

## Didaktische Vorbemerkungen

1. Problemorientierung, was ist das? .....	4
2. Besonderheiten der Problemorientierung im Fach Physik .....	5
3. Sachkommentar „Kraft und Beschleunigung“ .....	6

## Material

### 1. Raumsonde und Trägerrakete

Lehrerhinweise .....	7
Einstieg .....	10
Materialübersicht .....	11
Material 1: Die Gravitationskraft .....	12
Material 2: Bewegungswiderstände .....	15
Material 3: Die Trägerrakete .....	20
Material 4: Die Bewegungsformen der Raumsonde .....	21
Lösungen: Material .....	24
Problemlösung .....	28
Vertiefung: Schubkraft und Gravitationskraft .....	30
Lösungen: Vertiefung .....	31

### 2. Elektrokleinwagen versus Sportwagen

Lehrerhinweise .....	32
Einstieg .....	35
Materialübersicht .....	36
Material 1: Das Elektroauto .....	37
Material 2: Der Antriebsstrang .....	39
Material 3: Gemischte Antriebe .....	41
Material 4: Das Drehmoment .....	42
Material 5: Drehmoment und Drehzahl .....	44
Material 6: Das Hebelgesetz .....	46
Lösungen: Material .....	50
Problemlösung .....	54
Vertiefung: Die Kombination von Elektromotor und Verbrennungsmotor .....	56
Lösungen: Vertiefung .....	57

### 3. Nie ohne Sicherheitsgurt!?

Lehrerhinweise .....	60
Einstieg .....	63
Materialübersicht .....	64
Material 1: Die Trägheit .....	65
Material 2: Eine Simulation .....	68
Material 3: Ohne Sicherheitsgurt im Straßenverkehr .....	71
Lösungen: Material .....	73
Problemlösung .....	75
Vertiefung: Den Bremsweg verlängern? .....	77
Lösungen: Vertiefung .....	78

## Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Literaturangaben .....	79
2. Quellennachweise .....	79
Bildquellen .....	79

### 1. Problemorientierung, was ist das?

Das Unterrichtskonzept der Problemorientierung lehnt es prinzipiell ab, „Fertigkost zu verabreichen“<sup>1</sup>; sie will die Lernenden vielmehr eigene Einsichten gewinnen lassen, zu denen sie durch eigenes Suchen und Forschen gelangen. Somit erfordert problemlösendes Denken im Unterricht einen Lernvorgang, der methodisch aufgebaut ist. Dietrich Dörner charakterisierte ein Problem mit der folgenden Beschreibung: „Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen.“<sup>2</sup> Ein Problem ist somit immer durch drei Komponenten gekennzeichnet:

1. Unerwünschter Ausgangszustand
2. Erwünschter Endzustand und
3. Barriere, die die Transformation des Anfangszustandes in den Endzustand im Moment verhindert.<sup>3</sup>

Der Gebrauch des Begriffes „Problem“ verweist auf eine die Komplexität betreffende Abgrenzung vom Begriff „Frage“. „Ein Problem ist keine einfache, auf einen Sachverhalt bezogene Frage, sondern konstituiert sich durch die Verbindung verschiedener dem Fragenden verknüpfbar erscheinender Sachverhalte (Fragestellungen) und ihrer Benennung eben als Problem.“<sup>4</sup> Fragen sind somit Teilaspekte eines Problems.

Ein Wille, die Barriere zwischen dem unerwünschten Anfangszustand und dem erwünschten Endzustand durch eigene Denkleistung zu überwinden, entsteht jedoch nur, wenn das Problem und dessen Lösung für die Person als wichtig erscheinen. Dies setzt zuerst einmal voraus, dass der Lernende auf den unerwünschten Anfangszustand aufmerksam gemacht wird. Dem Lehrer kommt damit die Aufgabe zu, „die Realität der Ausgangslage so in ihren Wahrnehmungshorizont zu rücken, dass ihr Denken herausgefordert wird. Das Thema soll sie nicht als Schüler<sup>5</sup>, sondern als Mensch berühren. Der Druck soll so stark sein, dass sie von sich aus nach einer Lösung suchen.“<sup>6</sup>

Zu Beginn des Lern- und Denkprozesses steht somit noch nicht fest, wie die Unterrichtsteilnehmer die Barriere zur Problemlösung überwinden können. Die Lernenden stellen sich eine Leitfrage und leiten daraus resultierende Unterfragen oder Informationsdefizite ab, die sie zu beantworten beziehungsweise auszugleichen versuchen. Mit den Antworten zeichnet sich die Problemlösung immer klarer ab, bis sie das Problem (vorläufig) zufriedenstellend lösen können.

