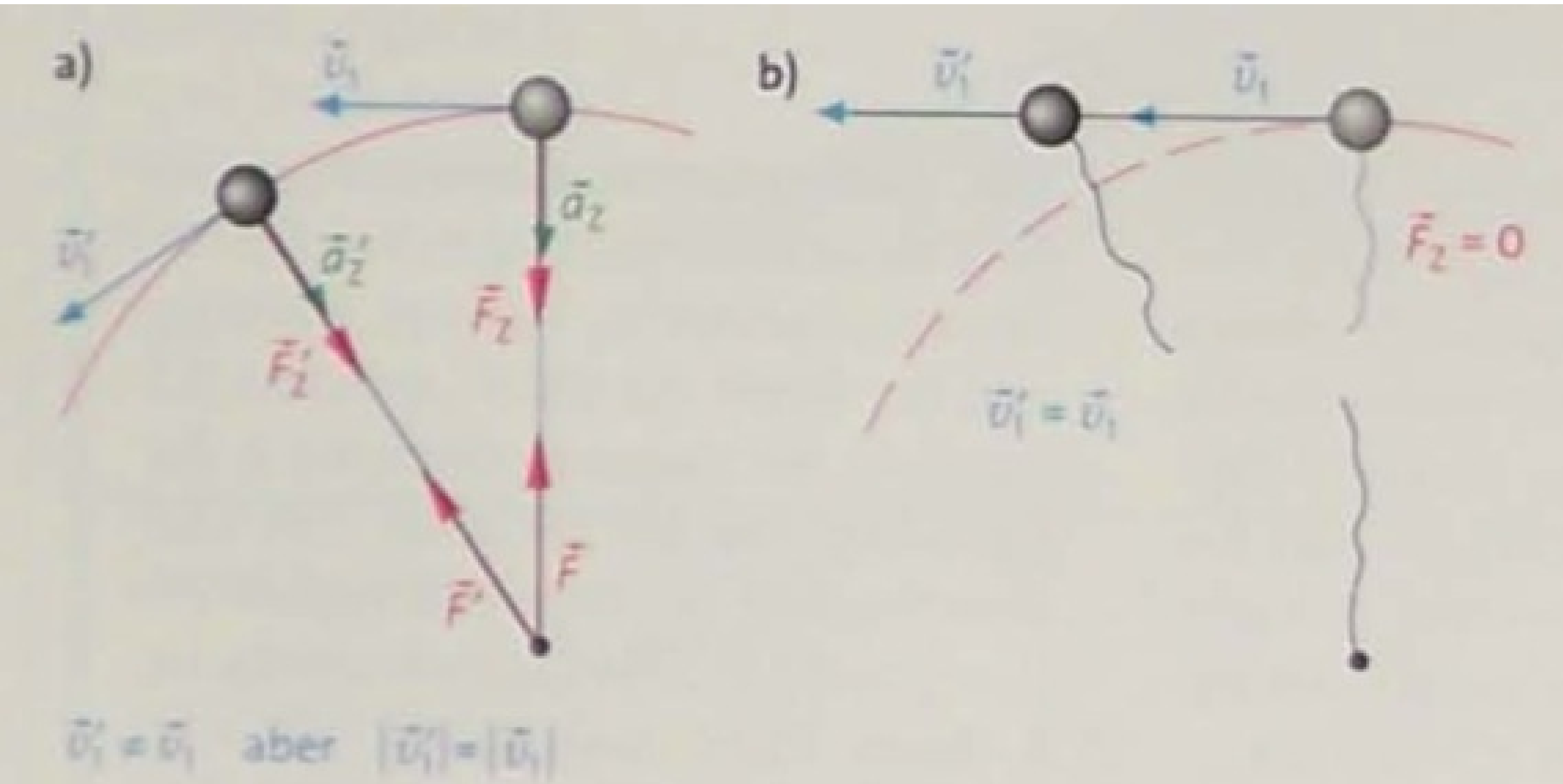
In Scilab sieht das so aus:

```
clf;
x=1;
y=0;
v_x=0;
v_y=2*%pi;
a_x=-4*%pi^2;
a_y=0;
dt=0.01;
X=[];Y=[];T=[];

for t=0:dt:4,
    T=[T,t];
    a_x=-4*%pi^2*x;  //negativ, weil die Beschl. dem x entgegengerichtet ist
    a_y=-4*%pi^2*y;  // ebenso
    v_x=v_x+a_x*dt;
    v_y=v_y+a_y*dt;
    x=x+v_x*dt;
    y=y+v_y*dt;
    X=[X,x];Y=[Y,y];
    end;

plot2d(X,Y,style=2,leg='');
```

