

# Aufgabensammlung Zwischenprüfung 2024

Physik, Promotion 154c, Profil Magna, A. Gertsch

## Aufgaben zu Grundkenntnissen und zusätzlichen Anforderungen

### **Kinematik geradliniger Bewegungen (KIN, GK&ZA)**

- 1 Kinematik eines Intercitys
- 2 Der hüpfende Gummiball

### **Dynamik geradliniger Bewegungen (DYN, GK&ZA)**

- 3 Beschleunigung beim Skispringen
- 4 Kräfte beim Abschleppen

### **Mechanik der Kreisbewegung (KB, GK&ZA)**

- 5 Lebt es sich am Äquator "leichter"?
- 6 METEOSAT-9 – ein geostationärer Satellit

### **Arbeit/Energie/Leistung (E, GK&ZA)**

- 7 Das Ausschwingen eines Fadenpendels
- 8 Reibungsverlust beim Schlitteln

### **Akustik (A, GK&ZA)**

- 9 Die Schwingung einer Klaviersaite
- 10 Die Schwebung – ein Überlagerungsphänomen

### **Elektrischer Strom (S, GK&ZA)**

- 11 Von einfacheren zu komplizierteren Schaltungen
- 12 Die Notwendigkeit von Hochspannungsleitungen

## Aufgaben ausschliesslich zu den Grundkenntnissen

### **Kinematik geradliniger Bewegungen (KIN, GK)**

- 13 Verschiedenes zu Fallvorgängen
- 14 Zugsabfahrt im HB Zürich

### **Dynamik geradliniger Bewegungen (DYN, GK)**

- 15 "Underwägs mit em Poschtiwägeli"
- 16 Space Shuttle Start

### **Mechanik der Kreisbewegung (KB, GK)**

- 17 Claudio – ein Temposünder?
- 18 Schienenbelastung bei der Achterbahn

### **Arbeit/Energie/Leistung (E, GK)**

- 19 Energieerhaltung beim Federpendel
- 20 Energiespeicherung im Pumpspeicherkraftwerk

### **Akustik (A, GK)**

- 21 Das Federpendel – ein harmonischer Oszillator
- 22 Ein Versuch mit dem Vokal "O"

### **Elektrischer Strom (S, GK)**

- 23 Serieschaltung und Steckdosenleiste
- 24 Ein Wasserkocher aus den USA

# 1 Kinematik eines Intercitys

## Kinematik geradliniger Bewegungen (GK&ZA)

Die Kinematik ist diejenige Teildisziplin der Mechanik, welche sich mit der **mathematischen Beschreibung von Bewegungen** befasst, ohne näher auf deren Ursachen einzugehen.

- (a) Eine typische kinematische Aufgabe lautet z.B.:

Ein Intercity auf dem Weg von Zürich nach Bern muss für die Passage des Bahnhofs Olten seine Geschwindigkeit auf  $85 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  drosseln. Anschliessend beschleunigt er wieder auf  $130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Für diesen erneuten Beschleunigungsvorgang benötigt der Zug eine Strecke von 850 m.

### Wie gross war die Beschleunigung während diesem Vorgang?

*Du zeigst schlicht und ergreifend, wie eine solche kinematische Aufgabe zu lösen ist (Bewegungstyp? Gegeben? Gesucht? Passende Gleichung? Formale Auflösung? Werte einsetzen! Rechnen! Umrechnen!).*

*Wenn du's drauf hast, bist du damit in 2 Minuten fertig!*

- (b) Die kinematischen Gleichungen können aus **Bewegungsdiagrammen** hergeleitet werden. Eine Gleichung zur **gleichmässig beschleunigten Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit** (gmbBmA) lautet beispielsweise:

$$s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

### Zeichne das $t$ - $v$ -Diagramm zur Aufgabenstellung unter (a).

(Du darfst davon ausgehen, dass der Vorgang knapp 30 s dauert.)

Erläutere anschliessend allgemein, wie und weshalb wir aus diesem Diagramm heraus auf obige Gleichung schliessen können.

*Das leere Diagramm erhältst du mit einer passenden Skalierung vorgelegt.*

*Beim Skizzieren des Bewegungsdiagramms kommentierst du, was du gerade einträgst und was deine Überlegungen dabei sind.*

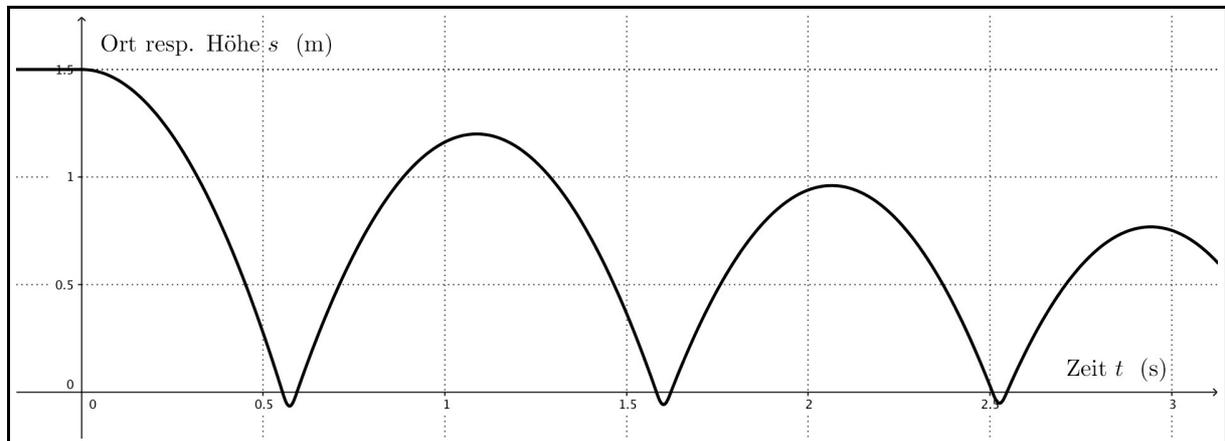
*Danach leitest du aus dem  $t$ - $v$ -Diagramm die beiden folgenden Gleichungen ab:  $s = \frac{v_0 + v}{2} t$  ("Fläche im  $t$ - $v$ -Diagramm = zurückgelegte Wegstrecke") und  $v = v_0 + at$  ("Geschwindigkeitsgraph ist eine Gerade mit Steigung  $a$ ").*

*Zum Schluss kombinierst du diese beiden Gleichungen zur Gesuchten.*

## 2 Der hüpfende Gummiball

Kinematik geradliniger Bewegungen (GK&ZA)

Das **Hüpfen eines Gummiballs**, der fallen gelassen wurde, ist ein spannender Vorgang – zumindest für Kinder und Physiker\*innen. Der Vorgang lässt sich in **Bewegungsdiagrammen** aufzeichnen. Hier z.B. das  $t$ - $s$ -Diagramm dazu:



Genau auf der Nullhöhe berührt der Ball den Boden und ist entspannt. Darunter hat er Bodenkontakt und ist mehr oder weniger zusammengedrückt.

(a) **Zeichne das  $t$ - $v$ -Diagramm zu diesem Vorgang.**

*Ich erwarte, dass du beim Zeichnen erläuterst, warum du was wie einträgst. Erkläre insbesondere, welche Steigung das Diagramm während den Flugphasen aufweisen muss.*

*Das leere  $t$ - $v$ -Koordinatensystem erhältst du (ohne Beschriftung) vorgelegt.*

*Tipp: Es ergibt sich eine Art Sägezahnfunktion!*

(b) **Mit welcher Geschwindigkeit schlägt der Ball beim zweiten Aufprall am Boden auf und woran erkennt man im  $t$ - $v$ -Diagramm, dass der Ball während dem Bodenkontakt riesige Beschleunigungen erfährt?**

*Begründe deine Antworten anhand des  $t$ - $v$ -Diagramms aus Aufgabe (a). Solltest du in diesem Moment nicht über das richtige  $t$ - $v$ -Diagramm verfügen, lege ich es dir nun vor.*

*Die erste Antwort ist gut, wenn du genau benennen kannst, durch welche Überlegung man auf die Aufschlagsgeschwindigkeit kommen kann. Im Prinzip gibt es mehrere Wege, die einen sind aber etwas präziser als die anderen.*

*Beim zweiten Teil der Frage zeigst du, dass du die Definition der Beschleunigung anhand des  $t$ - $v$ -Diagramms auch wirklich verstanden hast.*

### 3 Beschleunigung beim Skispringen

#### Dynamik geradliniger Bewegungen (GK&ZA)

Auf einem schneebedeckten Hang wird man beim abwärts Fahren aufgrund der Gewichtskraft schneller. Die Beschleunigung ist aber – zum Glück – deutlich geringer als im freien Fall, weil die Gewichtskraft nur teilweise hangabwärts zeigt. Zur Verdeutlichung betrachten wir einen Skispringer:



- (a) **Welche Kräfte wirken auf den Skispringer und welche Gleichungen lassen sich für diese Kräfte aufstellen?**

*Als Antwort trägst du die Kräfte ins obige Bild ein. Es sind vier Stück, wenn man den Luftwiderstand mitzählt. Achten Sie auf die richtigen Längen für die Kraftpfeile. Dazu startest du am besten mit der Gewichtskraft. Diese zerlegst du in eine Komponente parallel und eine senkrecht zum Hang (Bedeutungen?). Danach trägst du die Normalkraft mit korrekter Länge ein. Schliesslich kommen Reibungskraft und Luftwiderstand hinzu, die zusammen kürzer als die Hangabtriebskraft, also als die Parallel-Komponente der Gewichtskraft sein müssen, damit der Springer beschleunigt.*

*Zum Schluss stellst du die zwei sich ergebenden Kraftgleichungen auf.*

- (b) **Welche Beschleunigung erfährt der Skispringer?**

**Daten:** Masse  $m = 72 \text{ kg}$ , Gleitreibungszahl  $\mu_G = 0.05$ , Hangneigung  $m = 24 \%$ , Luftwiderstand  $F_L = 60 \text{ N}$ .