Durch die Lösung der Probleme fördern die Schüler ihre innere Unabhängigkeit und sie gewinnen eine positive Grundeinstellung zum selbstständigen Denken und fassen Mut, sich mit weiterführenden Fragen zu beschäftigen und selbst aktiv zu werden. Damit weckt problemlösendes Denken die Bereitschaft zum selbstständigen Urteilen und Handeln.

Bei der Suche nach Lösungen erkennen die Lernenden, dass sie ohne Wissen die Probleme nicht lösen können. Sie spüren die Notwendigkeit, Grundwissen zu erwerben und sich ein Repertoire an Begriffen und Verfahren zum Durchdenken von Problemen und Problemlösungen zu erarbeiten.<sup>7</sup> Setzen sich die Schü-

---

1 *Uffelmann, Uwe*: Problemorientierter Geschichtsunterricht. In: *Bergmann, Klaus* [u. a.] (Hrsg.): Handbuch der Geschichtsdidaktik, 5. überarbeitete Auflage. Seelze-Velber 1997, S. 282.

2 *Dörner, Dietrich*: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart 1979, S. 10.

3 Vgl.: Ebenda.

4 *Uffelmann, Uwe*: Problemorientierter Geschichtsunterricht, S. 282.

5 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird innerhalb dieser Publikation die männliche Form verwendet. Selbstverständlich sind jedoch immer Schülerinnen und Schüler, Lehrerinnen und Lehrer usw. gemeint.

6 *Breit, Gotthard*: Problemorientierung. In: *Sander, Wolfgang* (Hrsg.): Handbuch politische Bildung. Bonn 2005, S. 109.

7 Vgl.: *Aebli, Hans*: Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart 1983, S. 306.

ler beim problemlösenden Denken selbstständig mit Wissen auseinander, dann erhöht sich außerdem die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Wissen langfristig gespeichert wird, erheblich.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass problemlösendes Denken nicht stattfinden kann, wenn die Antwort auf die „offene Frage“ auf der Hand liegt und sich deshalb niemand der Anstrengung des Denkens unterziehen muss! „Die Kunst des Lehrers besteht darin, seinen Schülern eine Aufgabe anzubieten, die ihr Denken herausfordert, sie aber weder über- noch unterfordert.“<sup>8</sup>

Frank Lauenburg

## 2. Besonderheiten der Problemorientierung im Fach Physik

In der Bearbeitung von Problemen, die nicht nur eine wissenschaftliche, sondern auch eine gesellschaftliche Bedeutung haben, liegt die Relevanz der Physik begründet: „Stellen Sie sich eine Physik ohne Problemorientierung vor. Wie arm und wertlos wäre die Physik?“<sup>9</sup> Es ist demnach der Stellenwert einer echten Problembearbeitung, der auch das Unterrichtsfach Physik kennzeichnen sollte. Es gilt, auf der Ebene von physikalischem Unterricht Lücken zu überwinden, Widersprüche zu beseitigen oder komplizierte Sachverhalte zu vereinfachen.<sup>10</sup> Auch wenn die Bildungspläne voll sind mit Themen, die sich für eine Problemorientierung wirklich anbieten, bleibt die Gestaltung eines problemorientierten Unterrichts eine pädagogische Herausforderung. Man braucht an dieser Stelle vor allem eines: eine gute Aufgabekultur. Diese „guten“ Aufgaben ergeben sich in Hinblick auf eine echte Problemorientierung im Physikunterricht unter anderem dann, wenn sie einen kognitiven Konflikt hervorrufen. Das kann ganz konkret bedeuten, dass eine bestimmte Aufgabe so gestellt wird, dass sie für die Schüler einen Konflikt eröffnet, da sie bisherige Annahmen in Frage stellen müssen. Ist ein solcher Konflikt eröffnet, dann erlebt der Schüler ein „echtes“ Problem, welches sein eigenes Lernen in Bewegung setzen wird.<sup>11</sup> In ausreichend vielen Studien hat sich gezeigt, dass diese Form der Aufgabekultur noch immer nicht zwangsläufig zum selbstverständlichen Repertoire des Physikunterrichts gehört. Weiterhin spielen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nur eine geringe Rolle, die Lehrkräfte unterrichten oft stofforientiert und der Unterricht ist zu selten durch Schülerarbeitsphasen gekennzeichnet.

