

# DUDEN



## Eltern COACH

Sicher helfen bei Hausaufgaben & Co.

## PHYSIK

Der komplette  
Lernstoff von der 5.  
bis zur 10. Klasse



$$v = \frac{s}{t}$$



# Duden

---

# Eltern COACH PHYSIK

**Sicher helfen bei Hausaufgaben & Co.**

1. Auflage

**Dudenverlag**  
Berlin

### **Bildquellenverzeichnis**

B. Mahler, Fotograf, Berlin: 55/1, 55/2, 55/3, 106/1, 118/1, 130/1, 130/2, 142/1, 149/1, 156/1;  
Bibliographisches Institut, Berlin: 20/1, 22/1, 44/1, 116/2; BMW Group: 73/3; © CORBIS/  
Royalty-Free: 80/2, 105/1, 123/1, 123/2, 168/1; DeTeMobil Deutsche Telekom MobilNet, Bonn:  
133/2; ESO – European Southern Observatory, Garching bei München: 116/1; © Africa Studio –  
Fotolia.com: 64/1; © akf – Fotolia.com: 193/1; © bierwirm – Fotolia.com: 201/1; © Christine  
Gerhardt – Fotolia.com: 107/1; © Erwin Wodicka – Fotolia.com: 128/1; © Graça Victoria –  
Fotolia.com: 87/1; © HAKAN GANI – Fotolia.com: 133/1; © Heidrun Lutz – Fotolia.com: 81/1;  
© hero – Fotolia.com: 92/1; © Himmelssturm – Fotolia.com: 159/1; © manu – Fotolia.com:  
10/4; © Michael Nolan – Fotolia.com: 132/1; © Monika Adamczyk – Fotolia.com: 89/1; © Monika  
Wisniewska Amaviael – Fotolia.com: 164/1; © pepe – Fotolia.com: 96/1; © petaran – Fotolia.com:  
207/1; © Pixelot – Fotolia.com: 156/2; © razorconcept – Fotolia.com: 10/2; © Smileus –  
Fotolia.com: 73/1; © Stefan Thiermayer – Fotolia.com: 172/4; © Stihl024 – Fotolia.com: 172/1;  
© Swifty99uk – Fotolia.com: 184/1; © Tanguy de Saint Cyr – Fotolia.com: 80/3; © Tanja  
Bagusat – Fotolia.com: 81/3; © Thaut Images – Fotolia.com: 10/1; © valdezrl – Fotolia.com:  
154/1; © Werner Münzker – Fotolia.com: 17/2; © xavier gallego morell – Fotolia.com: 34/1;  
Dr. V. Janicke, München: 10/3; Dr. R. König, Preetz: 56/3; MEV Verlag, Augsburg: 17/1, 49/1, 50/1,  
56/1, 56/2, 73/2, 73/4, 81/2, 88/1, 91/1, 97/1, 102/1, 142/2, 172/2, 172/3, 191/1, 193/2;  
Siemens, Erlangen und Mannheim: 212/1; SOHO-EIT Consortium, ESA, NASA: 80/1; Spektrum  
Akademischer Verlag, Heidelberg: 134/1; P. Voß, Bremerhaven: 56/4; WMF, Geislingen: 82/1

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen National-  
bibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Wort **Duden** ist für den Verlag Bibliographisches Institut GmbH als Marke geschützt.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form  
(Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichts-  
gestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, verviel-  
fältigt oder verbreitet werden.

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

© Duden 2016 D C B A

Bibliographisches Institut GmbH, Mecklenburgische Straße 53, 14197 Berlin

**Redaktionelle Leitung** David Harvie

**Redaktion** Dr. Wiebke Salzmann

**Autorin/Text** Jennifer Day, Dr. Wiebke Salzmann

**Herstellung** Ursula Fürst

**Layout und Satz** Sigrid Hecker, Mannheim

**Umschlaggestaltung** Büroecco, Augsburg

**Umschlagabbildungen** Stock photo iStock/Sashatigar und Büroecco

**Grafiken** Sigrid Hecker, Mannheim und MT-Vreden, Vreden

**Druck und Bindung** Heenemann GmbH & Co. KG, Bessemerstraße 83–91, 19103 Berlin

Printed in Germany

ISBN 978-3-411-87182-7

Auch als E-Book erhältlich unter: ISBN 978-3-411-90933-9

[www.duden.de](http://www.duden.de)

Liebe Leserin, lieber Leser,

natürlich wissen Sie, was Gravitation ist – aber was Ihr Kind da gerade in der Schule zum Ortsfaktor lernt, sagt Ihnen nichts mehr? Und, Hand aufs Herz, wissen Sie noch, wie das Gravitationsgesetz lautet? Sie möchten Ihrem Kind gern bei Problemen mit den Physik-Hausaufgaben helfen und waren ja auch gar nicht so schlecht in Physik – aber ein paar Jahre ist das nun schon her und Sie könnten eine kurze **Auffrischung** des damals Gewussten gebrauchen? Genau die liefert Ihnen dieses Buch.

Anschaulich erklärt und übersichtlich aufbereitet finden Sie im Eltern-coach „Physik“ die **Themen der 5. bis 10. Klasse** – das macht den Eltern-coach auch für ältere Schüler interessant.

Fünf Kapitel behandeln jeweils ein Teilgebiet der Physik und sind unterteilt in Unterkapitel von ein bis vier **Doppelseiten**. Durch das Doppelseitenprinzip wird weitgehend vermieden, einen Gedankengang durch Umblättern unterbrechen zu müssen. **Beispiele** und **Grafiken** machen den Stoff anschaulich und holen ihn rasch in Ihr Gedächtnis zurück.

Zu Beginn eines Unterkapitels beantwortet ein kurzer Einstieg „**Wozu eigentlich?**“ die Frage: „Wozu muss ich das eigentlich lernen?“. Eingestreute Kästen „**Achtung, Denkfalle!**“ geben Tipps zu häufigen Fehlvorstellungen bei Schülern (gemeint sind natürlich immer auch Schülerinnen) – so können Sie diesen vorbeugen. Den Schluss eines Unterkapitels bildet ein Kasten „**Selbst entdecken**“ – hier finden Sie entweder interessante weiterführende Informationen oder ein kleines **Experiment**, mit dem Sie zusammen mit Ihrem Kind das ein oder andere Phänomen selbst erfahren können. **Beachten Sie dabei bitte, dass Experimente mit Kerzenflammen, Laserpointern, Schneidwerkzeugen o. dgl. Kinder nicht allein durchführen sollten.**

Um den Inhalt des Buches zu erschließen steht Ihnen neben dem **Inhaltsverzeichnis** auch ein **Register** zur Verfügung – dieses enthält wichtige Begriffe, die nicht im Inhaltsverzeichnis auftauchen: Wenn Sie nachschlagen wollen, was die Lorentzkraft ist, aber nicht mehr sicher sind, zu welchem Thema diese Kraft gehört, finden Sie im Register die richtige Seite. Oder Sie schauen ins **Glossar**, das auf acht Seiten wichtige Begriffe kurz erklärt – wenn Sie noch genau wissen, wozu man das Gravitationsgesetz braucht, aber nicht mehr sicher sind, ob es im Nenner „ $r$ “ oder „ $r^2$ “ heißen muss, brauchen Sie nicht das ganze Kapitel über Gravitation zu lesen, sondern können die Formel schnell im Glossar nachschlagen.

Ihnen – und Ihrem Kind – viel Erfolg beim Lernen!