*Solltest du unter (a) die Kräfte nicht korrekt eingetragen und/oder keine passenden Kraftgleichungen aufgestellt haben, so hole ich das nach.*

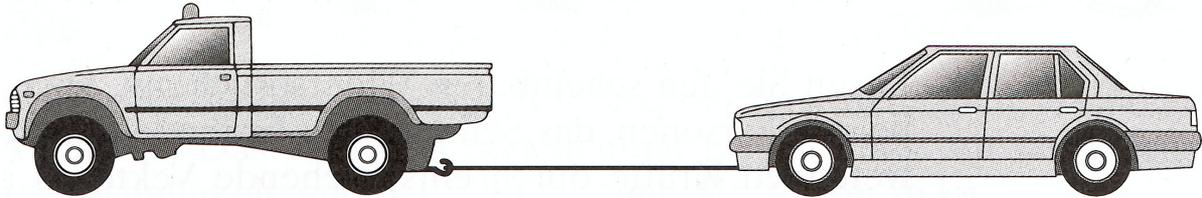
*Nun zeigst du, wie die einzelnen Kräfte berechnet werden. Dabei interessiert insbesondere die Berechnung der Gewichtskraftkomponenten  $F_{G,\parallel}$  und  $F_{G,\perp}$ .*

*Zuletzt schliesst du mit dem Aktionsprinzip ( $F_{\text{res}} = m \cdot a$ ) auf die Beschleunigung  $a$ .*

## 4 Kräfte beim Abschleppen

Dynamik geradliniger Bewegungen (GK&ZA)

Ein Personenwagen (PKW,  $m_{\text{PKW}} = 1350 \text{ kg}$ ) muss aufgrund eines Motorschadens vom Pannenhilfefahrzeug (PF,  $m_{\text{PF}} = 1950 \text{ kg}$ ) abgeschleppt werden. Das PF bringt eine Motorenkraft von  $5140 \text{ N}$  auf die Strasse.



- (a) **Zeichne die auf die Fahrzeuge wirkenden Kräfte ein und stelle daraus drei Gleichungen für resultierende Kräfte auf – eine für das PF, eine für den PKW und eine für beide Fahrzeuge zusammen.**

Der Luftwiderstand sei vernachlässigbar.

*Beim Eintragen der Kräfte zeigst du, dass du verstanden hast, was der zentrale Gedanke bei den Kräften auf aneinander gekoppelte Körper ist: Die Zugkraft im Seil wirkt sowohl auf den PKW, wie auch auf das PF (Wechselwirkungsprinzip).*

*Die drei Gleichungen beginnen folgendermassen:*

$$F_{\text{res,PF}} = \dots \quad F_{\text{res,PKW}} = \dots \quad F_{\text{res,total}} = \dots$$

- (b) **Welche Beschleunigung erfahren die beiden Fahrzeuge und welche Zugkraft herrscht im Abschleppseil?**

**Hinweis:** Die Rollreibungszahl zwischen Pneu und Strasse betrage bei beiden Fahrzeugen  $0.070$ .

*Du benutzt deine Kraftgleichungen aus (a), um zuerst auf die Beschleunigung und damit anschliessend auf die Zugkraft im Seil zu kommen. Natürlich gebe ich dir die Gleichungen, wenn es in (a) nicht geklappt haben sollte.*

## 5 Lebt es sich am Äquator “leichter”?

Mechanik der Kreisbewegung (GK&ZA)

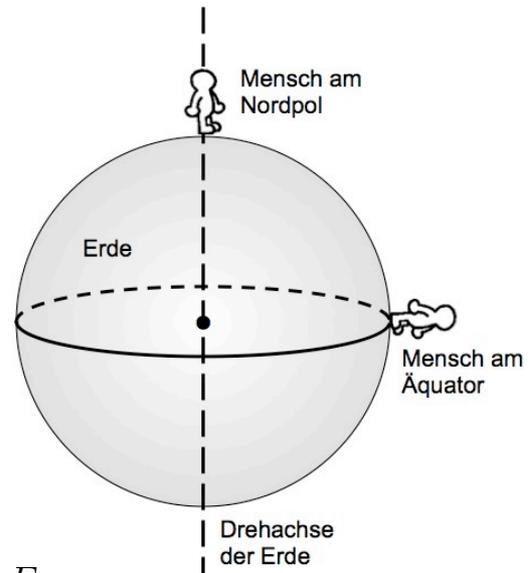
Der Planet Erde dreht sich einmal pro Tag um seine Achse. Unsere Kraftwahrnehmung lässt uns diese Erdrotation allerdings nicht spüren, weil der Effekt einfach zu klein ist. Davon überzeugen wir uns in dieser Aufgabe.

- (a) Ein Mensch stehe am Nordpol, sein identischer Zwilling am Äquator.

**Analysiere die Kraftverhältnisse in beiden Situationen und erkläre damit, warum sich der Zwilling am Äquator allenfalls leichter fühlen könnte als derjenige am Pol.**

*Eine gute Antwort enthält die folgenden Gedankenschritte:*

- i. Für den Menschen am Pol gilt:  $F_N = F_G$ .
- ii. Anders am Äquator: Dort bewegt sich der Mensch auf einer Kreisbahn um den Erdmittelpunkt. Es herrscht kein Kräftegleichgewicht, sondern netto ergibt sich eine Zentripetalkraft.  $F_G$  ist immer noch gleich gross wie am Pol, aber  $F_N$  muss nun kleiner sein ( $\Rightarrow F_Z = \dots$ ).
- iii. Wie kommen wir Menschen zu unserem Gefühl der Schwere? Die Antwort ist entscheidend für die Fragestellung! Wir spüren nicht  $F_G$  selber, sondern wie stark wir gegen den Boden gedrückt werden, also  $F_N$ . Somit fühlt man sich am Äquator theoretisch leichter als am Pol, denn...



- (b) Am Pol spürt der Mensch den gesamten gravitativen Ortsfaktor von  $g = 9.83 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ . Am Äquator muss von diesem “rotationsfreien” Ortsfaktor aufgrund der Erdrotation die Zentripetalbeschleunigung abgezogen werden.

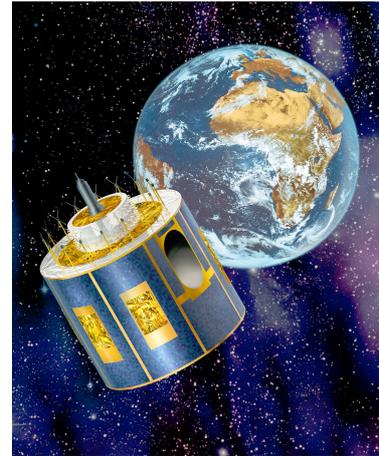
**Wie gross ist demzufolge der “rotationsberichtigte” gespürte Ortsfaktor am Äquator?** (Erdradius:  $R = 6370 \text{ km}$ )

*Um die Zentripetalbeschleunigung  $a_Z$  zu bestimmen, musst du zuerst die Bahngeschwindigkeit  $v$  am Äquator berechnen! Optimalerweise schliesst du die Aufgabe ab, indem du das Resultat kommentierst und erklärst, warum sich die Menschen am Äquator kaum leichter fühlen als am Pol.*

## 6 METEOSAT-9 – ein geostationärer Satellit

Mechanik der Kreisbewegung (GK&ZA)

**METEOSAT-9** ist einer der moderneren europäischen **Wettersatelliten**. Er bewegt sich auf einer **geostationären Umlaufbahn**. Das bedeutet, er steht stets über demselben Ort auf dem Erdäquator und dreht sozusagen mit diesem mit.



- (a) Um Berechnungen zur Bahn des Satelliten anzustellen, verwenden wir die "Himmelsgleichung":

$$F_Z = F_G$$

**Weshalb wird die Satellitenbewegung durch diese Gleichung beschrieben?**

Beleuchte die Kraftsituation des Satelliten, wobei du auch erläuterst, wofür  $F_Z$  und  $F_G$  stehen und weshalb sie bei einem kreisenden Himmelskörper stets gleichzusetzen sind.

*Am besten startest du mit der Kräftesituation: Im Weltraum stehen Objekte in der Regel ausschliesslich unter dem Einfluss der Gravitation. Sie ist also die einzige wirkende Kraft und muss somit mit der resultierenden Kraft gleichgesetzt werden. Ausserdem soll der Satellit ja eine Kreisbewegung ausführen. Das bedeutet für die resultierende Kraft. . .*

- (b) **Berechne den Radius der Kreisbahn, auf der sich METEOSAT-9 als geostationärer Satellit bewegen muss.**

Dazu benötigst du die Masse der Erde und die Gravitationskonstante:

$$M = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg} \quad \text{und} \quad G = 6.674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

Wenn Zeit bleibt, kommentierst du das Resultat. Sind geostationäre Satelliten nun eher weit oben oder in unmittelbarer Erdnähe anzutreffen?