Dabei provozieren echte Problemstellungen eine Lernumgebung, die den Schülern vielfältige Kompetenzen abverlangt. Es ist dann die besondere Herausforderung, den Schülern im Physikunterricht eine solche Lernumgebung zu eröffnen und sie bei der Problemlösung zu unterstützen.

Worauf wurde bei der Erstellung der Aufgaben in diesem Band besonders geachtet?

1. die Auswahl eines eindeutigen und realitätsrelevanten Kontextes
2. die eindeutige Darbietung/Darstellung der Problemstellung durch die Einstiegsmaterialien
3. ein umfangreiches Angebot von Arbeitsmaterialien (Texte, Daten, Bilder etc.)
4. die Formulierung eindeutiger Aufgaben in den einzelnen Arbeitsmaterialien durch die Verwendung von Operatoren
5. die Bereitstellung von Lernhilfen (zum Beispiel Hinweise, Informationskästen etc.)

Durch das Berücksichtigen dieser Punkte werden die Schüler beim Bearbeiten der Materialien gefordert, aktiv-konstruktiv, selbstverantwortlich und durch Kooperation untereinander Antworten auf die ausstehenden Fragen zu finden. J. Leisen postuliert die folgende Aussage für Schüler, die in einer problemorientierten Lernumgebung gearbeitet haben:

<sup>8</sup> Vgl. u. a.: *Breit, Gotthard*: Problemlösendes Denken zu leicht gemacht. In: Politische Bildung, Heft 3, S. 92–99.

*Grammes, Tilmann*: Problemorientiertes Lernen. In: Mickel, Wolfgang (Hrsg.): Handbuch zur politischen Bildung. Bonn 1999, S. 206–211.

<sup>9</sup> Vgl. *Josef Leisen*: Problemorientierter Unterricht und Aufgabekultur. In: Physik Methodik. Berlin 2007, S. 82.

<sup>10</sup> Ebenda

<sup>11</sup> *Aebli, Hans*: Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart 1987, S. 277.

„Wir haben nun Antworten auf Fragen, die sich uns im Unterricht und in den Aufgaben stellten. Wir haben Anregungen erhalten für die Bewältigung relevanter Aufgaben. Wir haben Neues erfahren, das uns in unserem Denken und Handeln weiterhilft, und wir haben neue Fragen, auf die wir Antworten suchen.“<sup>12</sup>

Es bleibt noch anzumerken, dass sich eine echte Problemorientierung häufig schon durch die Inhalte des Physikunterrichts anbietet. Viele fachliche Inhalte und Aspekte, wie beispielsweise Missionen in der Raumfahrt und deren Folgen für die Menschheit, werden ohnehin auf gesellschaftlicher Ebene oft kontrovers und konfliktreich diskutiert. Ein problemorientierter Unterricht in Hinblick auf diese Thematik ist daher gut möglich. Weitere geeignete Themenkomplexe finden sich in jedem Bildungsplan.

### 3. Sachkommentar „Kraft und Beschleunigung“

Die Auseinandersetzung mit Bewegungen und Kräften ist im Physikunterricht keine Neuheit, sondern eher ein Klassiker, der Schüler und Lehrkräfte immer wieder vor spezielle Herausforderungen stellt:

Auf Seiten der Schüler bestehen beispielsweise nicht nur vielfältige Fehlvorstellungen, sondern auch die notwendige Mathematik und der Bedarf an Abstraktionsvermögen stellen immer wieder eine wirkliche Herausforderung dar. Diese sorgen dafür, dass teilweise selbst Schüler in der Oberstufe die Grundideen der Mechanik nachweislich noch nicht verstanden haben. Die Lehrkräfte sind demnach vor die Herausforderung einer der Lernausgangslage entsprechenden Lehre gestellt. Was ist also zu tun? Die didaktische Forschung konnte viele Anhaltspunkte in Hinblick auf die Erstellung angemessener Lehr- und Lernkonzepte liefern. Aus der Vielzahl der Hinweise soll hier einer besonders hervorgehoben werden, der zugleich den einen großen Vorteil der anvisierten Lerninhalte betont: der Alltagsbezug. Viele Inhalte der Mechanik beziehen sich direkt auf alltägliche Erfahrungen unserer Schüler. Die Lebenswelt der Schüler kann demnach zum Ausgangspunkt physikalischer Fragestellungen werden, sodass der Physikunterricht hier auf eine künstliche Realität verzichten darf. Der vorliegende Band möchte demnach bestimmte Themenbereiche der Mechanik durch die Bearbeitung authentischer Probleme angehen, die wirklich realistisch sind und deren Lösung damit mit einer eindeutigen Relevanz einhergeht.