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>MECHANIK</b>	<b>7</b>
Eigenschaften von Stoffen	8
Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung	10
Kräfte und ihre Wirkungen	16
Die newtonschen Gesetze	20
Gewichtskraft und freier Fall	24
Die Gravitation	28
Reibung und Reibungskräfte	32
Impuls und Stoßvorgänge	34
Kraftumformende Einrichtungen	38
Der Auflagedruck	44
Druck in Flüssigkeiten und Gasen	46
Auftrieb und archimedisches Prinzip	54
Mechanische Arbeit, Leistung und Energie	58
Mechanische Schwingungen	66
Mechanische Wellen und Schall	70
 <b>WÄRMELEHRE</b>	 <b>79</b>
Wärmequellen	80
Temperatur und Wärme	82
Wärme und Energie	84
Volumenausdehnung bei Temperaturänderungen	88
Die Anomalie des Wassers	92
Zustandsänderung bei Gasen	94
Längenausdehnung von Feststoffen	96
Bimetalle und Bimetallschalter	98
Aggregatzustände der Materie	100
Wärmeübertragung	102
Der Hauptsätze der Thermodynamik	108
Wärmekraftmaschinen und Kältemaschinen	110
 <b>OPTIK</b>	 <b>115</b>
Licht und Sehen	116
Licht und Schatten	118
Reflexion	124
Bilder an Spiegeln	126
Die Brechung des Lichtes	130

Totalreflexion und Lichtleiter .....	132
Licht und Farben .....	134
Bildentstehung durch Linsen .....	136
Optische Geräte .....	140

## **ELEKTRIZITÄTSLEHRE UND MAGNETISMUS .....**

**145**

Elektrostatik .....	146
Die elektrische Leitfähigkeit .....	150
Wirkung des elektrischen Stroms .....	156
Die elektrische Stromstärke .....	158
Die elektrische Spannung .....	162
Der elektrische Widerstand .....	166
Elektrische Energie, Arbeit und Leistung .....	172
Der elektrische Stromkreis .....	176
Elektrische Schaltungen .....	180
Der Kondensator .....	184
Das elektrische Feld .....	188
Magnete und ihre Wirkung .....	192
Elektromagnetische Induktion .....	196
Der Transformator .....	202
Elektromagnet, Generator und Elektromotor .....	206
Wechselstromkreise .....	214
Die Leitfähigkeit von Halbleitern .....	218
Halbleiterdioden und Transistoren .....	220

## **ATOM- UND KERNPHYSIK .....**

**225**

Der Aufbau von Atomen .....	226
Kernumwandlungen und Radioaktivität .....	230
Strahlenbelastung und Strahlungsschutz .....	236
Kernspaltung .....	240

## **ANHANG .....**

**245**

Glossar .....	246
Register .....	254



1

# MECHANIK



## Eigenschaften von Stoffen

### WOZU EIGENTLICH?

*Oftmals kommt es nicht auf die Masse eines Körpers an, sondern auf seine Dichte: So bilden sich bspw. hohe Gewitterwolken über erwärmten Landgebieten, weil warme Luft eine geringere Dichte hat als kalte. Wenn man sagt: „Die leichtere Luft steigt auf, die schwerere sinkt nach unten.“, meint man eigentlich: „Die Luft mit der geringeren Dichte steigt auf, die mit der größeren Dichte sinkt ab.“*

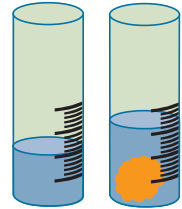
### Das Volumen

Das Volumen  $V$  eines Körpers oder Stoffes gibt seinen **Rauminhalt** an, beschreibt also, wie viel Raum er einnimmt.

Einheit: ein Kubikmeter ( $1 \text{ m}^3$ ) oder ein Liter ( $1 \text{ l}$ )

Umrechnung:  $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$

Hat man es mit einem regelmäßigen Körper zu tun, kann man sein Volumen über die aus der Mathematik bekannten Formeln berechnen. Messen kann man das Volumen eines unregelmäßigen Körpers, indem man in einen Messzylinder eine bestimmte Menge Wasser füllt, den Gegenstand hineinlegt und den Unterschied im Wasserstand abliest. Die Volumendifferenz ist das Volumen des Gegenstandes.



### Die Masse

Die Masse  $m$  eines Körpers oder einer bestimmten Menge eines Stoffes gibt an, wie **schwer** und wie **träge** der Körper ist. Dahinter verbirgt sich Folgendes: Die **träge Masse** (oder Massenträgheit) beschreibt die Tatsache, dass es einem Körper „widerstrebt“, seinen Bewegungszustand zu ändern (s. S. 20) – man muss eine Kraft aufwenden, um bspw. einen ruhenden Körper in Bewegung zu setzen oder um einen sich geradlinig bewegenden Körper auf eine Kreisbahn zu zwingen. Die Kraft muss umso größer sein, je mehr Masse der Körper hat. Dieser Zusammenhang wird durch das 2. newtonsche Gesetz (s. S. 21) beschrieben.

Mit der **schweren Masse** ist die Eigenschaft eines Körpers gemeint, auf andere Körper eine Gravitationskraft auszuüben und seinerseits von der Gravitation anderer Körper angezogen zu werden.

Trotzdem kann man weiterhin von „der Masse“ sprechen und schwere und träge Masse gleichsetzen, da dies durch Experimente belegt ist.

Die Einheit der Masse ist ein Kilogramm ( $1 \text{ kg}$ ).

## Dichte

Die Dichte  $\rho$  eines Körpers oder Stoffes gibt an, wie viel Masse  $m$  sich auf wie viel Volumen  $V$  verteilt:

$$\rho = \frac{m}{V}; \text{ Einheit: } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ oder } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$

Da das Volumen i. d. R. von der Temperatur abhängig ist, gilt dies auch für die Dichte. Das Volumen eines Gases nimmt bspw. mit der Temperatur zu (sofern es kein begrenzender Behälter umgibt), sodass seine Dichte sinkt.

## Das Teilchenmodell

Stoffe und Körper bestehen aus vielen, sehr kleinen Teilchen (Atome und Moleküle). Diese Teilchen bewegen sich zum einen, zum anderen üben sie anziehende oder abstoßende Kräfte aufeinander aus. Je nach Stärke der Kräfte und Bewegungen unterscheidet man die drei Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig:

fest	flüssig	gasförmig
Die Teilchen liegen eng nebeneinander auf festen Plätzen, auf denen sie hin und her schwingen. Zwischen ihnen wirken starke Kräfte.	Die Teilchen haben keine bestimmten Plätze, sondern bewegen sich umeinander. Die Kräfte zwischen ihnen sind kleiner als im Festkörper.	Die Teilchen bewegen sich beliebig und frei in dem Raum, den sie zur Verfügung haben. Zwischen ihnen wirken nur schwache Kräfte.

Die Kräfte zwischen den Teilchen ein und desselben Stoffes bewirken die mehr oder weniger große Festigkeit der Stoffmenge oder des Körpers. Man nennt dies **Kohäsion**.

Mit **Adhäsion** meint man dagegen das Haften verschiedener Körper aneinander. Sie lässt Farbe an der Wand haften und erzeugt auch die Wirkung von Klebstoff.

## SELBST ENTDECKEN Wasser als Klebstoff

**DAS WIRD GEBRAUCHT:** alte CD, Wassertropfen

**DAS IST ZU TUN:** Einen Tropfen Wasser auf die Tischplatte fallen lassen. Die CD darauflegen und hin und her drehen, damit sich das Wasser unter ihr verteilt.

**DAS PASSIERT:** Die CD lässt sich nur schwer vom Tisch lösen, weil zum einen Kohäsionskräfte den Wasserfilm zusammenhalten, zum anderen Adhäsionskräfte Tisch und Wasser einerseits und CD und Wasser andererseits zusammen halten.

## Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung

### WOZU EIGENTLICH?

*Ganz klar: Wer von einem Ort A zu einem Ort B gelangen möchte, muss sich bewegen und benötigt dafür eine gewisse Zeit. Die Mechanik, genauer gesagt deren Teilbereich der Kinematik („Lehre von der Bewegung“), beschäftigt sich damit, wie man eine solche Bewegung am besten beschreiben und auch vorhersagen kann.*

### Bewegungsformen

Im Alltag kann man bei genauerer Betrachtung mehrere Bewegungsformen beobachten. Dabei bewegen sich Körper entlang einer Bahn mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

#### a) Geradlinige Bewegung:

Der Körper bewegt sich entlang einer geraden Strecke und ändert seine Bewegungsrichtung nicht.

**BEISPIEL:** Ein Zug, der einen geradlinigen Schienenabschnitt befährt.



#### b) Krummlinige Bewegung:

Der Körper bewegt sich entlang einer krummlinigen Bahn, d.h., er ändert während seiner Bewegung seine Bewegungsrichtung.

**BEISPIEL:** Ein Fußballspieler, der seine Gegenspieler ausspielt.



#### c) Kreisbewegung:

Der Körper bewegt sich auf einer Kreisbahn.

**BEISPIEL:** Die Gondel eines Karussells oder eines Riesenrads.



#### d) Schwingung:

Der Körper pendelt zwischen zwei Punkten hin und her.

**BEISPIEL:** Ein Kind auf einer Schaukel.



## Bewegungsarten

Prinzipiell können zwei Bewegungsarten beobachtet und voneinander unterschieden werden:

Bei einer **gleichförmigen Bewegung** behält ein Körper seine Geschwindigkeit konstant bei, er wird weder schneller noch langsamer.

**BEISPIEL:** Eine Rolltreppe im Kaufhaus.

Unter einer **ungleichförmigen Bewegung** versteht man eine beschleunigte bzw. verzögerte Bewegung, d. h., der Körper verändert seine Geschwindigkeit und wird mal schneller oder mal langsamer.