*Zum Vergleich: Der Erdradius beträgt  $R = 6370$  km. Übliche Kommunikationssatelliten umkreisen die Erde auf 500 km über der Erdoberfläche.*

*Diese Aufgabe löst du gut, wenn du die Rechnung formal bearbeiten. Du benötigst die Formel für die Zentripetalkraft ( $F_Z = \frac{mv^2}{r}$ ) und das Gravitationsgesetz ( $F_G = \frac{GMm}{r^2}$ ). Die nicht gegebene Bahngeschwindigkeit  $v$  ersetzt du via  $v = \frac{2\pi r}{T}$  durch die Umlaufzeit  $T$  ( $= 24$  h). Danach löst du die Gleichung nach  $r$  auf. Dies ergibt:*

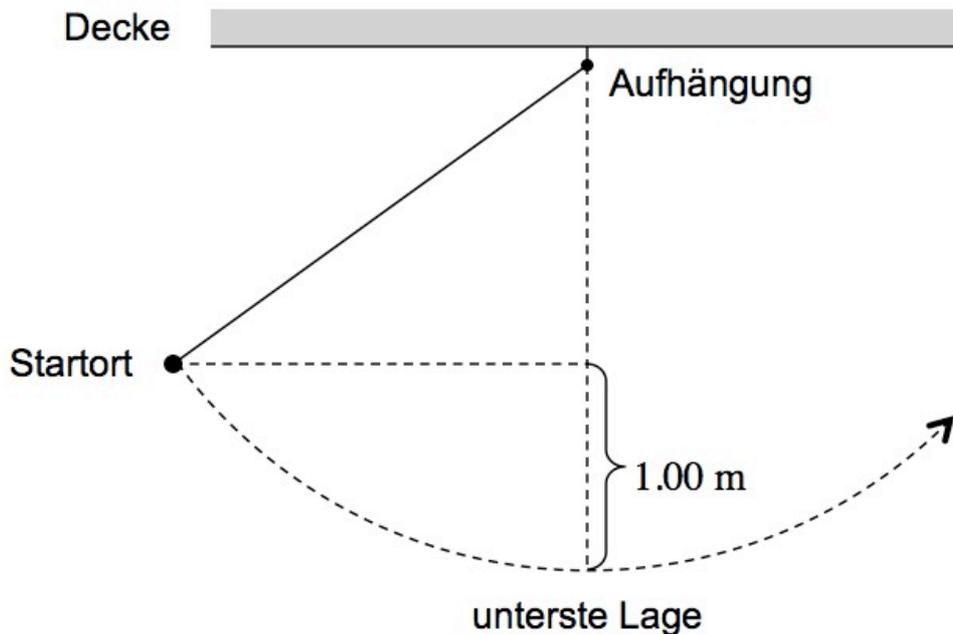
$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2}} = 42\,200 \text{ km}$$

## 7 Das Ausschwingen eines Fadenpendels

Arbeit/Energie/Leistung (GK&ZA)

Das Fadenpendel ist ein klassisches Beispiel zum **Energieerhaltungsprinzip**.

Bei einem recht grossen Fadenpendel befindet sich die Kugel anfänglich 1.00 m über der untersten Lage der Pendelbewegung und werde von dort losgelassen:



- (a) **Mit welcher Geschwindigkeit durchquert die Kugel die tiefste Lage?**

*Die Aufgabe selber ist schnell gelöst, denn die Rechnung ist nicht kompliziert. Mir ist aber eben auch wichtig, dass du deine Vorgehensweise in guter Fachsprache erläuterst: Welche Energieformen kommen im Problem vor? Wofür stehen sie? Was besagt die Energieerhaltung und weshalb kann sie hier angewendet werden? Wie geht das?*

- (b) Nehmen wir an, das Pendel verliert während einer halben Minute hin und her schwingen gerade 32 % seiner mechanischen Gesamtenergie (Nullniveau der potentiellen Energie = unterste Lage).

**Mit welcher Geschwindigkeit passiert das Pendel nach dieser halben Minute eine Höhe von 50.0 cm über der untersten Lage?**

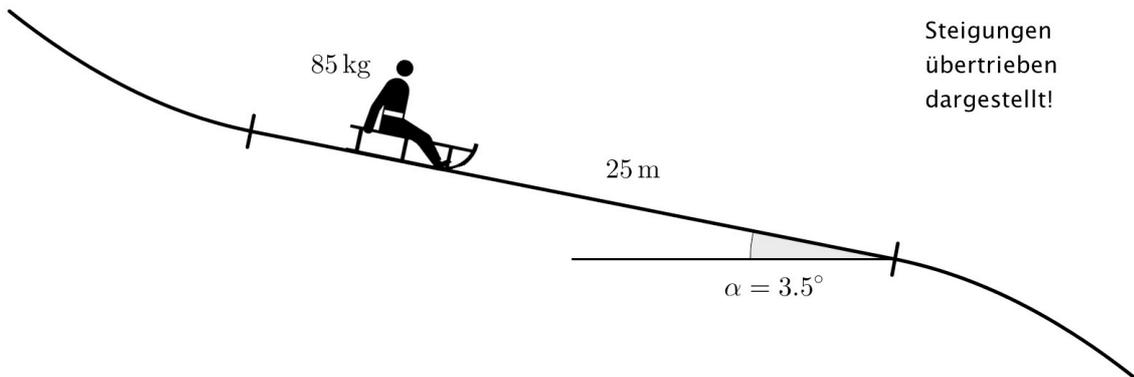
*Hier geht es darum, dass du die Energieerhaltungsgleichung aus Aufgabe (a) passend abänderst: Der prozentuale Verlust muss richtig eingebaut werden und es braucht einen zusätzlichen Term für die potentielle Energie in der Zielsituation 50.0 cm über der untersten Lage. (Lösung:  $v = 1.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ )*

*Selbstverständlich erläuterst du auch hier dein Vorgehen.*

## 8 Reibungsverlust beim Schlitteln

Arbeit/Energie/Leistung (GK&ZA)

Auf einem etwas flacheren Teilabschnitt einer Schlittelbahn (Neigungswinkel:  $3.5^\circ$ , Länge: 25 m) verringert sich die Geschwindigkeit eines Schlittlers (inkl. Schlitten 85 kg) von  $6.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf  $5.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , wenn er nicht angibt und es einfach laufen lässt.



- (a) **Wie gross ist die auf dieser Strecke verlorene mechanische Energie resp. die verrichtete Reibungsarbeit?**

Der Luftwiderstand sei vernachlässigbar.

*Diese Aufgabe löst du gut, wenn du mit dem Aufstellen einer Energieerhaltungsgleichung beginnend: Potentielle und kinetische Energie am Anfang des Streckenabschnittes sind gleich gross wie die kinetische Energie am Ende und der Reibungsverlust bis dahin. (Nullniveau der potentiellen Energie = Ende des Streckenabschnittes)*

*Die Anfangshöhe folgt aus einer trigonometrischen Überlegung (Vervollständigung des Steigungsdreiecks in der Skizze):  $h = s \cdot \sin \alpha$ .*

*Die effektive Berechnung des Resultates ( $W_R = 1.9 \text{ kJ}$ ) ist nicht so wichtig. Entscheidend ist, dass du den Weg dazu aufzeigst.*

- (b) **Berechne aus dem Resultat von Aufgabe (a) die Gleitreibungszahl zwischen Schlitten und Schnee.**

*“Arbeit ist Kraft mal Weg.” Diese Definition gilt auch für die Reibungsarbeit:  $W_R = F_R \cdot s$ . Das verwendest du hier zur Berechnung der Reibungszahl  $\mu$ , denn du kennst die Reibungsarbeit aus (a), ebenso die Strecke  $s = 25 \text{ m}$  und für die Reibungskraft auf der schiefen Ebene gilt:*

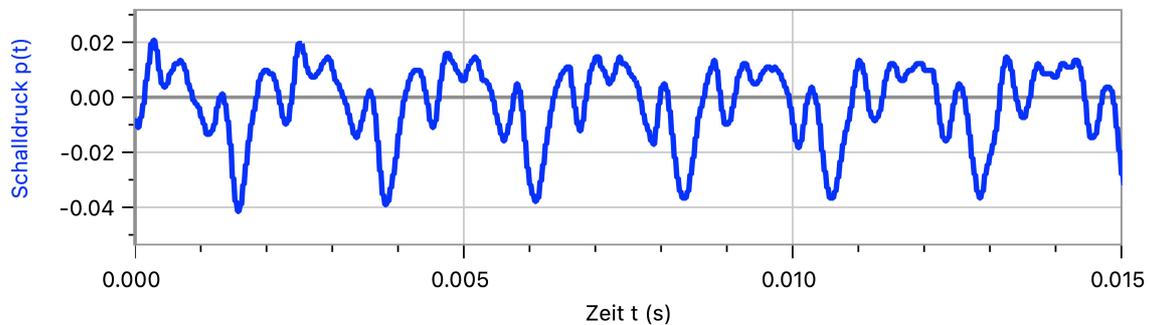
$$F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot F_{G,\perp} = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

*Selbstverständlich gebe ich dir das Resultat aus (a) an, wenn du nicht schon darüber verfügst. Rechne auch hier möglichst formal. Der Rechenweg ist wichtiger als das numerische Resultat ( $\mu = 0.092$ ).*

## 9 Die Schwingung einer Klaviersaite

Akustik (GK&ZA)

Die Saite eines Flügels erzeugt beim Anschlagen einen Ton mit Tonhöhe, Lautstärke und Klangfarbe. Das Schalldruckdiagramm sieht z.B. folgendermassen aus:



- (a) **Wie muss denn ein akustisches Ereignis beschaffen sein, dass wir es als Ton mit bestimmter Tonhöhe und Klangfarbe wahrnehmen?**

Gib eine kurze Erläuterung und sage, was davon im obigen Schalldruckdiagramm sichtbar ist.