**Inhaltlich setzt das Arbeitsheft dazu folgende Schwerpunkte:**

1. Raumsonde und Trägerrakete
2. Elektrokleinwagen versus Sportwagen
3. Nie ohne Sicherheitsgurt!?

## Einstieg

### Die Raumsonde ...

Die New Horizons ist die erste Raumsonde, die jemals am Pluto vorbeigeflogen ist. Das Ziel ihrer Mission war es, die Monde des Zwergplaneten zu erforschen. Dafür hat die Sonde über **9½ Jahre** gebraucht und **mehrere Millionen Kilometer** zurückgelegt. Für diese unvorstellbar lange Strecke hatte die New Horizons insgesamt **77 kg Treibstoff** an Bord. Die Gesamtmasse der Raumsonde betrug zu Beginn ihrer Reise 478 kg. Bevor die New Horizons ihre Reise durch den Weltraum starten konnte, musste sie zuerst mit einer Trägerrakete in eine erdnahe Umlaufbahn transportiert werden.



### ... und ihre Trägerrakete

Als Transportbehälter für die New Horizons wurde eine Atlas V 551 Rakete verwendet. Diese Trägerrakete beförderte die Raumsonde in gut **45 Minuten** in die gewünschte Flugbahn und trennte sie dort ab. Insgesamt legte die Atlas V 551 eine Distanz von circa **200 Kilometern** zurück. Für diese Strecke hat sie insgesamt circa **500 000 kg Treibstoff** verbraucht. Da die Antriebskraft der Träger Rakete nicht für den Flug ausgereicht hätte, wurde die Atlas V 551 mit fünf Hilfsantrieben (Boostern) ausgestattet. Jeder dieser Booster hatte ungefähr 40 Tonnen Treibstoff geladen. Beim Aktivieren der Booster erfuhr die Rakete einen gewaltigen Schub. Durch diesen war nach nur knapp 100 Sekunden der komplette Treibstoff der Booster aufgebraucht.



	Raumsonde	Trägerrakete
<b>Flugstrecke</b>	mehrere Millionen Kilometer	ca. 200 km
<b>Treibstoffkapazität</b>	77 kg	500 000 kg
<b>Gewicht</b>	478 kg	587 000 kg
<b>Flugumgebung</b>	Weltall	Erdatmosphäre/erdnaher Orbit

## Materialübersicht

Problemfrage: \_\_\_\_\_

Material	Notizen/Bemerkungen
Material 1: Die Gravitationskraft	
Material 2: Bewegungswiderstände	
Material 3: Die Trägerrakete	
Material 4: Die Bewegungsformen der Raumsonde	

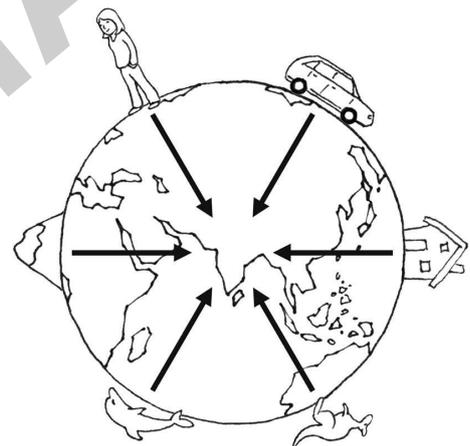
## Material 1: Die Gravitationskraft

Eine Raumsonde soll in eine Höhe von 250 km gebracht werden. Ermittle die dafür nötige Energie. Aufgabe

1. Erarbeite zunächst das folgende Material und beantworte dann die folgenden Fragen.
2. Warum fällt ein reifer Apfel, der sich vom Baum löst, zur Erde? Erläutere.
3. Auf der Erde übt ein Astronaut mit seiner Ausrüstung für die nächste Mondexpedition. Ihm fällt auf, dass er diese kaum anheben kann! Wird dies auf der Expedition ein Problem darstellen? Begründe ausführlich!
4. Eine Raumsonde ( $m = 500 \text{ kg}$ ) soll in eine Höhe von 250 km gebracht werden.
  - a. Ermittle die notwendige Energie, um die Raumsonde auf die gewünschte Höhe anzuheben.
  - b. Reicht die Berechnung aus Aufgabe a. aus, um den gesamten Energiebedarf für das Anheben der Raumsonde abschätzen zu können? Begründe!