Kräfte bei der Kreisbewegung



52.2 **a)** Die Zentripetalkraft $\vec{F}_Z$ der gleichförmigen Kreisbewegung ist zum Zentrum hin gerichtet. **b)** Ist die Zentripetalkraft plötzlich null, so bewegt sich der Körper nach dem Trägheitsgesetz in tangentialer Richtung weiter.

Die zum Zentrum gerichtete **Zentripetalkraft**, die einen Körper der Masse m bei konstanter Winkelgeschwindigkeit ω bzw. Bahngeschwindigkeit v auf einer Kreisbahn mit dem Radius r hält, ist

$$F_Z = m\omega^2 r = m v^2/r \quad \text{oder} \quad \vec{F}_Z = -m\omega^2 \vec{r}.$$

(S. 54)

---

1 Im einfachen Atommodell des Wasserstoffatoms umkreist das Elektron ($m_E = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg) das Proton auf einer Kreisbahn mit dem Radius $r = 0{,}5 \cdot 10^{-10}$ m mit einer Geschwindigkeit $v = 2{,}2 \cdot 10^6$ m/s. Wie groß müsste danach die Kraft zwischen Elektron und Proton sein?

$$\left(m_p = 1{,}67 \; 10^{-27}\,\text{kg} \quad \gamma = 6{,}67 \; 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \right)$$

$$F_Z = m\, v^2/r = 8{,}81 \; 10^{-8}\,\text{N}$$

"Wer oder was bringt diese Kraft auf?"
Die elektrische Anziehungskraft zw. Elektron und Proton!
Im Vgl. dazu:

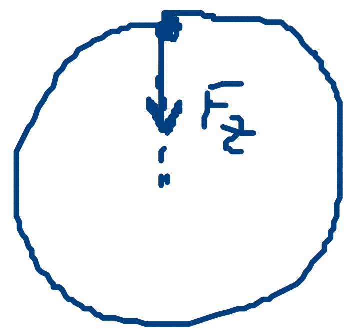
$$F_G = \gamma \frac{m_e m_p}{r^2} = 4{,}05 \; 10^{-47}\,\text{N}$$

(wäre also viel zu klein, um als Zentripetalkraft zu wirken)

$$\Rightarrow \frac{F_{el}}{F_G} \approx 10^{40}$$

(So viel stärker ist die elektr. im Vgl. zur Grav.-Kraft!)

2) a)



F_G wirkt in die gleiche Richtung

Wenn $F_G > F_Z$, dann würde der Körper herunterfallen.

Also muss gelten, damit er nicht herunterfällt.

$$F_Z > F_G$$

$$\Leftrightarrow \quad m\omega^2 \cdot r > m g$$

$$\Leftrightarrow \quad \omega^2 r > g$$

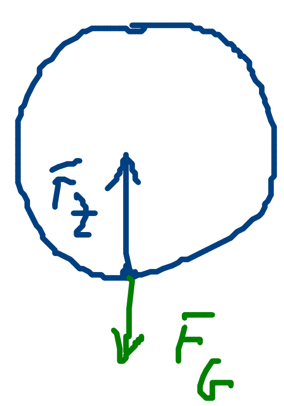
$$\Leftrightarrow \quad \omega > \sqrt{g/r} = 4{,}43/s$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow f = 0{,}7\,Hz$$

$$= 42\,/min$$

b)



Das Seil muss F_Z und zusätzl. die Gegenkraft zu F_G aufbringen:

$$F_{Seil} > F_Z + F_G = m\omega^2 r + m g$$

$$= m(\omega^2 r + g) = 2N$$

2 Ein Körper ($m = 0{,}1$ kg) wird an einer Schnur ($l = 0{,}5$ m) auf einem Kreis herumgeschleudert, dessen Ebene senkrecht zur Erdoberfläche steht.

a) Wie groß müssen mindestens die Winkelgeschwindigkeit und die Drehzahl pro Minute sein, damit der Körper im oberen Punkt seiner Bahn nicht herunterfällt?

b) Welche Reißfestigkeit (in N) muss die Schnur haben?