*Es wird vor allem darum gehen, dass du die richtigen Fachbegriffe lieferst: Eigenfrequenzen resp. Grund- und Obertonfrequenzen, Frequenzzusammensetzung. Was macht den spezifischen Klavierklang aus? Und warum entsteht ein kompliziertes, aber insgesamt periodisches Schalldruckmuster wie oben?*

- (b) **Wie muss folglich die Schwingung der Klaviersaite aussehen, damit ein solcher Ton entsteht?**

*Die Frage ist vor allem mathematisch zu verstehen! In einer guten Antwort erläuterst du zunächst das Aussehen, danach die Mathematik stehender Wellen auf der Saite. Skizziere dazu z.B. die Grund- und die ersten beiden Oberschwingungen. Erläutere die Nummerierung aufgrund der Anzahl Knoten und leite daraus die Wellenlänge  $\lambda_n$  der  $n$ -ten Eigenschwingung ab.*

*Verwende dann die Gleichung  $c = \lambda_n \cdot f_n$  um aufzuzeigen, dass alle Eigenfrequenzen  $\lambda_n$  natürliche Vielfache der Grundtonfrequenz  $f_0$  sind.*

*Die Gesamtschwingung ist eine Summe aller möglichen Eigenschwingungen. Diese haben einzeln die Form:*

$$h(x, t) = A_n(x) \cdot \sin(\omega_n t - \varphi_n) \quad \text{mit} \quad A_n(x) = A_n \cdot \sin(k_n x)$$

*Notiere diese Funktion möglichst selber und zeige, dass du verstanden hast, was sie beschreibt (Stichworte: ortsabhängige Amplitude  $A_n(x)$ , Kreisfrequenz  $\omega_n = 2\pi f_n$ , Wellenzahl  $k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n}$ , Phasenverschiebung  $\varphi_n$ ).*

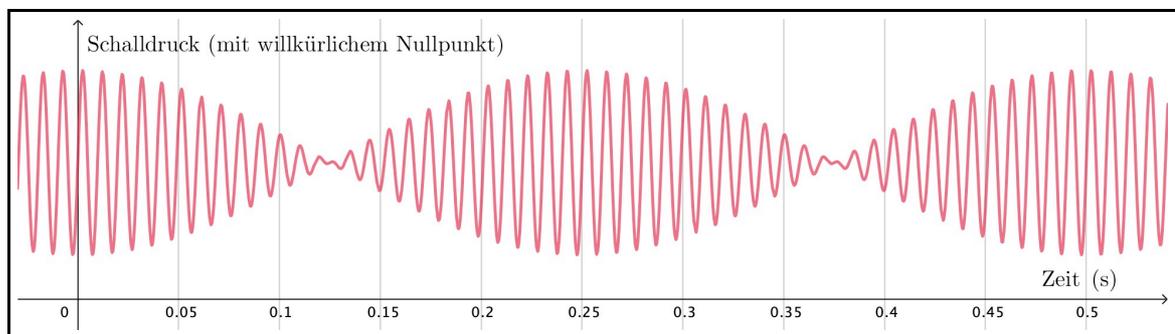
# 10 Die Schwebung – ein Überlagerungsphänomen

Akustik (GK&ZA)

Eine akustische Schwebung entsteht, wenn zwei fast gleich hohe Töne nebeneinander erklingen. Angenommen, diese zwei Töne – wir gehen der Einfachheit halber von sinusartigen Schalldruckschwankungen aus – kommen bei deinem Ohr je mit der gleichen Amplitude an...

- (a) Unten siehst du das Schalldruckdiagramm einer Schwebung. Dabei hat der tiefere Ton rein die Frequenz  $f_1 = 100$  Hz.

**Beschreibe deinen Höreindruck und gib aufgrund des Diagramms an, welche Frequenz der höhere Ton hat.**



Du erklärst, wie sich eine Schwebung anhört und weshalb das so ist. Dabei kannst du bereits Begriffe/Größen einführen, die unter (b) dann ganz brauchbar sind:  $\Delta f$  und  $\bar{f}$ .

Das Ablesen der Schwebungsfrequenz  $f_S$  aus dem Diagramm sollte nicht weiter schwierig sein, wenn du die Theorie präsent hast. Sie beträgt 4 Hz.

- (b) Das charakteristische Schwebungsmuster oben ist eine schnelle Schwingung mit zeitabhängiger, also sich im Vergleich zur Schwingung relativ langsam verändernder Amplitude.

**Zeige mathematisch, dass dieses Muster der Summe zweier einzelner Sinusschwingungen mit gleicher Amplitude, aber leicht verschiedener Frequenz entspricht!**

Die Idee ist, dass du mit Hilfe eines Additionstheorems zwei Sinusschwingungen  $h_1(t) = A \cdot \sin(\omega_1 t)$  und  $h_2(t) = A \cdot \sin(\omega_2 t)$  aufaddierst und so zeigst, dass obiges Schwebungsmuster entsteht. Natürlich solltest du dabei alle Begriffe benennen und erklären können.

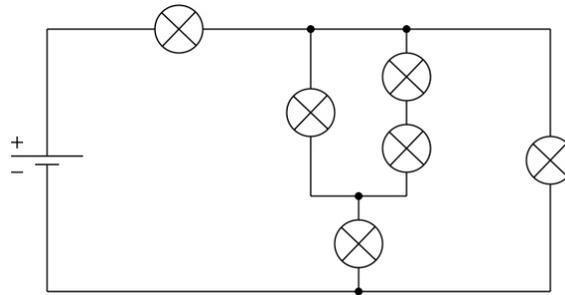
Insbesondere solltest du auch in der Lage sein zu erklären, weshalb die Schwebungsfrequenz  $f_S$  doppelt so gross ist wie die Frequenz der Envelope, also der einhüllenden Schwingungskurve.

# 11 Von einfacheren zu komplizierteren Schaltungen

## Elektrischer Strom (GK&ZA)

In verzweigten Stromkreisen steuern die Widerstände der beteiligten Schaltelemente, durch welche Leitung wie viel Strom fliesst. Grundsätzlich gilt: "Der Strom nimmt zum grösseren Teil den Weg des geringeren Widerstandes." Diese Aussage ist recht einfach, aber dennoch zumindest qualitativ sehr brauchbar. . .

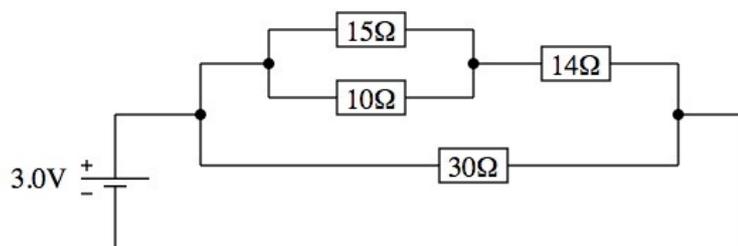
- (a) Betrachte das folgende Schaltschema. Es enthält sechs identische Lämpchen. Welches leuchtet am hellsten? Welches ist am wenigsten hell?



**Gib die "Helligkeits-Rangliste" an und begründe sie.**

*Wichtig ist bei dieser Aufgabe die richtige Argumentation. Erstens ist für die Helligkeit eines Lämpchens entscheidend, wie viel Strom durch es hindurch fliesst: Je grösser die Stromstärke, desto heller. Davon ausgehend kannst du zweitens folgern, welches Lämpchen sicher am hellsten ist, weil der gesamte Strom durch es hindurch muss. Und so kannst du weiterdenken, nun mit dem in der Einleitung genannten Prinzip.*

- (b) **Welche Stromstärke fliesst im  $10\ \Omega$ -Widerstand?**



*Deine Antwort ist gut, wenn du Schritt für Schritt aufzeigst, wie man den gesuchten Stromstärkewert erhält. Dazu musst du zuerst "aus der Schaltung hinausrechnen", also von innen nach aussen die einzelnen Widerstände zum Gesamtwiderstand zusammenfassen. Danach lässt sich umgekehrt "in die Schaltung hineinrechnen", wodurch man schrittweise zum  $10\ \Omega$ -Widerstand vorstösst. Entscheidend dürfte sein, dass du mit guten Beschriftungen arbeitest und den Umgang mit Serie- und Parallelschaltungen im Griff habst.*

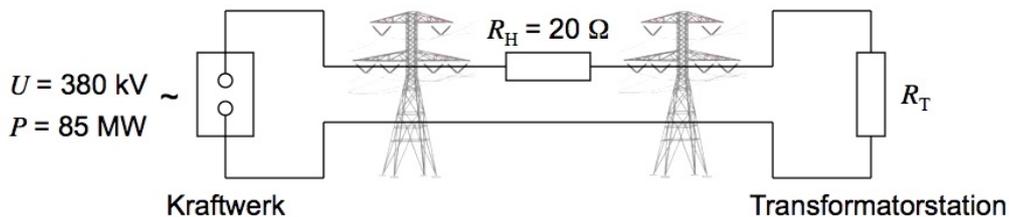
## 12 Die Notwendigkeit von Hochspannungsleitungen

Elektrischer Strom (GK&ZA)

**Hochspannungsleitungen** werden zur Energieübertragung über grosse Distanzen verwendet. Unterwegs entstehen Verluste, welche man gering halten möchte.