**BEISPIEL:** Eine Straßenbahn fährt an der Haltestelle ab und wird dabei zunächst immer schneller. Vor der nächsten Haltestelle bremst der Fahrer die Bahn, bis sie schließlich zum Stillstand kommt.

## Die Geschwindigkeit von Körpern

Die Geschwindigkeit ist ein Grundbegriff der Mechanik. Sie trifft eine Aussage darüber, wie schnell bzw. langsam sich ein Körper bewegt. Genauer gesagt gibt sie an, welche Strecke (s) der bewegte Körper in einer bestimmten Zeit (t) zurücklegt.

**FORMELZEICHEN:** v

**EINHEIT:**  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  oder  $1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

**BERECHNUNG:**  $v = \frac{s}{t}$

Oft gibt man im Alltag nur die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Körpers an. Hierfür teilt man die Gesamtstrecke durch die insgesamt benötigte Zeit.

Die **Basiseinheit** der Geschwindigkeit ist „Meter pro Sekunde“, im Alltag benutzen wir aber meist die Einheit „Kilometer pro Stunde“.

**Umrechnung zwischen  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ :**

Aus der rechts dargestellten Umrechnung ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von 3,6.

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 60 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 3600 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$\cdot 3,6$   
 $\cdot 3,6$

**BEISPIEL 1:** Eine Geschwindigkeit von 270 Kilometer pro Stunde soll in Meter pro Sekunde umgerechnet werden.

$$270 \frac{\text{km}}{\text{h}} : 3,6 = 75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**BEISPIEL 2:** Eine Geschwindigkeit von 35 Meter pro Sekunde soll in Kilometer pro Stunde umgerechnet werden.

$$35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3,6 = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

## Strahlenbelastung

Ein in Deutschland lebender Mensch ist im Laufe eines Jahres einer durchschnittlichen Strahlenbelastung von im Mittel 4 mSv (Millisievert) ausgesetzt.

Diese Strahlenbelastung ergibt sich aus verschiedenen natürlichen Strahlungsquellen in der Lebensumwelt sowie aus Belastungen, die über technische und medizinische Geräte aufgenommen werden.

Der gesetzlich zugelassene Grenzwert für Menschen, die beruflich radioaktiver Strahlung ausgesetzt sind, liegt bei 50 mSv pro Jahr.

### RECHENBEISPIEL: Radioaktive Belastung durch Zigarettenrauch

Tabakpflanzen lagern während ihres Wachstums radioaktives Polonium-210 ( $^{210}\text{Po}$ ) in ihren Zellen ein, das auch später in der verarbeiteten Zigarette nachgewiesen werden kann. So nimmt ein Raucher über den Rauch einer einzelnen Zigarette eine Strahlungsenergie in Höhe von ca. 1,2  $\mu\text{J}$  auf.

Im Beispiel soll berechnet werden, wie hoch die zusätzliche Äquivalentdosis pro Jahr ist, der sich eine 80 kg schwere Person aussetzt, die pro Tag 25 Zigaretten raucht.



**GESUCHT:** Äquivalentdosis  $D_q$

**GEGEBEN:** Energiedosis pro Zigarette:  $E = 1,2 \mu\text{J}$

Masse der Person:  $m = 80 \text{ kg}$

Polonium-210 ist ein Alphastrahler

$\Rightarrow q = 20$

**RECHNUNG:** Berechnung der **Energiedosis:**

$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,2 \mu\text{J}}{80 \text{ kg}} = 0,015 \mu\text{Gy}$$

Berechnung der **Äquivalentdosis** einer Zigarette:

$$D_q = q \cdot D = 20 \cdot 0,015 \mu\text{Gy} = 0,3 \text{ Sv}$$

Berechnung der Äquivalentdosis von 25 Zigaretten pro Tag pro Jahr:

$$D_{q, \text{gesamt}} = 25 \cdot 365 \cdot 0,3 \mu\text{Sv} \approx 2738 \mu\text{Sv} \approx 2,7 \text{ mSv}$$

**ERGEBNIS:** Der Raucher nimmt ca. 2,7 mSv pro Jahr zusätzlich auf.

Ursprung der Strahlenbelastung	Äquivalentdosis pro Jahr
von der Umgebung abgegebene natürliche Strahlung	0,4 mSv
kosmische Strahlung	0,3 mSv
durch Aufnahme von Nahrung und Luft	1,7 mSv
medizinische Untersuchungen, einschließlich Röntgenstrahlung	1,5 mSv
durch Kernkraftwerke und Kernwaffentests	0,01 mSv
durch technische Geräte	0,02 mSv
Flugreise Frankfurt – New York – Frankfurt	0,01 mSv

### Biologische Wirkung radioaktiver Strahlung

Radioaktive Strahlung kann Veränderungen in Zellen und sogar im Erbgut bewirken. Ist die auf den Körper einwirkende Strahlendosis zu hoch, können die körpereigenen Regenerationsmechanismen die entstandenen Schäden möglicherweise nicht mehr ausgleichen. Eine kurzzeitige Energiedosis von 4 Sv führt zu einer schweren Strahlenkrankheit, bei der eine Todesquote von 50 % erwartet werden kann. Eine kurzzeitige Dosis von 7 Sv gilt ohne medizinische Behandlung als sicher tödlich.

Auch eine kleinere, nicht sofort tödliche Dosis kann auf Dauer gesehen schwere somatische Spätfolgen und Krankheiten wie Krebs hervorrufen. Ebenso können genetische Schäden wie Unfruchtbarkeit, Missbildungen bei Nachkommen oder Schäden in Folgegenerationen auftreten.

Ob Strahlenschäden auftreten, hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- der **Art** der Strahlung,
- der aufgenommenen **Energiedosis**,
- der **Dauer** der Einwirkung,
- der **Empfindlichkeit** der bestrahlten Organe. So gelten Knochenmark, Lymphknoten und Keimzellen als besonders gefährdet.

Erfahrungen haben gezeigt, dass bei kurzzeitiger Bestrahlung eine Schwellendosis existiert. Unterhalb dieser Schwellendosis ist wahrscheinlich nicht mit unmittelbaren gesundheitlichen Schäden zu rechnen. Sie liegt bei 0,25 Sv.

Das abgebildete Symbol warnt vor radioaktiver oder Röntgenstrahlung.



**kurzzeitige Dosis    Folgen**

bis 0,25 Sv	kaum akute Beschwerden
ab 0,25 Sv	erste Veränderungen im Blutbild, weniger weiße Blutkörperchen
1 Sv	<b>vorübergehende Strahlenkrankheit:</b> Symptome (Eintritt nach meist 2–3 Wochen): Appetitlosigkeit, Haarausfall, Hautflecken und allgemeines Unwohlsein; aber: meist baldige Genesung, kaum zu erwartende Todesfälle
4 Sv	<b>schwere Strahlenkrankheit:</b> große Infektionsanfälligkeit; zu erwartende Todesrate: 50%
7 Sv	<b>tödliche Strahlenkrankheit</b> Symptome: Übelkeit, Erbrechen, hohes Fieber, Entzündungen, schneller Kräfteverfall; ohne Therapie zu 100 % tödlich

**Strahlenschutz**

Um sich vor möglichen Strahlenschäden zu schützen, sollte die Strahlung, der man sich aussetzt, prinzipiell immer so gering wie möglich sein.

Als wichtigste Schutzmaßnahmen gelten:

- einen möglichst großen Abstand zur Strahlungsquelle einhalten;
- Strahlungsquellen möglichst immer vollständig abschirmen, z. B. durch Blei;
- nur kurzzeitig mit radioaktiven Präparaten experimentieren;
- radioaktive Substanzen nicht in den Körper gelangen lassen.