4a) $F_z = m \omega^2 r$, $f = 80/\text{min} = 1{,}33\,\text{Hz}$

$= 22{,}5\,\text{N}$ $\quad \omega = 2\pi f$, $r = 0{,}8\,\text{m}$

b) Die Schnur reißt, wenn

$$m \omega^2 r > 500\,\text{N} \Rightarrow \omega > \sqrt{\frac{500\,\text{N}}{m \cdot r}} = 39{,}5/\text{s}$$

$$\Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = 6{,}3\,\text{Hz}$$

$$= 377{,}5/\text{min}$$

9)

Auf der Brückenmitte wirkt bei normaler Geschwindigkeit ein Teil der Gewichtskraft als Zentripetalkraft, so dass der Wagen die Brücke mit der Kraft

$F = mg - mv^2/r = 9{,}54\text{kN}$

statt mit der vollen Gewichtskraft von 12,8kN belastet.

Hebt der Wagen ab, wäre die Gewichtskraft gleich der Zentripetalkraft:

$mv^2/r = mg$ oder $v^2 = r\,g$ oder $v = 79{,}9$ km/h

4 Ein Körper ($m = 0{,}4$ kg) wird an einer 0,8 m langen Schnur 80-mal in der Minute auf einem Kreis, der in einer waagerechten Ebene liegt, herumgeschleudert.

a) Welche Zugkraft muss die Schnur aushalten?

b) Bei welcher Umdrehungszahl reißt die Schnur, wenn ihre Zugfestigkeit mit 500 N angegeben ist?

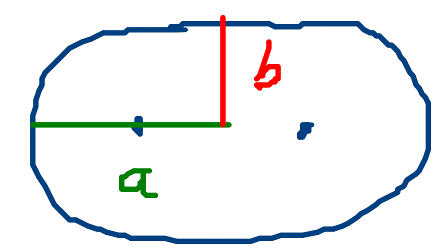
***9** Ein Pkw ($m = 1300$ kg) fährt mit konstanter Geschwindigkeit $v = 40$ km/h über eine gewölbte Brücke. Der Radius des Brückenbogens beträgt $R = 50$ m. Mit welcher Normalkraft belastet der Pkw die Brückenmitte? Bei welcher Geschwindigkeit würde der Wagen abheben?

Gravitation und Planetenbewegung: *Im Unterricht haben wir neben den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten zur Beschreibung von Kreisbewegungen auch die Keplerschen Gesetze für Planetenbewegungen kennengelernt.*

1.1. Die Exzentrizität der Erdbahn $e = 0{,}01674$ bestimmt die Form ihrer Ellipse. Die kleine Halbachse b berechnet sich aus der großen Halbachse $a = 149{,}6 \cdot 10^6\,km$ mit $b^2 = a^2 - (e \cdot a)^2$.
Erläutern Sie unter Verwendung dieser Daten, dass man die Erdbahn näherungsweise als kreisförmig betrachten kann.

1.2. Bestimmen Sie die Masse der Erde auf einem einfachen Weg über den mittleren Abstand des Mondes (ca. 384000 km) und seine Umlaufzeit (ca. 27 Tage). *(Tipp: Die Mondbahn ist ebenfalls näherungsweise eine Kreisbahn.)*

1.1. $$b^2 = a^2 - (e \cdot a)^2 = a^2 \underbrace{(1 - e^2)}_{0{,}9997} = 0{,}9997 \cdot a^2$$

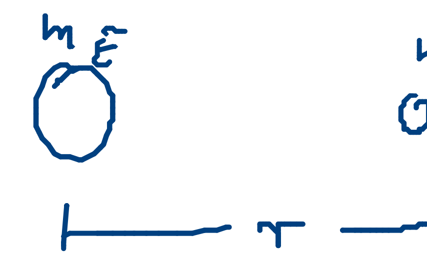


$$\Rightarrow b = 0{,}9999\,a \approx a$$

1.2. Wenn Kreisbahn, dann nur mit F_Z! Was bringt F_Z auf?

$$F_Z = F_G \quad \Leftrightarrow \quad m_M \cdot \omega^2 r = \gamma \frac{m_E\, m_M}{r^2}$$

Newtonsches Grav.-Ges.



$$\Leftrightarrow \frac{\omega^2 r^3}{\gamma} = m_E$$

$$= 6 \cdot 10^{24}\,kg$$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$, $T = 27 \cdot 86400\,s$

1.3. Ein Astronaut (m_A = 75 kg) besucht den neuen Planeten. Eine mitgebrachte Waage zeigt auf dem Äquator des Planeten eine andere Gewichtskraft an als auf dem Pol.
Erläutern Sie dieses Phänomen und berechnen Sie die Anzeige der Waage an beiden Orten.