Unten siehst du einen Hochspannungsstromkreis. Auf der linken Seite steht das Kraftwerk als 380 kV-Spannungsquelle. Auf der rechten Seite befindet sich eine Transformatorstation in Form des Widerstands  $R_T$ . Dort wird die Energie von der Hochspannungsleitung bezogen.

Beim Kraftwerk handle es sich um ein Wasserkraftwerk in den Bergen, welches momentan eine Leistung von 85 MW an die Leitung abgibt. Zwischen Kraftwerk und Transformatorstation sollen 120 km liegen. Der Widerstand der Hochspannungsleitung beträgt dann insgesamt gerade etwa  $R_H = 20 \Omega$ .



- (a) **Welcher Prozentsatz der eingespiessenen Leistung geht in der Leitung als Joule'sche Wärme verloren?**

*Bei dieser Aufgabe erwarte ich eine saubere Berechnung des Prozentsatzes, wobei du insbesondere auf formal klare Schritte und einen guten Umgang mit den Einheiten achtest. Die Berechnungsteilschritte sind:*

- i. *Stromstärke aufgrund der eingespiessenen Leistung:  $I = \frac{P}{U}$ .*
- ii. *Verlustleistung in der Leitung:  $P_H = R_H \cdot I^2$ .*
- iii. *Verhältnis von Verlust- zu eingespiessener Leistung:  $\frac{P_H}{P}$ .*

- (b) Fasse die Rechnung unter (a) zu einer einzigen Gleichung zusammen, die den **relativen Verlust als Funktion von  $U$ ,  $P$  und  $R_H$**  darstellt.

Überblicke schliesslich den Zusammenhang und fasse in Worte, weshalb der Leistungsverlust mit grösseren Spannungen viel geringer wird.

Das formale Resultat lautet:

$$\text{Energieverlust relativ zur eingespiessenen Leistung} = \frac{P_H}{P} = \frac{P \cdot R_H}{U^2}$$

Man erkennt, dass der Verlust quadratisch mit der Spannung abnimmt.

Zusammenfassend erläuterst du, dass der Verlust durch Joule'sche Wärme stark von der Stromstärke abhängt, denn  $P_H = R_H \cdot I^2$ . Und die Stromstärke wird eben durch die Hochspannung klein gehalten, denn  $I = \frac{P}{U}$ .

## 13 Verschiedenes zu Fallvorgängen

Kinematik geradliniger Bewegungen (GK only)

Fallvorgänge sind für die Physik seit jeher interessant. Viele wesentliche Aspekte der Mechanik können daran bereits gezeigt werden. In dieser Aufgabe geht es um die Kinematik des Fallvorgangs.

- (a) Sandra lässt einen Stein von einem 24 Meter hohen Turm fallen. Dazu lassen sich verschiedene Berechnungen anstellen, z.B. wie lange der Stein braucht, bis er am Boden angekommen ist, oder wie schnell er dort aufschlägt.

**Erläutere, wie du diese kinematische Berechnung angehst.**

*Deine Antwort ist gut, wenn du dein Vorgehen begründen kannst. D.h., du sagst, warum von einem bestimmten Beschleunigungswert auszugehen ist, welcher Bewegungstyp vorliegt und welche Bewegungsgleichungen du deshalb verwenden würdest.*

*Nebenbei: Die Bewegungsgleichungen zu diesem Bewegungstyp musst du nicht auswendig wissen. Wenn du den Bewegungstyp nennst, lege ich dir die zugehörigen Gleichungen vor.*

- (b) Immer noch geht es um den vom Turm fallen gelassenen Stein.

**Zeichne die Bewegungsdiagramme ( $t$ - $s$ -,  $t$ - $v$ - und  $t$ - $a$ -Diagramm) zum Fallvorgang des Steins.**

Dabei muss das  $t$ - $s$ -Diagramm nur qualitativ richtig sein. Die genauen Höhenangaben zu einzelnen Zeitpunkten sind nicht wichtig.

*Ich erwarte, dass du während dem Zeichnen erläuterst, warum du was wie einträgst. Du erklärst z.B., weshalb du mit dem einen oder anderen Diagramm beginnst. Schildere deine Überlegungen. Die drei leeren Koordinatensysteme erhältst (ohne Beschriftungen) vorgelegt.*

## 14 Zugsabfahrt im HB Zürich

Kinematik geradliniger Bewegungen (GK only)

Im Weichenbereich des Hauptbahnhofs Zürich ist ein Geschwindigkeitsmaximum von  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  vorgeschrieben. Abfahrende Züge beschleunigen zuerst auf diese  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  und fahren danach mit dieser Geschwindigkeit weiter, bis sie nach ca. einer Minute auf höhere Geschwindigkeiten gehen können.

- (a) Wir betrachten einen abfahrenden Zug. Nach 15 Sekunden hat er die  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  erreicht. Wie weit ist er bis dahin gefahren?

**Erläutere, wie du diese kinematische Berechnung angehst.**

*Ich erwarte, dass du dein Vorgehen begründest. D.h., du sagst, von welchem Bewegungstyp du ausgehst, welche Bewegungsgleichungen du deshalb verwendest und wie du die Rechnung aufstellst.*

*Nebenbei: Die Bewegungsgleichungen zu diesem Bewegungstyp musst du nicht auswendig wissen. Wenn du den Bewegungstyp nennst, lege ich dir die zugehörigen Gleichungen vor.*

- (b) Noch immer geht es um den Zug aus Aufgabe (a). Nach 45 Sekunden Fahrt mit  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  beschleunigt er innerhalb einer weiteren Minute auf  $140 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

- i. **Zeichne die Bewegungsdiagramme ( $t$ - $s$ -,  $t$ - $v$ -,  $t$ - $a$ -Diagramm) zum gesamten 2-minütigen Vorgang (= 15 s + 45 s + 60 s).**

*Die Diagramme müssen nur qualitativ richtig sein (keine präzisen Werte eintragen). Zu deinen zeichnerischen Ausführungen gehört eine mündliche Erläuterung. Du erklärst z.B., weshalb du was wie einträgst, weshalb du mit dem einen oder anderen Diagramm beginnst und von welchen Bewegungstypen du ausgehst. Die drei leeren Koordinatensysteme erhältst du (ohne Beschriftung) vorgelegt.*

- ii. Erläutere kurz, welche **Bedeutungen** einerseits die **Steigung** des Graphen im  $t$ - $s$ -Diagramm und andererseits die **Fläche** unter dem Graphen im  $t$ - $v$ -Diagramm haben.

*Bei dieser Frage sind lediglich die fachlich korrekten Antworten zu geben. Weitere Ausführungen werden nicht verlangt.*

## 15 “Underwägs mit em Poschtiwägeli”

Dynamik geradliniger Bewegungen (GK only)

Die Grundaussagen der Newton'schen Mechanik macht man sich am besten an einfachen Beispielen klar. Hier eines aus dem Alltag.

(a) In einem Lebensmittelgeschäft bist du mit einem “Poschtiwägeli” unterwegs.

**Weshalb ist eine konstante Stosskraft nötig um das Wägeli gleichförmig zu bewegen und von welchen Faktoren hängt sie ab?**

Begründe deine Antwort mit Hilfe der Newton'schen Mechanik (Kräfteskizze zeichnen, Gleichungen ablesen)



*Deine Antwort ist gut, wenn du zuerst die Kräfteskizze richtig zeichnest (Luftwiderstand vernachlässigbar  $\Rightarrow$  vier Kräfte wirken). Anschliessend liest du die aus der Skizze folgenden Kraftgleichungen ab und sagst, warum diese Gleichungen gelten müssen (Trägheitsprinzip!). Drittens schliesst du aus deinen Gleichungen auf die Faktoren, welche die Stosskraft beeinflussen.*

(b) Plötzlich musst du abrupt abbremsen, da dir ein Opa in den Weg läuft.

Wie sieht erstens die **Kraftsituation** während dem Abbremsen aus? Wie lässt sich zweitens die von dir bewirkte **Verzögerung (= Bremsbeschleunigung)** berechnen? Und aus welchem Grund ist drittens das rasche **Abbremsen immer schwieriger**, je beladener das “Poschtiwägeli” ist?

Verwende deine Kräfteskizze aus (a)  $\Rightarrow$  ergänzen/abändern.

*Zunächst solltest du erläutern, wie sich die Kraftsituation im Vergleich zu Aufgabe (a) verändert hat. Danach geht es weniger darum die Verzögerung tatsächlich zu berechnen. Du zeigst lediglich auf, von welchen Faktoren diese Bremsbeschleunigung abhängt. Dabei kommt das Aktionsprinzip zum Einsatz. Idealerweise nennst du es beim Namen, erläuterst kurz seine Aussage resp. die zugehörige Formel. Darin kommt die Masse als Mass für die Trägheit eines Körpers vor. Das ist genau die Antwort auf den dritten Teil der Frage.*

## 16 Space Shuttle Start

Dynamik geradliniger Bewegungen (GK only)

Wir betrachten ein Space Shuttle beim Start: Es geht darum eine grosse Masse in Aufwärtsrichtung zu beschleunigen.