**SELBST ENTDECKEN****Radonbelastung in Gebäuden**

*Bestandteil von Gesteinen und Böden ist auch Uran und Thorium, regional in unterschiedlicher Konzentration. Beim Zerfall der beiden Elemente entsteht Radon, ein radioaktives Edelgas, das an die Oberfläche wandert und dann in Gebäude eindringen und sich dort anreichern kann. Die Bewohner atmen das Radon dann ein. Nach Tabakrauch ist Radon die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs. Weitere Informationen findet man beim Bundesamt für Strahlenschutz, [www.bfs.de](http://www.bfs.de).*

# Kernspaltung

### WOZU EIGENTLICH?

*Dem Nutzen der Kernenergie für die Energieversorgung stehen die Schattenseiten der Kernspaltung gegenüber. Die Frage nach einer ungefährlichen Entsorgung der radioaktiven Abfallprodukte, die Risiken einer Reaktorkatastrophe sowie die Bedrohung durch die militärische Nutzung der Kernspaltung stellen Politik und Gesellschaft seit Anbeginn des Nuklearzeitalters vor große Herausforderungen.*

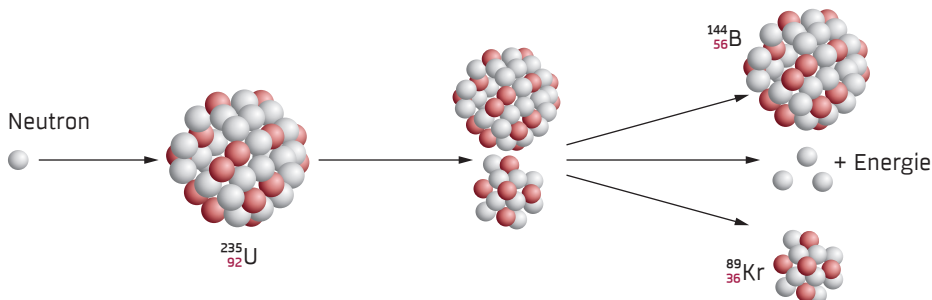
### Kernspaltung setzt Energie frei

Unter Kernspaltung versteht man einen Prozess, bei dem ein Atomkern unter Freisetzung von Energie in zwei oder mehrere Bestandteile zerlegt wird. Im Jahr 1938 entdeckten die deutschen Chemiker Otto Hahn und Fritz Straßmann, dass der Kern des Isotops Uran-235 beim Beschuss mit langsamen Neutronen in zwei Teilstücke zerbricht. Für die Spaltung von Atomkernen eignen sich Uran- und Plutoniumisotope besonders gut, da die Spaltung mithilfe von Neutronen besonders leicht durchzuführen ist und bei genügend schweren Nukliden mehr Energie frei wird, als für die Spaltung aufgewendet werden muss. So setzt die Spaltung eines einzelnen Uran-235-Nuklids eine Energie von 200 MeV (Megaelektronenvolt) frei. Dies entspricht ca.  $3,2 \cdot 10^{-14}$  Joule.

Sind die zu spaltenden Kerne ausreichend groß, ist ihre Bindungsenergie pro Nukleon geringer als die ihrer Tochterkerne, d.h., die Mutterkerne sind schwächer gebunden als die Tochterkerne – die Energiedifferenz wird bei der Spaltung frei.

Bei der Kernspaltung, die man sich auch in **Atomkraftwerken** zunutze macht, werden die Kerne des Isotops Uran-235 mit langsamen Neutronen beschossen. Dabei entstehen verschiedene Spaltprodukte bzw. Trümmerkerne.

Wird ein Uran-235-Nuklid mit einem Neutron beschossen, so entstehen als Spaltprodukte Barium-144 (Ba), Krypton-89 (Kr) sowie zwei zusätzliche Neutronen, sodass nach dem Spaltprozess insgesamt drei freie Neutronen vorhanden sind.

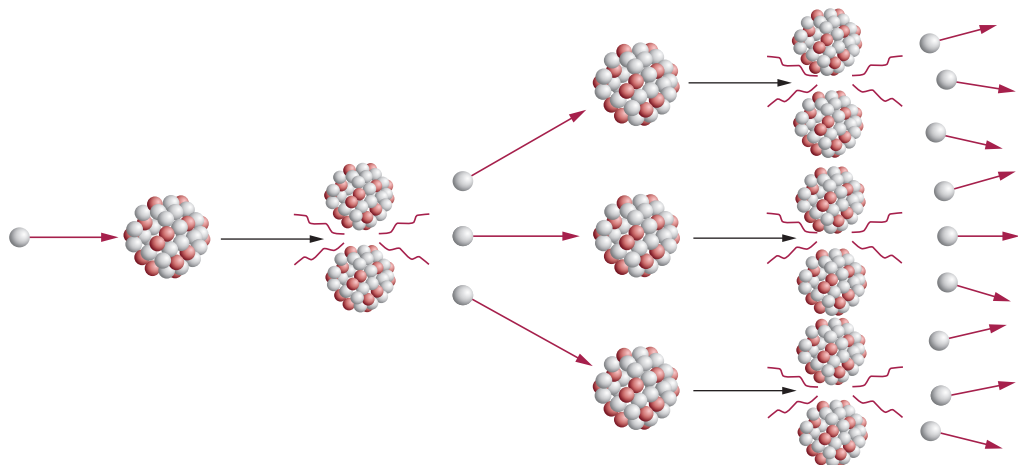




Die Summe der Kernladungszahlen der Trümmerkerne ist dabei so groß wie die Kernladungszahl des ursprünglichen Uranatoms. Die Summe der Massenzahlen der Spaltprodukte ergibt gemeinsam mit den drei frei gewordenen Neutronen die Massenzahl des ursprünglichen Urans plus das spaltende Neutron (236).

Reaktionsgleichung:  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{142}_{56}\text{Ba} + {}^{91}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$

Unter geeigneten Bedingungen ist jedes der drei abgespaltenen Neutronen in der Lage, weitere Uranatome zu spalten. Jeder neue Spaltprozess liefert erneut zwei zusätzliche Neutronen, die wiederum neue Spaltprozesse auslösen. Dieser sich selbst erhaltende Spaltprozess wird als **Kettenreaktion** bezeichnet.



Wird bei diesem Prozess keins der frei werdenden Neutronen eingefangen, läuft dieser lawinenartig weiter, sodass in kürzester Zeit eine große Menge Energie frei wird. Dieser Vorgang wird als **unkontrollierte Kernspaltung** bezeichnet. Wird jedoch ein Teil der frei werdenden Neutronen abgefangen, bleibt die Kettenreaktion zwar aufrechterhalten, aber es wird nur eine konstante Menge Energie freigesetzt. Dieser Vorgang wird als **kontrollierte Kernspaltung** bezeichnet.

## Kernkraftwerke

Kernkraftwerke dienen der Erzeugung elektrischer Energie. Dabei wird die bei der Kernspaltung frei werdende Wärmeenergie über mehrere Schritte in elektrische Energie umgewandelt. Für den Betrieb eines Kernkraftwerks muss gewährleistet sein, dass die Kernspaltung kontinuierlich und steuerbar abläuft. Dies geschieht im Kernreaktor, welcher das Kernstück eines Kernkraftwerks darstellt.

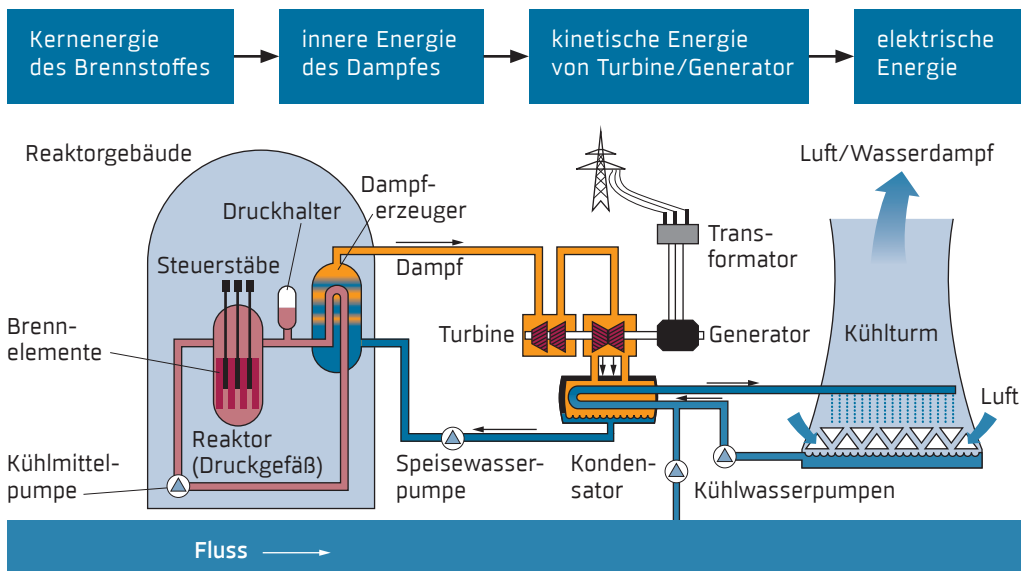
## 5 ATOM- UND KERNPHYSIK

Der Kernreaktor besteht im Wesentlichen aus fünf Komponenten:

- **Brennstäben**, in denen sich eine ausreichende Menge an spaltbarem Material befindet, meist angereichertes Uran-235 und Uran-238,
- einem **Moderator**, dem Stoff zum Abbremsen der Neutronen,
- **Regelstäben** zum Einfangen der frei werdenden Neutronen,
- einem **Kühlmittel** zur Wärmeabführung und Übertragung der Energie auf die Turbinen,
- einer **Barriere** zum Strahlenschutz und zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe.