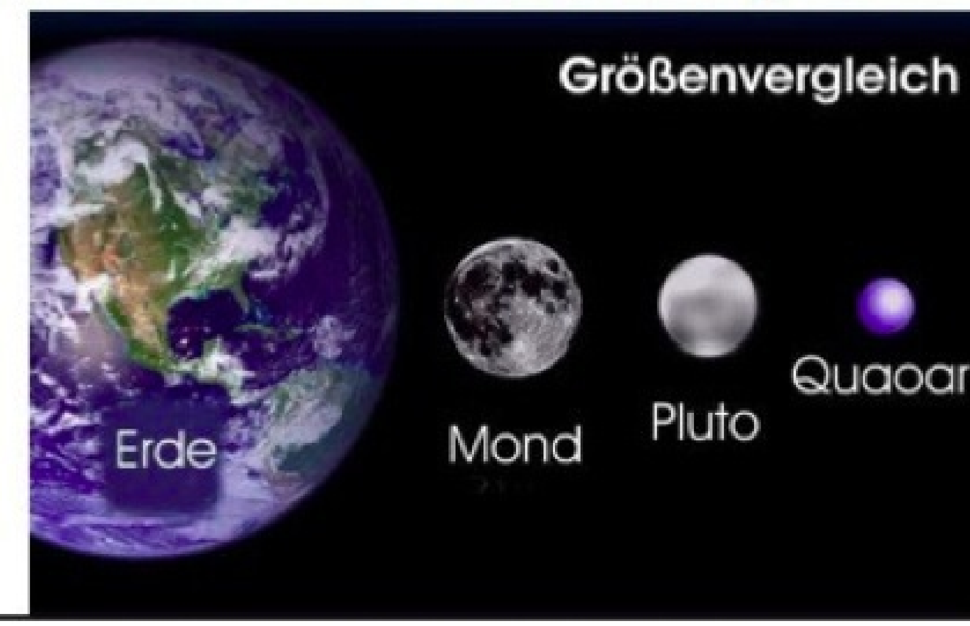
1.4. Erde und Quaoar umrunden beide die Sonne. Die Erde braucht für eine Umrundung nur 365,25 Tage, der neue Planet wesentlich länger.
Bestimmen Sie mit Hilfe der Daten von Quaoar und Erde den Abstand von Quaoar zur Sonne und die Masse der Sonne. *(Falls Sie kein Ergebnis für den Abstand Quaoar-Sonne finden, rechnen Sie mit dem Wert* $r = 6{,}5 \cdot 10^{12}\,m$ *weiter.)*

Neuer Planet jenseits des Pluto entdeckt

Quaoar - Illustration
P.M.-Magazin

Die Astronomen Michael Brown und Chadwick Trujillo vom California Institute of Technology (Pasadena, USA) entdeckten das lichtschwache Gebilde erst mit dem Teleskop auf dem Mount Palomar. Später nutzten sie die "Advanced Camera for Surveys" des Hubble-Weltraum-Teleskops, das den Durchmesser des Objekts bestimmen konnte. Das Objekt mit dem offiziellen Namen "2002 LM60" hat einen Durchmesser von 1300 km (mehr als die Hälfte des Pluto-Durchmessers). Seine Umlaufbahn ist fast exakt kreisförmig (im Gegensatz zu der extrem exzentrischen Bahn von Pluto), und der Planet umrundet die Sonne in 288 Jahren (Pluto: 248 Jahre). Er dreht sich um sich selbst in 6 Stunden. Es ist noch unbekannt, aus welchem Material der neue Planet besteht, es wird jedoch vermutet, dass er eine Masse von etwa $2{,}5 \cdot 10^{22}$ kg besitzt.