Inklusive der beiden seitlich angebrachten Feststoffraketen und dem grossen, vollen Treibstofftank besitzt das Space Shuttle eine Masse von etwa 2040 Tonnen. Beim Start (Bild links) erfährt es eine Beschleunigung von  $6.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  in Aufwärtsrichtung.

- (a) **Wie kann man aus den gegebenen Daten die Schubkraft errechnen, welche die Triebwerke beim Start aufbringen?**

*In deiner Antwort analysierst du die Kraftsituation im linken Bild (Kräfte eintragen) und schliesst daraus auf die Schubkraft der Raketen. Dabei ist der Luftwiderstand beim Start noch vernachlässigbar klein. (Nebenbei: Es gibt hier keine Normalkraft.)*

*Idealerweise führst du diese Berechnung ganz durch, wobei du zeigst, dass du mit den vorkommenden Einheiten umgehen kannst. Ein TR wird zur Verfügung stehen.*

- (b) Während des Aufstiegs in die Umlaufbahn nimmt die **Beschleunigung des Shuttles** noch ganz erheblich zu. Dafür gibt es mehrere Gründe. Welche?

*Optimalerweise lieferst du die drei treffigsten Gründe für die Zunahme der Beschleunigung. Diese solltest auf die Prinzipien der Newton'schen Mechanik zurückführen.*

*Drei Stichworte: Massenabnahme, Abnahme des Ortsfaktors, Einbiegen in die Umlaufbahn (siehe Bild rechts).*

*Achtung: Die Abnahme des Luftwiderstandes ist kein Grund, denn der Luftwiderstand wurde unter (a) ja vernachlässigt!*

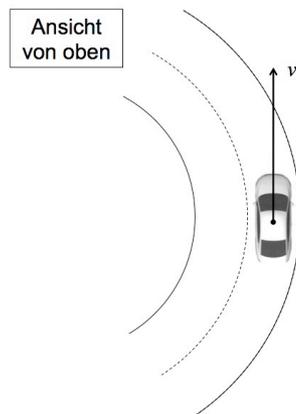
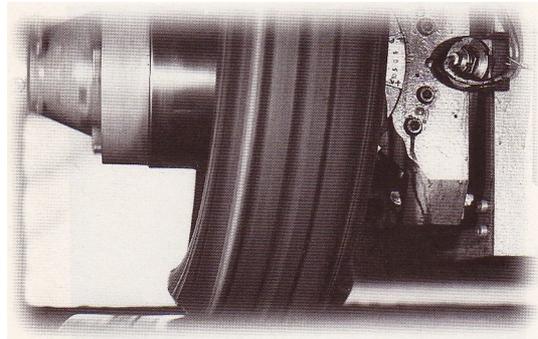
## 17 Claudio – ein Temposünder?

Mechanik der Kreisbewegung (GK only)

Claudio ist innerorts (Tempolimit 50) mit seinem Auto aus einer Kurve (Radius 51 m) in ein Schutzgeländer gerutscht. Die Strasse war trocken ( $\mu_H = 0.68$ ). Die Polizei beschuldigt ihn, zu schnell gefahren zu sein. . .

- (a) Das nebenstehende Bild zeigt den Pneu eines Autos, das schnell – aber nicht zu schnell! – durch eine Kurve fährt (gfK).

**Erläutere die Kräftesituation des Autos in der Kurve anhand der Skizzen unten.** Damit erklärst du, weshalb der Pneu auf dem Bild rechts auf diese Weise verformt wird.



Zuerst trägst du die auf das Auto wirkenden Kräfte in die Skizzen ein:  $F_G$ ,  $F_N$ ,  $F_M$ ,  $F_L$ ,  $F_{R, \text{Roll}}$ ,  $F_{R, \text{Haft}}$  (nach links!).

Zweitens stellst du fest, dass für die Kurvenfahrt eine resultierende Kraft  $F_{\text{res}}$  in Richtung Kreismitte vorhanden sein muss (= Zentripetalkraft  $F_Z$ ), welche in dieser Situation gerade durch die seitlich wirkende Haftreibung entsteht. (Kraftgleichungen).

Schliesslich erklärst du aufgrund ihrer Überlegungen die Verformung des Autopneus auf dem Bild. (Aus welcher Perspektive sieht man den Pneu?)

- (b) **Mit welcher Geschwindigkeit (in  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ) ist Claudio nach Meinung der Polizei mindestens gefahren?** (Die Polizei "denkt physikalisch".)

Ich erwarte, dass du hier mit den Kraftgleichungen aus (a) weiterarbeitest. Zusätzlich benötigst du Gleichungen für die Reibungs- und die Zentripetalkraft. Wenn du alles richtig rechnest, erhältst du für Claudios Mindestgeschwindigkeit  $66 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Claudio war also deutlich zu schnell!

## 18 Schienenbelastung bei der Achterbahn

Mechanik der Kreisbewegung (GK only)

Eine Achterbahn fährt durch Senken, über Kuppen und vielleicht sogar durch einen Looping. Dabei werden die Schienen unterschiedlich stark belastet. Wie gross diese Belastungen sind, soll hier ergründet werden.

- (a) Der Wagen einer Achterbahn ( $m = 365 \text{ kg}$  inkl. Passagiere) fährt mit  $98 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  durch eine Senke mit einem Krümmungsradius von  $21 \text{ m}$ .

**Wie lauten die Kraftgleichungen für den Wagen und wie stark werden die Schienen in der Senke durch ihn belastet?**

Vernachlässige bei deinen Rechnungen Rollreibung und Luftwiderstand.

*Das Entscheidende ist die Kräfteskizze, zu der du erläuterst, dass der Wagen zu unterst in der Senke weder schneller, noch langsamer wird, er in diesem Moment also eine gleichförmige Kreisbewegung ausführt, und somit die resultierende Kraft eine Zentripetalkraft ist und senkrecht nach oben zeigt.*

*Diese Zentripetalkraft setzt sich aus  $F_G$  und  $F_N$  zusammen, wobei die Normalkraft auch gerade für die Belastung der Schienen steht. Die Angabe der Schienenbelastung ist dann besonders gut, wenn du sie auch noch vergleichst mit der Belastung der Schienen, wenn der Wagen in Ruhe auf horizontaler Strecke darauf stehen würde.*



- (b) **Zeige, dass die Belastung der Schienen zu oberst in einem Looping im Prinzip auf Null reduziert werden kann. Wie hängt die Geschwindigkeit in diesem Grenzfall vom Krümmungsradius ab?**

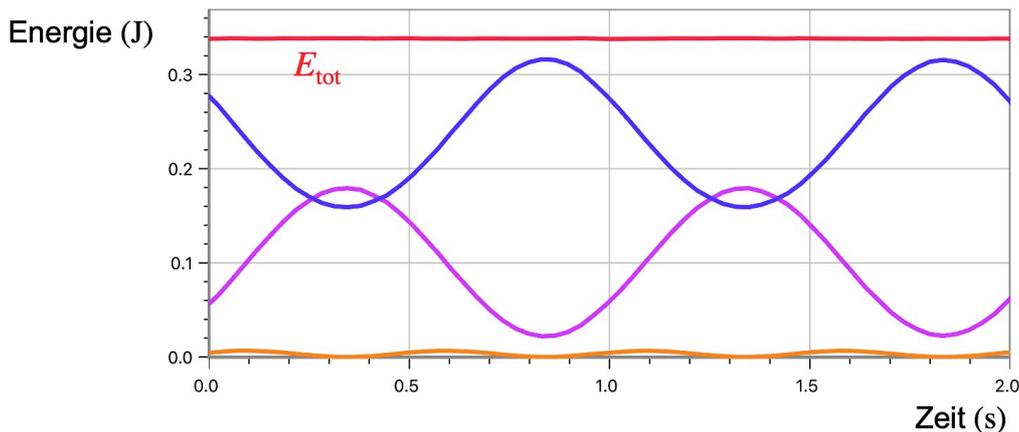
*Die Überlegungen sind fast dieselben wie unter (a). Nun ist einfach ein formales Resultat gesucht. Es lautet:  $v = \sqrt{gr}$ .*

*Es handelt sich um die Situation, wenn der Wagen alleine unter dem Einfluss der Gewichtskraft die Loopingkurve abfährt, also für kurze Zeit eine Wurfparabel abfährt. Die Passagiere fühlen sich dabei schwerelos. Das darf man ruhig erwähnen!*

## 19 Energieerhaltung beim Federpendel

Arbeit/Energie/Leistung (GK only)

Als Beispiel zur Energieerhaltung betrachten wir ein **Federpendel**. ein Gewicht hängt an einer Spiralfeder und schwingt auf und ab. Drei Energieformen sind beteiligt, nämlich die potenzielle, die kinetische und die elastische. Diese Energien befinden sich im andauernden Wechselspiel:



- (a) **Identifiziere in der Grafik oben die drei Energieformen  $E_{\text{pot}}$ ,  $E_{\text{kin}}$  und  $E_{\text{F}}$  und erläutere, wie sie sich untereinander abwechseln.**

*Deine Antwort ist gut, wenn du zunächst beschreibst, woran die drei Energieformen real erkennbar sind, und danach erläuterst, bei welchen Zeitpunkten im Diagramm das Pendel den untersten oder den obersten Punkt seiner Schwingung erreicht, wie sich die drei Energieformen während der Schwingung ineinander umwandeln, und weshalb  $E_{\text{kin}}$  doppelt so schnell zu- und wieder abnimmt wie die beiden anderen Energieformen.*