Im Kernreaktor befindet sich der Reaktorkern, der aus Brennelementen besteht, welche wiederum aus mehreren **Brennstäben** bestehen. In den Brennstäben wird Kernenergie durch Kernspaltung und radioaktiven Zerfall freigesetzt und in thermische Energie umgewandelt. Die bei der Kernspaltung frei werdenden schnellen Neutronen werden mithilfe des **Moderators** abgebremst. Als Bremsmittel sind Wasser und Graphit besonders gut geeignet. Die langsamen Neutronen können nun weitere Urankerne spalten.

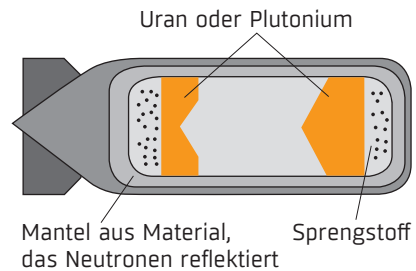
Damit die Kettenreaktion im Reaktor kontrolliert verläuft, wird sie durch **Regelstäbe** gesteuert. Diese bestehen aus den Elementen Bor und Cadmium, welche Neutronen absorbieren. Je weiter die Regelstäbe in den Reaktor hineingefahren werden, desto mehr Neutronen werden absorbiert. So kann die Kettenreaktion gesteuert werden. Die bei der Kernspaltung entstehende Wärmeenergie wird mithilfe eines **Kühlmittels** (z. B. Wasser) abgeführt. Das Kühlmittel transportiert die Wärme zur Turbine, wo sie in kinetische Energie umgewandelt wird. Die Turbine treibt einen Generator (s.S. 210) an, der die kinetische Energie in elektrische Energie umwandelt.



Der Nutzen von Kernkraftwerken besteht vor allem darin, dass man eine große Menge elektrischer Energie gewinnen kann, ohne auf fossile Brennstoffe wie Kohle und Erdöl zurückgreifen zu müssen. Ein bis heute jedoch ungelöstes Problem ist die sichere **Endlagerung** des bei der Kernspaltung entstehenden radioaktiven Abfalls. Bisher existieren zwei Möglichkeiten: Zum einen die Aufbewahrung des radioaktiven Abfalls (aufgrund seiner großen Halbwertszeit teilweise für Millionen Jahre) sicher in einem Endlager; zum anderen kann man bereits verwendete Brennstäbe wiederaufarbeiten, wobei hier neue radioaktive Abfälle entstehen, die „für alle Ewigkeit“ endgelagert werden müssen.

### Atombomben

Das Prinzip einer Atombombe beruht auf der **unkontrollierten Kernspaltung**. Hierbei werden die Atome des spaltbaren Materials (Uran oder Plutonium) in Bruchteilen von Sekunden mittels einer Kettenreaktion gespalten, wodurch eine sehr große Menge an Energie frei wird. Damit es zu einer derartigen Kettenreaktion kommt, müssen zwei oder mehrere Teilmassen mit spaltbarem Material vorhanden sein. Die Teilmassen sind so klein, dass zunächst keine Kettenreaktion zustande kommt.



Zum Auslösen der Bombe werden die Teilmassen mittels Sprengstoff aufeinandergeschossen, sodass eine **überkritische Masse** (die notwendige Mindestmasse) erreicht wird und eine unkontrollierte Kettenreaktion erfolgt. Nur wenn genügend freie Neutronen auf eine ausreichend große Menge spaltbarer Kerne treffen, kommt es in der Atombombe zur Kettenreaktion. Bei der Explosion von Atombomben entstehen starke Druckwellen von großer zerstörerischer Wirkung. Ebenso wird aufgrund der großen Menge frei werdender Energie ein enormer Feuerball mit Temperaturen von mehreren Millionen Grad Celsius erzeugt. Der Einsatz von Atombomben führt neben der gewaltigen Zerstörung zu einer radioaktiven Verseuchung der betroffenen Gebiete mit Spätfolgen für Menschen und Tiere.

### SELBST ENTDECKEN Massendefekt

Während bei schweren Kernen die Bruchstücke stärker gebunden sind als der Mutterkern, ist es bei leichten Kernen umgekehrt: Das Verschmelzen von zwei Kernen zu einem großen setzt hier Energie frei. Durch eine solche **Kernfusion** erzeugt die Sonne ihre Energie, indem sie Wasserstoff- zu Heliumkernen fusioniert.



# 6

## ANHANG

## Glossar

**Abbildungsgleichung:** Stellt eine Beziehung her zwischen  $\uparrow$  Bildweite  $b$ ,  $\uparrow$  Gegenstandsweite  $g$  und  $\uparrow$  Brennweite  $f$ :  $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} = \frac{1}{g}$

**Aggregatzustand:** Im Allgemeinen kann jeder Stoff drei Aggregatzustände annehmen: fest, flüssig und gasförmig.

**Aktivität:** Die Aktivität eines radioaktiven Stoffes gibt an, wie viele Kerne in einer bestimmten Zeit zerfallen und dabei radioaktive Strahlung freigeben.

**Alphastrahlung:** Art der radioaktiven Strahlung – eine Teilchenstrahlung, deren Teilchen aus zwei Neutronen und zwei Protonen bestehen.

**Amplitude:** Maximale Auslenkung einer Schwingung oder einer Welle.

**Anion:** Negativ geladenes  $\uparrow$  Ion.

**Anode:** Positive Elektrode.

**Anomalie des Wassers:** In der Regel ziehen sich Flüssigkeiten beim Erstarren zusammen. Kühlt man eine bestimmte Menge Wasser ab, verhält es sich zunächst auch so – das Volumen nimmt mit sinkender Temperatur ab. Bei 4 °C ist schließlich das kleinste Volumen und die größte Dichte erreicht. Sinkt die Temperatur des Wassers weiter unter 4 °C, dehnt es sich wieder aus, sein Volumen nimmt wieder zu. Dieses Phänomen wird als Anomalie des Wassers bezeichnet.

**Äquivalentdosis:** Die Äquivalentdosis ist ein Maß für die biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung.

**Arbeit:** Einheit: Joule J

a) **elektrisch:** Wird elektrische Energie in andere Energieformen wie Licht,  $\uparrow$  Wärme oder mechanische Arbeit umgewandelt, verrichtet der elektrische Strom elektrische Arbeit:

$$W = U \cdot I \cdot t.$$

b) **mechanisch:** Wird durch eine Kraft  $F$  ein Körper um eine Strecke  $s$  verschoben, ergibt sich die dabei verrichtete mechanische Arbeit  $W$  zu:  $W = F \cdot s$ .

c) **Hubarbeit:** Ein Körper der Masse  $m$  wird um die Höhe  $h$  angehoben. Dabei wird die Arbeit  $W$  verrichtet:  $W = F_G \cdot h = m \cdot g \cdot h$ .

d) **Volumenarbeit:** Dehnt ein Gas sich aus und

drückt dabei einen Kolben nach außen, verrichtet es Arbeit:  $W = p \cdot \Delta V$ .

**archimedisches Prinzip:** Die  $\uparrow$  Auftriebskraft  $F_A$  eines Körpers in einem Fluid entspricht der  $\uparrow$  Gewichtskraft  $F_G$  des von ihm verdrängten Volumens:  $F_A = F_G$ .

Taucht man einen Körper bspw. in Wasser ein, so wird die auf ihn einwirkende Auftriebskraft immer größer, weil er immer mehr Wasser verdrängt. Er hört auf zu sinken, wenn die Auftriebskraft und seine Gewichtskraft gleich groß sind.

**Auflagedruck:** Ein Körper übt über seine  $\uparrow$  Gewichtskraft eine Kraft  $F$  auf den Untergrund aus. Diese Kraft ist pro Flächeneinheit umso größer, je kleiner die Bodenfläche  $A$  des Körpers ist. Die Kraft pro Flächeneinheit ist der Auflagedruck  $p$ .

$$p = \frac{F}{A}; \text{ Einheit: Pascal; } 1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

(Die Formel gilt, wenn die Kraft senkrecht auf die Fläche wirkt.)