### Die Erde als anziehende Masse

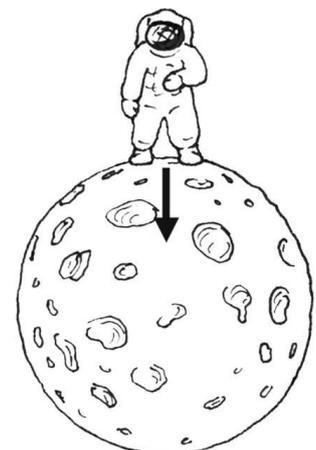
Überprüfe einmal, welche Gegenstände sich aktuell auf deinem Schultisch befinden! Vielleicht ein Taschenrechner, ein Heft, ein Bleistift? All diese Dinge würden wieder auf die Tischplatte zurückfallen, wenn du diese leicht anhebst und dann loslässt! Würde aber die Tischplatte fehlen, würden die Gegenstände auf den Boden fallen! Auch du selbst landest wieder auf dem Boden, wenn du hochspringst. Diese alltäglichen Erfahrungen demonstrieren, dass die Erde als größere Masse andere kleinere Massen anzieht. Jeder Gegenstand und jedes Lebewesen erfährt die Wirkung der Gravitationskraft und wird zum Erdmittelpunkt „hingezogen“ oder besser: beschleunigt. Um dieses Phänomen darzustellen, idealisiert man die Erde in einer Kugelgestalt und geht davon aus, dass sich die gesamte Masse im Mittelpunkt konzentriert.



**Hinweis:** Andere Begriffe für die Gravitationskraft sind Schwerkraft, Gewichtskraft und Erdanziehungskraft.

### Der Mond als anziehende Masse

Am 21. Juli 1969 betrat der amerikanische Astronaut Neil Alden Armstrong als erster Mensch den Mond. Ihm war es möglich, auf dem Mond zu gehen. Dabei entfaltete allerdings nicht die Gravitationskraft der Erde ihre Wirkung, sondern die Gravitationskraft des Mondes. Die größere Masse des Mondes übte eine Kraft auf die kleinere Masse des Astronauten aus und beschleunigte ihn in Richtung Mondmittelpunkt.



## Warum kann man auf dem Mond höher springen?

Auf dem Mond und auf der Erde erfährt eine bestimmte Masse jeweils eine unterschiedliche Gravitationskraft, das heißt eine jeweils unterschiedliche Beschleunigung in Richtung Mond- oder Erdmittelpunkt.

Auf der Erde werden Massen mit  $9,81 \text{ m/s}^2$  beschleunigt und auf dem Mond mit  $1,62 \text{ m/s}^2$ . Den Zusammenhang zwischen Masse und der ortsabhängigen Beschleunigung können wir in einer Formel angeben:

$$F = m \cdot g$$

$F$  = Gravitationskraft (N),  $m$  = Masse (kg),  
 $g$  = ortsabhängige Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ )

Die Gravitationskraft ( $F$ ) ist das Produkt aus der Masse ( $m$ ) und der ortsabhängigen Beschleunigung ( $g$ ).



## Warum umkreist ein Satellit die Erde?

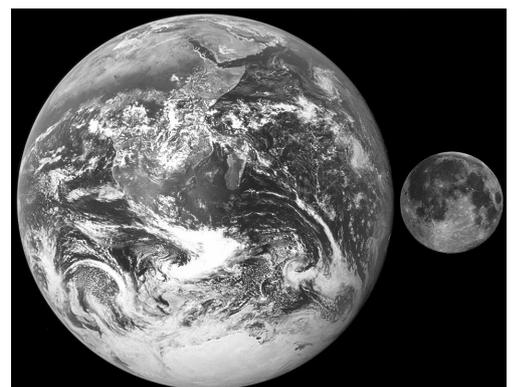
Wir wissen nun, warum ein in die Höhe geworfener Stein wieder zurück zur Erde fällt. Auch eine abgeschossene Kugel aus einer Kanone wird sich nach einiger Zeit dem Erdboden immer weiter nähern und schließlich „zu Boden fallen“. Wie lange sie in der Luft bleibt, hängt von ihrer Geschwindigkeit ab.