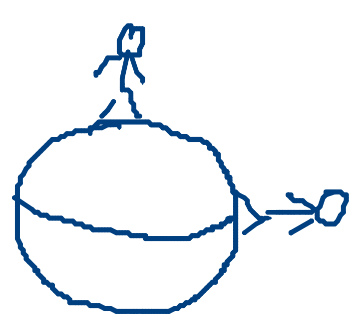
Mit Quaoar wurde zum ersten Mal seit der Entdeckung Plutos im Jahre 1930 ein Himmelskörper mit vergleichbarer Größe gefunden - ein zehnter Planet.
Das Bild zeigt eine Illustration; im Foto ist Quaoar ein strukturloser Lichtpunkt.



P.M.-Magazin 2002

$F_w = F_G$

1.3.

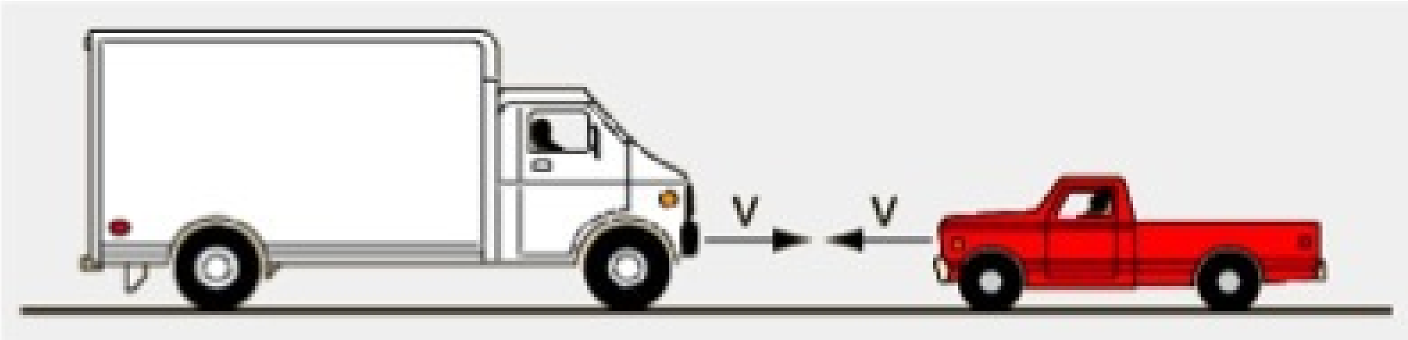


$F_w = F_G - F_z$

1.5. Neuere Untersuchungen aus dem Jahr 2003 stellen die Hypothese auf, der Planet sei größtenteils hohl und habe nur eine Masse von etwa $1{,}0 \cdot 10^{16}\,kg$.
Angenommen, diese Theorie wäre richtig: Schätzen Sie ab, ob es dann möglich wäre, dass unser Astronaut aus eigener Kraft das Gravitationsfeld des Planeten verlassen kann.

Impulserhaltungssatz

2.1. Zwei Lastwagen, ein schwerer mit der Masse M und ein leichter mit der Masse m, fahren mit gleichem Geschwindigkeitsbetrag aufeinander zu. Begründen Sie mit präzisen physikalischen Überlegungen, in welchem der beiden Fahrzeuge Sie auf keinen Fall sitzen wollten.



(Tipp: $F = m \cdot a$ ist ein Spezialfall von $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$; Δp und damit F ist die über die „Schwere des Unfalls“ entscheidende Größe.)

2.2. Ein Güterwaggon der Masse $m_1 = 25t$ rollt ein 50 m langes, unter 2° gegen die Horizontale geneigtes Gleis hinab und stößt dann auf einen dort abgestellten, ruhenden Güterwaggon der Masse $m_2 = 18t$. Beim Anstoßen kuppeln beide Wagen zusammen und bilden eine Einheit.

a) Mit welcher Geschwindigkeit stößt der erste Waggon an den zweiten?

b) Mit welcher Geschwindigkeit rollen beide Waggons weiter?

2.3. Ein Meteor der Masse 2000 t trifft mit der Geschwindigkeit v = 500 km/s auf die Oberfläche des (ruhenden) Mondes. Die Mondmasse kann mit etwa 73 Trilliarden Tonnen angenommen werden. Berechnen Sie den beim Aufprall frei werdenden Energieverlust in Gigajoule (GJ).