**Auftriebskraft:** Die Ursache der Auftriebskraft ist der unterschiedliche  $\uparrow$  Schweredruck in verschiedenen Tiefen eines Fluids. Taucht ein Körper in ein Fluid ein, herrscht deshalb an seiner Unterkante ein höherer Schweredruck als an seiner Oberkante. Die Differenz der beiden Druckkräfte wirkt als Auftriebskraft. Diese wird immer größer, je tiefer ein Körper eintaucht. Der Körper hört auf zu sinken, wenn Auftriebskraft und  $\uparrow$  Gewichtskraft des Körpers gleich groß sind (oder wenn der Körper auf dem Grund aufstößt).

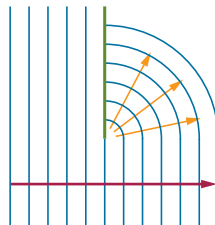
**Beschleunigung:** Ein Körper erfährt immer dann eine Beschleunigung  $a$ , wenn er seinen Bewegungszustand ändert. Man spricht also von einer beschleunigten Bewegung, wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit, ihre Richtung oder beides ändert.

$$a = \frac{v}{t}; \text{ Einheit: } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$v$  = Geschwindigkeit,  $t$  = Zeit

**Betastrahlung:** Art der radioaktiven Strahlung – eine Teilchenstrahlung, die ihrerseits in zwei Arten auftreten kann: Sie besteht entweder aus Elektronen ( $\beta^-$ -Strahlung) oder aus Positronen ( $\beta^+$ -Strahlung).

**Beugung:** Abweichung einer Welle von der geradlinigen Ausbreitungsrichtung. Alle Arten von Wellen werden gebeugt, wenn sie auf Hindernisse treffen – mechanische Wellen wie auch elektromagnetische Wellen wie bspw. Lichtwellen. In der geometrischen oder Strahlenoptik geht man von einer geradlinigen Ausbreitung des Lichtes aus und vernachlässigt Beugungseffekte. Bei der Konstruktion von Bildern an Spiegeln und Linsen wird die Beugung daher nicht berücksichtigt. Behandelt man Licht als elektromagnetische Welle, muss man Beugungseffekte jedoch berücksichtigen. Wie bei den mechanischen Wellen lässt sich auch bei elektromagnetischen Wellen die Beugung über das Konzept der Elementarwellen erklären: Trifft ein Lichtbündel auf ein Hindernis, würde man in der geometrischen Optik einfach Schatten hinter dem Hindernis zeichnen. Das Lichtbündel würde sich neben dem Hindernis geradlinig in der ursprünglichen Richtung ausbreiten. In der Wellenoptik jedoch wird die Lichtwelle hinter dem Hindernis aus Elementarwellen erzeugt. Neben dem Hindernis ergeben die Elementarwellen in der Überlagerung die Wellenfront, die sich in der ursprünglichen Richtung ausbreitet (roter Pfeil) – dies entspricht dem Lichtstrahl, den man in der geometrischen Optik erhalten würde.



An den Rändern jedoch bleibt je eine Elementarwelle übrig, hier breitet sich die Lichtwelle also kreisförmig aus (orangefarbene Pfeile) und weicht damit von der ursprünglichen Richtung ab.

**Bildweite:** Abstand zwischen der Mittelebene der Linse und dem Bild.

**Brechung:** Wenn Wellen von einem Medium in ein anderes übertreten, werden sie gebrochen, d. h., sie ändern ihre Ausbreitungsrichtung. Wie dies geschieht, ist abhängig davon, wie

schnell die Welle sich in den Stoffen ausbreiten kann. Tritt eine Welle von Medium 1 in Medium 2 über, wird sie dann in Medium 2 vom Lot weggebrochen, wenn dort die Ausbreitungsgeschwindigkeit höher ist als in Medium 1. Sie wird zum Lot hin gebrochen, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Medium 2 geringer ist. Für die Brechung mechanischer Wellen wie Schallwellen ist die Schallgeschwindigkeit in den beteiligten Stoffen die maßgebliche Größe; bei der Brechung von Lichtwellen ist dies die Lichtgeschwindigkeit. Wenn man allgemein von der Lichtgeschwindigkeit spricht, meint man i. d. R. die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Breitet sich Licht in Stoffen aus, ist seine Geschwindigkeit geringer als im Vakuum und vom betreffenden Stoff abhängig. „Optisch dichter“ meint daher den Stoff mit der geringeren Lichtgeschwindigkeit, „optisch dünner“ den mit der höheren Lichtgeschwindigkeit. Beschrieben wird dies mit dem Brechungsindex.

Erklären lässt sich das Phänomen der Brechung über das Modell der Elementarwellen, sowohl für Licht- wie auch für mechanische Wellen. In der Strahlenoptik, die die Welleneigenschaften des Lichts außer Acht lässt und Licht als geradlinige Strahlen betrachtet, wird die Brechung durch das Snelliussche Brechungsgesetz beschrieben. Die Sinuswerte von Einfallswinkel und Ausfallswinkel stehen im umgekehrten Verhältnis wie die Brechungsindizes der beteiligten Medien:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

**Brechungsgesetz:** Beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium wird eine Welle vom ↑ *Einfallslot* weg gebrochen; tritt sie vom optisch dünneren ins optisch dichtere Medium ein, wird sie zum Lot hin gebrochen.

**Brennpunkt:** Fällt ein Lichtbündel parallel zur optischen Achse ein, wird es von einer ↑ *Sammellinse* auf einen Punkt fokussiert. Dies ist der Brennpunkt der Linse.

**Brennweite:** Abstand zwischen dem ↑ *Brennpunkt* und der Mittelebene der Linse.

**Coulomb-Gesetz:** Wie groß die abstoßenden bzw. anziehenden Kräfte zwischen zwei

geladenen Körpern sind, hängt von der Größe der Ladungen  $q_1$  und  $q_2$  sowie dem Abstand  $r$  der beiden Körper ab.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$\epsilon_0$  = elektrische Feldkonstante

$$= 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

**Defektelektronen:** Auch Löcher genannt. Wenn in einem Halbleiter Elektronen aus den Elektronenpaarbindungen freigesetzt werden, bleiben die Löcher zurück. Diese können als positive Ladungsträger im Halbleiter aufgefasst werden.

**Dielektrizitätszahl:** Materialkonstante, sie beträgt für Luft 1, für Folien oder Keramik als Dielektrikum dagegen 10–1000.

**Dotierung:** Einbringen von Fremdstoffen in einen Halbleiter mit einem Bindungselektron mehr oder weniger, als der Halbleiterstoff hat; die Dotierung dient der Erhöhung der Leitfähigkeit.

**Druck:** Wirkt eine Kraft  $F$  senkrecht auf eine Fläche  $A$  ein, entsteht ein Druck  $p$ :

$$p = \frac{F}{A}; \text{ Einheit: Pascal; } 1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

a) **↑ Auflagedruck**

b) **Druck in Flüssigkeiten oder Gasen:** Hier kommt der Druck zustande, weil die Teilchen sich bewegen und dabei Kräfte aufeinander und auf die Behälterwände ausüben. Kann die Schwerkraft vernachlässigt werden (in kleinen Behältern), ist der Druck im gesamten Behälter gleich groß.

**Effektivwert:** Der Wert einer **↑ Wechselspannung**/eines Wechselstroms, den eine **↑ Gleichspannung**/ein Gleichstrom haben müsste, um dieselbe Leistung zu erbringen.

**Einfallslot:** Senkrechte zum Spiegel oder zur Grenzebene zwischen zwei Medien, die im Auftreffpunkt des Lichtes senkrecht auf dem Spiegel bzw. der Grenzebene steht.

**elektrische Feldkonstante:**

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

**Elektrolyt:** Elektrisch leitfähige Flüssigkeit.

**Elektromagnet:** Besteht aus einer Spule mit einem Eisenkern. Wirkt wie ein Magnet, weil elektrische Ströme von Magnetfeldern umgeben sind. Das Magnetfeld einer Spule entspricht im Außenraum dem eines Stabmagneten.

**Elementarladung:** Die kleinste frei existierende elektrische Ladungsmenge, bezeichnet mit  $e$ . Ein Elektron hat bspw. die Ladung  $-e$ .  
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Coulomb.

**Elementarwellen:** Von jedem Punkt einer Welle gehen kreis- bzw. kugelförmige Elementarwellen aus, deren Überlagerung die Wellenfront der Welle ergibt.