Im 17. Jahrhundert hat Isaac Newton dieses Phänomen in einer spannenden Überlegung weiter hinterfragt: Würde man eine Kanonenkugel mit sehr hohen Geschwindigkeiten von einem hohen Berg waagrecht wegschleudern, dann würde die Kanonenkugel ab einer bestimmten Geschwindigkeit den Erdboden nicht mehr erreichen. Stattdessen würde sie um die Erde „herumfallen“ – sich also unendlich lange auf einer bestimmten Kreisbahn um die Erde bewegen.



Mit einer Kanone lassen sich so hohe Geschwindigkeiten natürlich nicht erzeugen. Im Jahr 1957 gelang es jedoch, einen Satelliten mit einer Rakete im All auszusetzen und ihm eine so hohe Geschwindigkeit zu verleihen, dass er die Erde umkreisen konnte.

Satelliten werden auch als Kunstmonde bezeichnet. Das liegt daran, dass der Mond ebenfalls – trotz der großen Entfernung – von der Gravitationskraft der Erde beeinflusst wird. Da er eine deutlich geringere Masse im Vergleich zur Masse der Erde hat, kreist der Mond um die Erde.



## Material 5: Drehmoment und Drehzahl

**Die Leistung eines Motors hängt eng mit seinem Drehmoment zusammen. Prüfe, wie sich die Art des Motors auf die Beschleunigung eines Elektroautos und eines Sportwagens auswirkt.**

*Aufgabe*

1. Erarbeite zunächst das folgende Material.
2. Im Diagramm werden für einen Elektromotor und einen Verbrennungsmotor die Drehzahlen und Drehmomente dargestellt.
  - a. Überprüfe, bei welchen Drehzahlbereichen der Elektromotor und der Verbrennungsmotor hohe Drehmomente haben.
  - b. Markiere die ungefähren Bereiche an den Drehzahlmessern unten.
3. Das Elektroauto und der Sportwagen liefern sich ein Rennen. Beschreibe, wer schneller ist:
  - a. auf den ersten Metern
  - b. über eine längere Distanz
4. Erkläre nun, wie sich der Motor auf die Beschleunigung eines Elektroautos und eines Sportwagens auswirkt.

### Zwei unterschiedliche Motoren

Die Frage nach der Leistung eines Motors lässt sich beantworten, wenn nach der wirkenden Kraft, die das Fahrzeug antreibt, gefragt wird. Diese Krafteinwirkung wird durch das Drehmoment beschrieben:

Durch ein Drehmoment kann die Drehbewegung eines Körpers, zum Beispiel die eines Rades, beschleunigt oder abgebremst werden. In Hinblick auf den Fahrzeugmotor geht es also konkret um die Kraft, die auf die Antriebswelle wirkt. Um die Leistung zu ermitteln, muss außerdem die Drehzahl berücksichtigt werden.

Die Drehzahl gibt die Umdrehungen der Kurbelwelle pro Minute an. Mittlerweile weißt du, dass diese Drehbewegung auf die Antriebswellen und damit auf die Räder übertragen wird. Die Umdrehungen pro Minute lassen sich direkt am Drehzahlmesser ablesen.

Die Leistung ergibt sich aus folgender Formel:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot n$$

$P$  = Leistung (W),  $M$  = Drehmoment (Nm),  $n$  = Drehzahl (1/s)