- (b) Die Gesamtenergie des Federpendels scheint während der Schwingung erhalten zu bleiben. Der zugehörige Graph  $E_{\text{tot}}$  ist eine Gerade. Warum darf man beim Federpendel von der Erhaltung der mechanischen Energie ausgehen und wo resp. wie kommt dieses Konzept dabei an seine Grenzen? Und weiter:

**Wie viel Energie wird das Pendel bis zum Stillstand abgeben?**

*Die ausführliche Antwort erläutert zuerst den Energieerhaltungssatz der Mechanik und erklärt anschliessend, warum die Voraussetzungen dafür doch nicht ganz erfüllt sind. Schliesslich schätzt du den Energieverlust bis zum Stillstand des Pendels ab. Er beträgt nicht etwa 0.34 J, sondern nur ungefähr 0.01 J! Überlegen dir genau, wie gross  $E_{\text{pot}}$  und  $E_{\text{F}}$  bei Stillstand sein werden und zu welchen Zeitpunkten man diese  $E_{\text{pot}}$ - und  $E_{\text{F}}$ -Werte bereits vorher antrifft. Die überschüssige Energie ist in diesen Momenten als  $E_{\text{kin}}$  vorhanden und wird verloren gehen.*

## 20 Energiespeicherung im Pumpspeicherkraftwerk

Arbeit/Energie/Leistung (GK only)

Das Pumpspeicherkraftwerk **Ova Spin** (GR) kann "Strom speichern", indem es unter Verwendung von elektrischer Energie Wasser über eine Höhendifferenz von 175 m von einem unteren in einen oberen Stausee pumpt.



- (a) Im Geschäftsbericht 2017 der Engadiner Kraftwerke erfahre ich, dass im Jahr 2017 insgesamt 65.95 GWh zur Speicherung aufgenommen wurden. Dieser Strom kann beim Pumpen allerdings nicht vollständig in potentielle Energie des Wassers umgewandelt werden. Es gehen etwa 18 % verloren.

**Welche Wassermasse wurde folglich im Jahr 2017 hochgepumpt?**

Gib die Wassermasse in **Megatonnen** ( $= 10^9$  kg) an.

*Zeige insbesondere, dass du die Energieeinheiten im Griff hast. 82 % der eingespiessenen Menge an elektrischer Energie werden als Hubarbeit am Wasser verwendet resp. in Form von potentieller Energie gespeichert. Du benötigst also die Formel  $W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h$  resp.  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ .*

*Beim Rechnen kannst du sehr geschickt sein, indem du die Vorsilbe Giga in der Energieangabe unverändert mitnehmen und nur die Wattstunden Wh in Joule J umrechnen. Am Ende der Rechnung entstehen so im SI-System "Giga-Kilogramm". Aber ein solches Gkg ist eben gerade eine Megatonne! Mit diesem Trick ist die Aufgabe sehr schnell erledigt. . .*

- (b) Was war die Rolle von Pumpspeicherkraftwerken im noch immer andauernden Atomzeitalter? Was wird sie in Zukunft immer mehr sein? Kurz:

**Weshalb braucht es Pumpspeicherkraftwerke in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft?**

*Der erste zentrale Gedanke ist, dass Strom resp. elektrische Energie nicht direkt im ganz grossen Stil gespeichert werden kann. Zwar gibt es Batterien, aber selbst grosse Ausführungen davon haben nicht annähernd genügend Kapazität um die Bedürfnisse von Industrie und Haushalten zu gewährleisten.*

*Zweitens muss man überlegen, weshalb wir überhaupt auf Stromspeicherung im grossen Stil angewiesen sind. Hier geht es um Strombedarf vs. Stromproduktion. Würde immer gerade soviel Strom gebraucht, wie erzeugt wird, so bräuchte es keine Speicher. . . Wo und wie wird denn Strom produziert?*

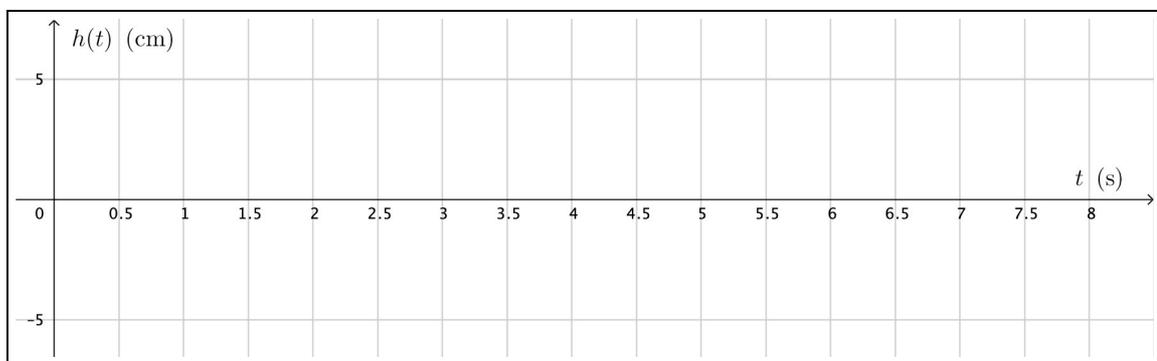
## 21 Das Federpendel – ein harmonischer Oszillator

Akustik (GK only)

Federpendel sind wichtig, weil sie den einfachsten Fall eines **harmonischen Oszillators** darstellen, also eines schwingenden Systems, bei dem die rücktreibende Kraft proportional zur Auslenkung aus der Ruhelage ist.



- (a) **Trage im Diagramm die Schwingung eines reibungsfreien Federpendels mit einem Ausschlag von 5 cm und einer Frequenz von 0.4 Hz ein. Erläutere danach die Mathematik dieser Schwingungsfunktion  $h(t)$ .**



*Natürlich geht es um die Sinusfunktion. Zeige auf, dass du verstehst, wie sich Amplitude und Frequenz auf den Graphen auswirken.*

*Natürlich möchten wir auch von dir hören, wie Periode, Frequenz und Kreisfrequenz mathematisch zusammenhängen, wie die Funktionsgleichung lautet und wie man in diese eine Phasenverschiebung einbauen würde.*

- (b) **Wie werden Funktionsgleichung  $h(t)$  und Graph modifiziert, wenn wir davon ausgehen, dass die Reibung eine exponentiell verlaufende Dämpfung bewirkt mit  $T_{1/2} = 10$  s?**

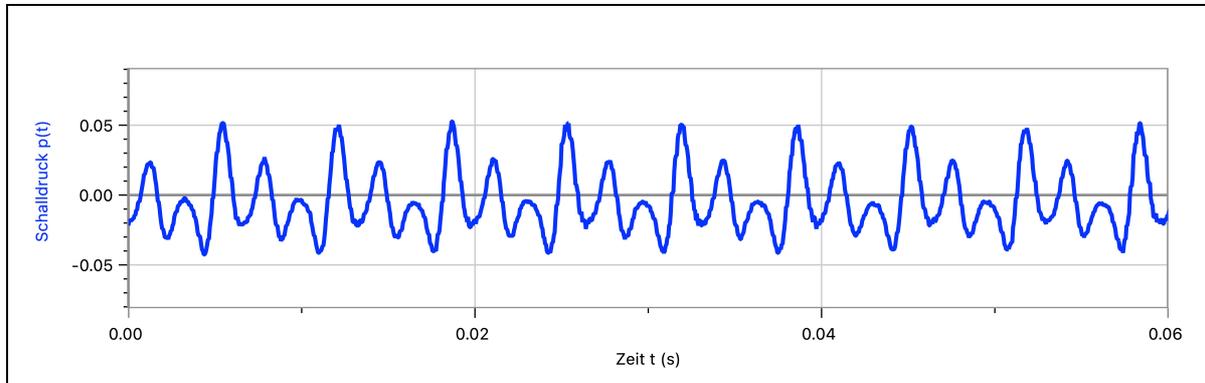
*Idealerweise beginnst du mit der Erläuterung der exponentiell abnehmenden, also zeitabhängigen Amplitude  $A(t)$ . Dazu solltest du sowohl den Graphen zeichnen, als auch die Funktionsgleichung aufschreiben können. Erkläre den Begriff der Halbwertszeit  $T_{1/2}$  und gib darüber Auskunft, weshalb sie wie in die Funktionsgleichung einzubauen ist*

*Schliesslich kombinierst du die zeitabhängige Amplitude mit der reinen Sinusfunktion und zeichnest einen vollständigen Graphen, wozu du nochmals ein Diagramm erhältst.*

## 22 Ein Versuch mit dem Vokal "O"

Akustik (GK only)

Wenn ich den Vokal "O" auf einer bestimmten Tonhöhe singe und aufnehme, erhalte ich folgendes **Schalldruckdiagramm**:



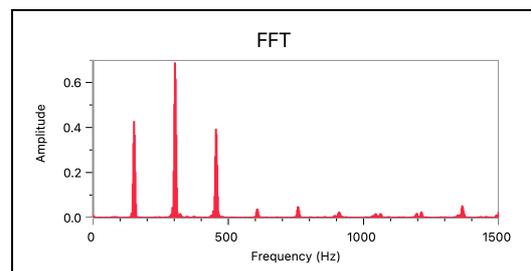
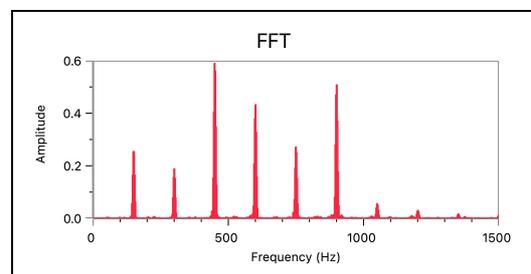
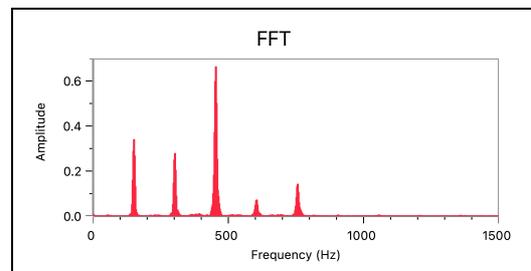
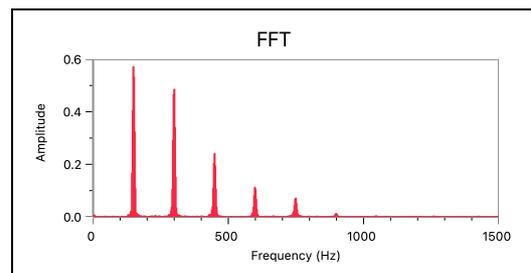
- (a) **Erläutere, was dieses Schalldruckdiagramm genau darstellt und wie man daraus die Grundfrequenz des gesungenen Tones "abliest".**

*Die Charakteristika eines Tones sind Lautstärke, Tonhöhe und Klangfarbe. Am besten referierst du zunächst darüber, woran diese Charakteristika im Schalldruckdiagramm festgemacht werden können. Danach führst du die möglichst genaue Berechnung der Grundfrequenz vor.*

- (b) **Welches der vier rechts gezeigten Frequenzspektren gehört zu obigem Schalldruckdiagramm?**

*Am besten erläuterst du zuerst, was denn in einem Frequenzspektrum zu sehen ist. (Amplituden von Grund- und Obertonfrequenzen!)*

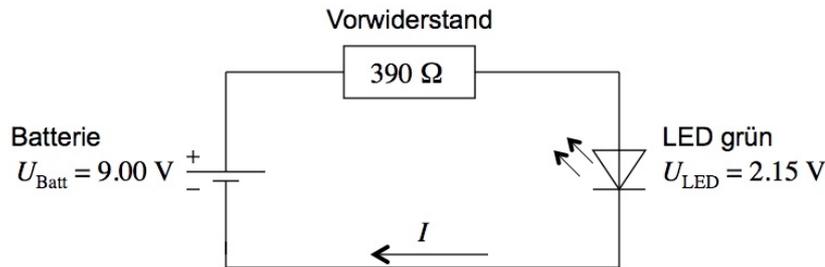
*Danach zeigst du auf, durch welche Überlegungen man zur richtigen Zuordnung gelangt. Entscheidend ist, dass du gut erklären kannst, wie eine bestimmte Frequenz im Schalldruckdiagramm sichtbar ist.*



## 23 Serieschaltung und Steckdosenleiste

Elektrischer Strom (GK only)

- (a) Eine grüne Leuchtdiode werde mit einem  $390\ \Omega$ -Vorwiderstand an einer  $9\text{ V}$ -Batterie betrieben (Schema). Bei  $9.00\text{ V}$  Batteriespannung sorgt dieser Vorwiderstand dafür, dass die Spannung über der LED lediglich  $2.15\text{ V}$  beträgt.

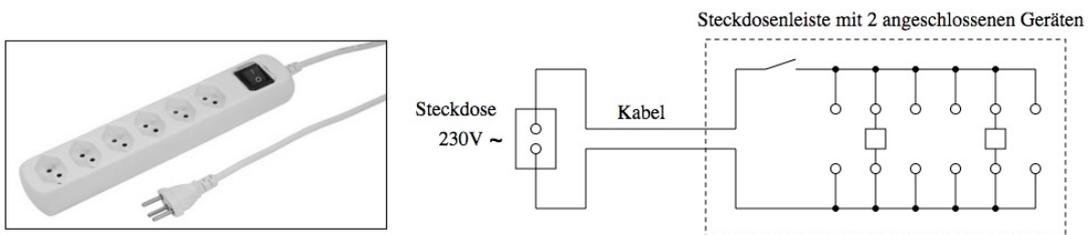


**Berechne den elektrischen Widerstand der LED und begründe dein Vorgehen hinreichend.**

*Zeige hier, wie man das Ohm'sche Gesetz anwendet. Am besten erklärst du es ganz kurz, z.B.: "Über jedem einzelnen Schaltelement muss eine Spannung  $U$  herrschen, damit ein Strom der Stärke  $I$  fließt. Es gilt:  $U = R \cdot I$ . Dabei ist  $R$  der Widerstand des Schaltelementes."*

*Dazu solltest du erwähnen: In einfachen, also nicht-verzweigten Stromkreisen ist die Stromstärke  $I$  überall gleich gross.*

- (b) In Aufgabe (a) sind Vorwiderstand und LED in Serie geschaltet. An einer Steckdosenleiste werden Haushaltsgeräte hingegen parallel angeschlossen:



**Weshalb müssen Geräte parallel an eine Steckdose angeschlossen werden? Resp.: Wo würde das Problem liegen, wenn zwei oder mehr Haushaltsgeräte seriell an eine Steckdose angeschlossen würden?**

*erläutere, dass bei Serieschaltung über den einzelnen Geräten nicht  $230\text{ V}$  Spannung, sondern nur noch ein Teil davon herrschen würde. Zur Veranschaulichung kannst du hier den Schaltkreis aus Aufgabe (a) verwenden! Da unsere Geräte für  $230\text{ V}$  konstruiert sind, würden sie in der Serieschaltung nicht mehr oder nur mit verminderter Leistung funktionieren.*

*Stromleisten müssen demzufolge Parallelschaltungen beherbergen, damit alle Geräte einzeln direkt an der Netzspannung von  $230\text{ V}$  angeschlossen sind!*

## 24 Ein Wasserkocher aus den USA

Elektrischer Strom (GK only)

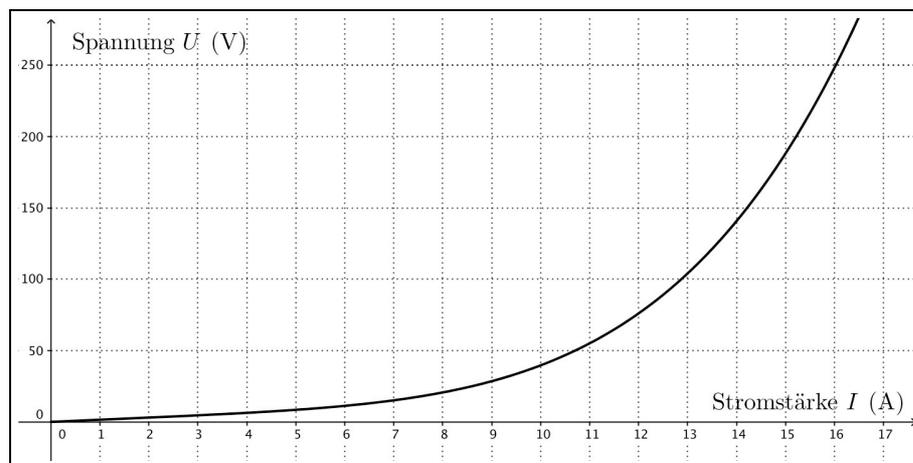
In den USA beträgt die Netzspannung 110 V. Ein dort gekaufter Wasserkocher trägt also z.B. das Typenschild:  $110 \text{ V} / 1450 \text{ W}$ .

(a) Nehmen wir an, dieser USA-Kocher sei ein **Ohm'scher Leiter**.

**Welches Problem würde sich folglich ergeben, wenn man den Kocher an einer normalen Schweizer Steckdose betreiben möchte?**

**Hinweis:** In der Schweiz begrenzen die meisten Haushaltsicherungen die Stromstärke auf 10 A pro Raum. Manche Sicherungen tolerieren bis zu 16 A. Bei dieser Aufgabe solltest du zuerst erläutern, was denn ein Ohm'scher Leiter ist (Widerstand ist konstant, Spannung und Stromstärke verhalten sich zueinander.) D.h., an einer Schweizer Steckdose (Spannungswert?), würde eine wesentlich grössere Stromstärke durch den Kocher fließen (berechnen!) – eben viel zu viel für die Sicherung.

(b) In Tat und Wahrheit ist ein solcher Kocher allerdings nicht Ohm'sch. Die folgende Kennlinie gehöre zum USA-Gerät aus Aufgabe (a).



**Erkläre, weshalb die Kennlinie des Kochers gerade so verläuft, also die Spannung überproportional zur Stromstärke anwächst.**

Allfällige Folgefragen: Lässt sich der Kocher nun an einer Schweizer Steckdose betreiben? Welche Leistung würde er vom Elektrizitätswerk beziehen?

*Ihre Antwort ist gut, wenn du im ersten Teil darauf hinweist, dass der Kocher mit Joule'scher Wärme in einem Metalldraht arbeitet. Je mehr Strom fließt, umso heisser wird die Heizspirale und der Widerstand wird entsprechend grösser (mikroskopisches Bild von Strom in Metall?).*

*Den zweiten Teil beginnst du gut, wenn du die Kennlinie dazu benutzt, die Stromstärke zu ermitteln, die im Kocher fließt, wenn er an eine Schweizer Steckdose angeschlossen ist. Daraus folgen die weiteren Antworten.*