**Elongation:** Entfernung aus der Ruhelage bei einer Schwingung oder Welle.

**Energie:** Einheit Joule J.

a) **elektrische:** Die Fähigkeit des elektrischen Stroms, mechanische **↑ Arbeit** zu verrichten, **↑ Wärme** abzugeben oder Licht auszusenden.

b) **mechanische:** Die Fähigkeit eines Körpers, aufgrund seiner Lage oder seiner Bewegung mechanische **↑ Arbeit** zu verrichten, **↑ Wärme** abzugeben oder Licht auszusenden:  
Lageenergie oder potenzielle Energie:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h;$$

Bewegungsenergie oder kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

c) **thermische:** Die Teilchen eines Stoffes bewegen sich und aufgrund ihrer Geschwindigkeit haben die Teilchen Bewegungsenergie. Die Summe der Bewegungsenergien aller Teilchen des Stoffes ergibt seine thermische Energie.

**Energiedosis:** Die Energiedosis  $D$  gibt an, wie viel Energie  $E$  eine bestimmte Masse  $m$  aufnimmt, wenn sie radioaktiver Strahlung ausgesetzt ist:  $D = \frac{E}{m}$ .

**Energieerhaltungssatz:**

a) **allgemeiner:** Energie kann weder vernichtet noch erzeugt werden, sondern nur in andere Formen umgewandelt werden.

b) **der Mechanik:** Wenn keine Umwandlung mechanischer Energie in andere Energieformen erfolgt, ist die Summe aus potenzieller und kinetischer Energie eines Körpers konstant:  $E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = \text{konstant}$ .

c) **↑ 1. Hauptsatz der Thermodynamik**

**Fallbeschleunigung:** Die **↑ Gewichtskraft**  $F_G$  hängt einerseits von der Masse  $m$  des Körpers ab sowie andererseits von der sogenannten Fallbeschleunigung  $g$ :

$$F_G = m \cdot g$$

Die Fallbeschleunigung ist abhängig davon, wo der Körper sich befindet (weshalb sie auch



Ortsfaktor heißt). So ist  $g$  an den Polen der Erde größer als am Äquator und auf dem Mond nur ein Sechstel so groß wie auf der Erde. Das hat seine Ursache in der unterschiedlich starken  $\uparrow$ Gravitation.

**Feldlinienmodell:** Mithilfe von Feldlinien lassen sich elektrische und magnetische Felder darstellen. Die Richtung der Feldlinien beschreibt die Richtung der Kraft, ihre Dichte die Stärke der Kraft.

**Flaschenzug:** Ein Flaschenzug besteht aus einer Kombination von losen und festen Rollen. Er verringert die Kraft  $F_Z$ , die zum Bewegen einer Last  $F_L$  aufgewendet werden muss, weil sich die Gewichtskraft der Last gleichmäßig auf die Anzahl der tragenden Seilstücke verteilt. Bei  $n$  tragenden Seilstücken gilt:

$$F_Z = \frac{1}{n} \cdot F_L.$$

Im Gegenzug verlängert sich der Weg, man muss „mehr Seil“ ziehen:

$$s_Z = n \cdot s_L.$$

**freier Fall:** Der reibungslose Fall eines Körpers; auf diesen wirkt nur die  $\uparrow$ Fallbeschleunigung  $g$ . Der freie Fall ist daher eine gleichmäßig beschleunigte, geradlinige Bewegung.

**Frequenz:** Anzahl vollständiger Wiederholungen pro Zeiteinheit bei einer Schwingung oder Welle; Einheit Hz.

**Gammastrahlung:** Art der radioaktiven Strahlung – eine elektromagnetische Strahlung oder Welle, wie auch Licht eine ist, nur mit einer sehr viel höheren Energie, als Licht sie hat.

**Gegenstandsweite:** Abstand zwischen der Mittelebene der Linse und dem Gegenstand.

**Geschwindigkeit:** Gibt an, welche Strecke  $s$  ein Körper in einer bestimmten Zeit  $t$  zurücklegt:

$$v = \frac{s}{t}.$$

**Gesetz von Amontons:** Bleibt das Volumen eines Gases konstant, steigt mit zunehmender Temperatur auch der  $\uparrow$ Druck an:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{konstant}.$$

**Gesetz von Boyle-Mariotte:** Bleibt die Temperatur eines Gases konstant, steigt der  $\uparrow$ Druck mit abnehmendem Volumen an:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

**Gesetz von Gay-Lussac:** Bleibt der  $\uparrow$ Druck eines Gases konstant, nimmt das Volumen zu, wenn sich die Temperatur erhöht:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{konstant}.$$

**Gewichtskraft:** Die Gravitationskraft, die die Erde auf alle Körper in direkter Nähe ihrer Oberfläche ausübt. Die Gewichtskraft gibt an, wie stark ein Körper auf eine Unterlage drückt oder an einer Aufhängung zieht.

**Gleichspannung/-strom:** Eine in Betrag und Richtung konstante elektrische Spannung bzw. ein solcher Strom. Mitunter ist auch eine Spannung/ein Strom gemeint, deren/dessen Betrag sich zwar ändert, aber deren/dessen Richtung gleich bleibt (pulsierende Gleichspannung).

**goldene Regel der Mechanik:** Für alle kraftumformenden Maschinen gilt, wenn die Reibung vernachlässigt werden kann, die goldene Regel der Mechanik:

Was an  $\uparrow$ Kraft gespart wird, muss an Weg zusätzlich zurückgelegt werden.

**Gravitation:** Aufgrund ihrer Massen und der durch sie verursachten Gravitation ziehen sich alle Körper gegenseitig an.

**Gravitationsgesetz:** Haben zwei Körper die Massen  $m_1$  und  $m_2$  und den Abstand  $r$  zueinander, lässt sich die Gravitationskraft zwischen ihnen mit folgender Formel berechnen:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}.$$

**Gravitationskonstante:**  $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$

**Grundgleichung der Mechanik:** Das 2. newtonsche Gesetz: Die  $\uparrow$ Beschleunigung  $a$ , die ein Körper erfährt, ist proportional zum Betrag der  $\uparrow$ Kraft  $F$ , die an ihm angreift:

$$F = m \cdot a,$$

$m$  = Masse des Körpers.

**Grundgleichung der Wärmelehre:** Gibt an, welche Wärmemenge  $Q$  einem beliebigen Körper oder einer Stoffmenge der Masse  $m$  zugeführt werden muss, um seine Temperatur um eine bestimmte Differenz  $\Delta T$  zu verändern:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T;$$

$c$  = spezifische Wärmekapazität des Stoffes.

**Halbwertszeit:** Zeitspanne, in der sich eine ursprünglich vorhandene Menge an  $\uparrow$ Radionukliden jeweils um die Hälfte reduziert. Jedes Radionuklid besitzt eine charakteristische Halbwertszeit.

**Hangabtriebskraft:** Wirkt in Richtung der geneigten Ebene. Dieser Kraftanteil bewirkt eine Beschleunigung des Körpers entlang der schiefen Ebene.

### Hauptsätze der Thermodynamik:

**a) 0. Hauptsatz:** Besitzen zwei thermodynamische Systeme, die wärmeleitend miteinander verbunden sind, unterschiedliche Temperaturen, so gibt das System mit der höheren Energie so lange Energie in Form von  $\uparrow$ Wärme an das System mit der geringeren Energie ab, bis sich ihre Temperaturen angeglichen haben.

**b) 1. Hauptsatz:** Die innere Energie  $U$  eines abgeschlossenen Systems ändert sich nur, wenn es mit seiner Umgebung  $\uparrow$ Wärme  $Q$  austauscht oder wenn in Wechselwirkung zwischen dem System und seiner Umgebung mechanische  $\uparrow$ Arbeit  $W$  verrichtet wird. Es gilt dann:  $\Delta U = Q + W$

**c) 2. Hauptsatz:** Ein System mit niedrigerer Temperatur gibt niemals ohne äußeres Zutun Energie in Form von  $\uparrow$ Wärme an ein System mit höherer Temperatur ab.

**d) 3. Hauptsatz:** Es existiert kein Prozess, mit dem es in unendlichen vielen Schritten möglich wäre, den absoluten Nullpunkt der Temperatur zu erreichen, man kann sich diesem lediglich nähern.

**Hebelgesetz:** Bei einem Hebel handelt es sich um einen mechanischen Kraftwandler. Für einseitige wie zweiseitige Hebel gilt das Hebelgesetz. Befindet sich der Hebel im Gleichgewicht, dann gilt:

$$\text{Last} \times \text{Lastarm} = \text{Kraft} \times \text{Kraftarm} \text{ oder: } F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

**hookesches Gesetz:** Die Ausdehnung  $s$  einer elastisch verformbaren Feder ist proportional zum Betrag der Kraft  $F$ , die an ihr angreift – das bedeutet bspw., dass das Doppelte der angreifenden Kraft die Feder auch doppelt so weit ausdehnt.

$$F = D \cdot s, \\ D = \text{Federkonstante.}$$

**hydrostatischer Druck:**  $\uparrow$ Schweredruck.

**hydrostatisches Paradoxon:** Die Gefäßform hat keinen Einfluss auf den  $\uparrow$ Schweredruck einer Flüssigkeitssäule, dieser hängt nur von der Höhe der Flüssigkeitssäule ab. Der Druck in unterschiedlich geformten Gefäßen ist daher bei gleicher Tiefe gleich groß.