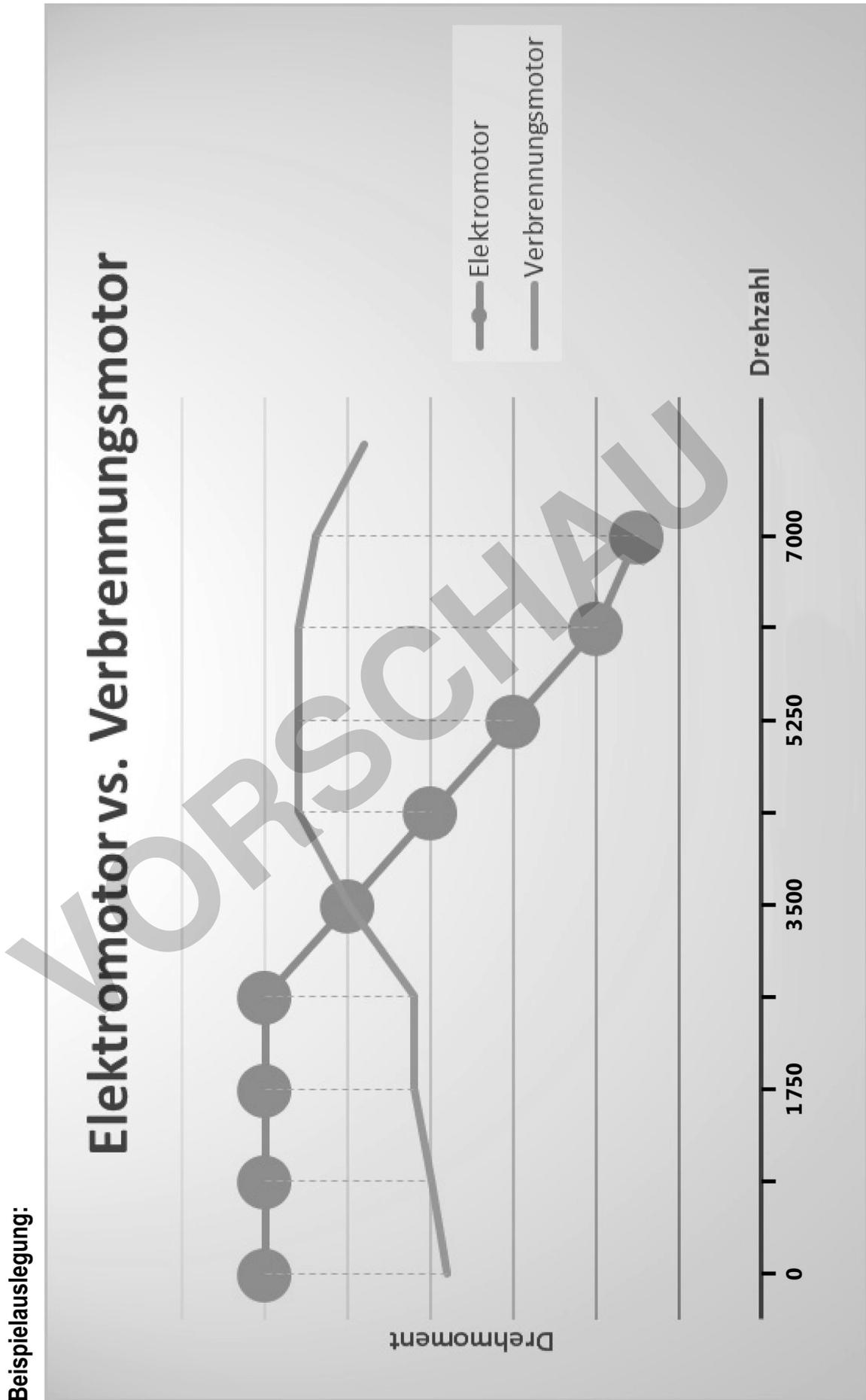


Elektroauto



Sportwagen

**Hinweis:** 1 kW entspricht 1,35962 PS.



## Material 6: Das Hebelgesetz

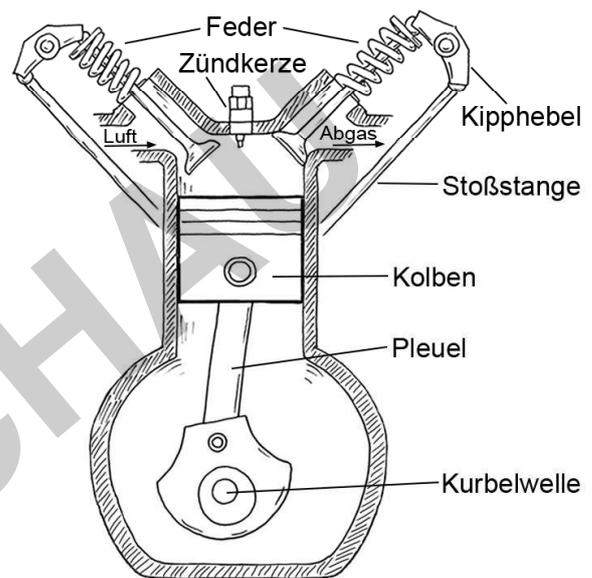
Die Ventile eines Verbrennungsmotors können über Kipphebel gesteuert werden.  
Beschreibe diesen Hebel mithilfe des Hebelgesetzes.

*Aufgabe*

1. Erarbeite dir hierzu zunächst das Material.
2. Bearbeite die Aufgaben zum Hebelgesetz.
3. Lies den Text über den Kipphebel. Erläutere, wie der Kipphebel die Ventile steuert.

Um ein Auto mit Verbrennungsmotor zum Fahren zu bringen, wird ein Benzin-Luft-Gemisch zur Verbrennung gebracht. Dazu wird das Gemisch im Motorzylinder komprimiert und durch einen Funken der Zündkerze entzündet. Bei der darauf folgenden Explosion entsteht eine große Menge Abgase, die den Motorkolben in Bewegung versetzt.

Die zur Explosion benötigte Luft wird über das Einlassventil in den Motorzylinder geleitet, das entstehende Abgas verlässt den Zylinder nach der Explosion über das Auslassventil. Die Steuerung dieser beiden Ventile kann über Kipphebel erfolgen. Diese funktionieren wie eine Wippe und können mit dem Hebelgesetz beschrieben werden.

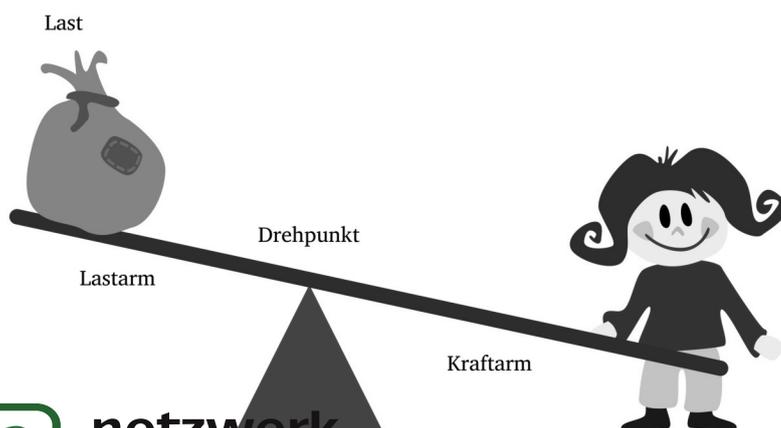


### Das Hebelgesetz

Damit sich ein bestimmter Körper drehen kann, ist ein Drehmoment erforderlich. Auch eine Wippe vollführt eine Drehbewegung. Bei ihr handelt es sich um einen zweiseitigen Hebel. Sicher kennst du den Effekt, dass sich ein Körper auf der anderen Seite der Wippe durch die Veränderung der Sitzposition leichter oder schwerer anheben lässt. Dieser Effekt kann mit dem Hebelgesetz erklärt werden. Die Anwendung ergibt sich aus der Definition des Drehmoments:

$$F_K \cdot r_K = F_L \cdot r_L$$

$F_K$  = Kraft (N),  $r_K$  = Kraftarm (m),  $F_L$  = Last (N),  $r_L$  = Lastarm (m)



- a. Erkläre, wo sich im Hebelgesetz die Definition für den Drehmoment verbirgt.

---

---

---

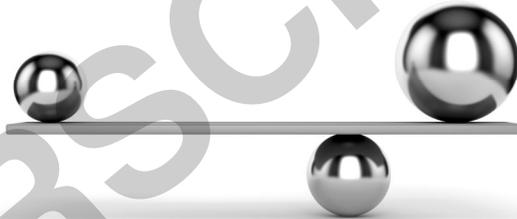
---

---

- b. Berechne für die Skizze zum Hebelgesetz auf S. 46 die Kraft für eine Last von 50 kg. Der Lastarm hat eine Länge von 50 cm. Der Kraftarm eine Länge von 20 cm.

**Hinweis:** Gravitationskonstante =  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- c. Wende das Hebelgesetz auf das Bild an und beschrifte entsprechend.



- d. Ein 40 cm langes Brett der Masse  $m$  wird auf ein Dreieck (Drehpunkt) gelegt, sodass eine Art Wippe entsteht. Der neue Drehpunkt „teilt“ das Brett nun in zwei Teile ein: Links vom Drehpunkt hat das Brett eine Länge von 15 cm und rechts von 25 cm. Auf die linke Seite wird ein Stein der Masse  $m = 5 \text{ kg}$  gelegt. Erstelle eine Skizze.

Die Wippe soll ins Gleichgewicht gebracht werden. Berechne die Masse, die dafür auf der rechten Seite platziert werden muss.

e. An dem Kipphebel in der Abbildung wirkt die Kraft  $F_1 = 1\,500\text{ N}$ . Berechne die Kraft  $F_2$ .

f. Übertrage die Tabelle in dein Heft. Finde drei alltägliche Gegenstände, auf die sich das Hebelgesetz anwenden lässt. Notiere diese in der Tabelle und fertige jeweils eine Skizze an. Verorte in jeder Skizze Last und Kraft sowie Lastarm und Kraftarm.

Gegenstand	Skizze
Schere	
...	
...	
...	