**ideales Gas:** Eine idealisierte Modellvorstellung von Gasen, die von zwei Vereinfachungen ausgeht:

**a)** Die Gasteilchen haben keine räumliche Ausdehnung;

**b)** die Teilchen wirken nur durch vollständig elastische Stöße miteinander sowie mit der Gefäßwand.

Trotz dieser starken Vereinfachungen lässt sich mit dem Modell vom idealen Gas das Verhalten von realen Gasen bei normalen Temperatur- und Druckverhältnissen näherungsweise gut beschreiben.

**Impuls:** Kennzeichnet den Bewegungszustand eines sich geradlinig fortbewegenden Körpers. Der Impuls  $p$  ist definiert als das Produkt von Masse  $m$  und Geschwindigkeit  $v$  des bewegten Körpers:

$$p = m \cdot v; \text{ Einheit: } 1 \text{ N} \cdot \text{s}$$

Der Impuls ist wie die Geschwindigkeit eine gerichtete Größe, seine Richtung ist die der Geschwindigkeit des Körpers.

**Impulserhaltung:** In einem abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten. So ist bspw. bei Stoßvorgängen der Gesamtimpuls nach dem Stoß derselbe wie vor dem Stoß. Er kann sich aber durch den Stoß anders auf die beteiligten Körper verteilen.

**Induktionsgesetz:** In einer Spule wird eine elektrische Spannung induziert, wenn sich das von der Spule umschlossene Magnetfeld ändert.

**Influenz:** Ladungstrennung innerhalb eines Leiters durch den Einfluss eines elektrischen Feldes.

**Interferenz:** Bei Überlagerung mehrerer Wellen kommt es zu Verstärkungen und Abschwächungen.

**Ion:** Atom, das Elektronen abgegeben oder zusätzliche Elektronen aufgenommen hat,

sodass es nicht mehr elektrisch neutral, sondern negativ oder positiv geladen ist.

**Isolator, elektrischer:** Stoff, der den elektrischen Strom nicht leitet.

**Isotop:** Atome eines Elements können bei gleicher Protonenzahl eine unterschiedliche Neutronenzahl besitzen. Jede Neutronenzahl kennzeichnet ein Isotop des Elements.

**Kathode:** Negative Elektrode.

**Kation:** Positiv geladenes  $\uparrow$  Ion.

**Kernspaltung:** Prozess, bei dem ein Atomkern unter Freisetzung von Energie in zwei oder mehrere Bestandteile zerlegt wird.

**Kraft:** Ursache für die Beschleunigung oder Verformung eines Körpers:  
 $F = m \cdot a$ ; Einheit Newton N.

**Längenausdehnung:** Im Prinzip dehnen sich auch Festkörper bei zunehmender Temperatur in alle drei Raumrichtungen aus. Die Ausdehnung in der Länge ist jedoch meist diejenige von der größten technischen Bedeutung. Die Längenausdehnung  $\Delta l$  ist abhängig von der Ausgangslänge  $l_0$  und der Temperaturänderung  $\Delta T$ :

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T;$$

$\alpha$  = Längenausdehnungswert.

**Leistung:** Pro Zeiteinheit verrichtete  $\uparrow$  Arbeit, Einheit Watt W.

a) elektrische:  $P = U \cdot I$ .

b) mechanische:  $P = \frac{W}{t}$ .

**Lenzsche Regel:** Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt.

**Lichtleiter:** Lichtleiter bestehen aus einem Material, das optisch dichter ist als das Material ihrer Ummantelung. Dadurch wird Licht, das unter einem großen Winkel auf die Ummantelung trifft, dort  $\uparrow$  totalreflektiert und kann den Lichtleiter nicht verlassen. Auf die Weise kann er Licht über weite Wegstrecken transportieren.

**magnetische Feldkonstante:**

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$$

**Massenzahl:** Summe der Anzahlen der Protonen und der Neutronen im Atomkern.

**Maximalwert:**  $\uparrow$  Amplitude der  $\uparrow$  Wechselspannung (Spitzenspannung) oder des Wechselstroms.

**Neutron:** Elektrisch neutrales Teilchen, Bestandteil des Atomkerns.

**newtonsche Gesetze:**

$\uparrow$  Trägheitsgesetz (1. newtonsches Gesetz);

$\uparrow$  Grundgleichung der Mechanik (2. newtonsches Gesetz);

$\uparrow$  Wechselwirkungsgesetz (3. newtonsches Gesetz)

**Normalkraft:** Wirkt senkrecht zur schiefen Ebene. Die Normalkraft würde daher ein Einsinken in die schiefe Ebene bewirken, was jedoch durch den festen Boden verhindert wird.

**Nuklid:** Durch Massenzahl und Ordnungszahl charakterisierter Atomkern.

**ohmsches Gesetz:** Der elektrische Strom ist proportional zur elektrischen Spannung:  
 $U = R \cdot I$

**Ordnungszahl:** Die Ordnungszahl oder auch Kernladungszahl gibt an, wie viele Protonen sich im Atomkern befinden.

**Periode:** Zeitdauer eines vollständigen Durchgangs bei einer Schwingung oder Welle. Einheit: Sekunde s.

**Proton:** Elektrisch positiv geladenes Teilchen, Bestandteil des Atomkerns.

**Radionuklide:** Kerne radioaktiver Atome.

**Reflexion:** Trifft Licht auf eine glatte Grenzfläche zu einem anderen Stoff, wird es teilweise an dieser Grenzfläche zurückgeworfen – es wird reflektiert. Behandelt man Licht als geradlinige Strahlen, wie in der geometrischen Optik, konstruiert man den reflektierten Strahl über das  $\uparrow$  Reflexionsgesetz.

Wird Licht als Welle betrachtet oder hat man es mit mechanischen Wellen zu tun, kann die reflektierte Welle über das Elementarwellenmodell erklärt werden (auch hier gilt natürlich das Reflexionsgesetz).

**Reflexionsgesetz:** Bei der Reflexion des Lichts sind der Einfallswinkel und der Reflexionswinkel stets gleich groß.

**Reibungskraft:** Wenn ein Körper auf einer Unterlage haftet, gleitet oder rollt, wirken zwischen den Kontaktflächen Reibungskräfte, welche die Bewegung des Körpers auf der Fläche hemmen. Die Ursache liegt in der Oberflächenbeschaffenheit der Kontaktbereiche. Je nachdem, wie rau diese sind, können sich ihre Unebenheiten ineinander verhaken, und dementsprechend schwer oder leicht ist es, den Körper in Bewegung zu bringen bzw. zu halten.

**Reibungszahl:** Die  $\uparrow$  Reibungskraft  $F_R$  ist proportional zur auf die Unterlage wirkenden Normalkraft  $F_N$ :

$$F_R = \mu \cdot F_N;$$

$\mu$  = Reibungszahl.

**Sammellinse:** Linse, bei der mindestens eine der Seiten nach außen gewölbt ist, weshalb sie auch Konvexlinse heißt. Sammellinsen fokussieren parallel zur optischen Achse einfallendes Licht im  $\uparrow$  Brennpunkt.

**Schweredruck:** Eine Flüssigkeitssäule übt über ihre  $\uparrow$  Gewichtskraft einen Druck auf die unter ihr liegende Flüssigkeit oder den Untergrund aus. Man nennt diesen Druck den Schweredruck. Er wird mit zunehmender Tiefe immer größer.

**Schwingung:** Zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe. Sie tritt auf, wenn einer Auslenkung aus einer Ruhelage (Gleichgewichtslage) eine Kraft entgegenwirkt.

**a) erzwungene:** Dem Schwinger wird periodisch von außen Energie zugeführt, er schwingt mit der Frequenz der Energiezuführung.

**b) freie:** Der Schwinger schwingt nach dem Anstoßen ohne weitere Energiezuführung mit seiner Eigenfrequenz.

**c) gedämpfte:** Aufgrund von Reibungsverlusten nimmt die  $\uparrow$  Amplitude beim Schwingen ab, bis der Schwinger zur Ruhe kommt.

**d) harmonische:** Die Auslenkung durchläuft eine Sinuskurve

**e) ungedämpfte:** Es gibt keine Reibungsverluste, der Energieerhaltungssatz der Mechanik gilt und die Amplitude bleibt konstant.

**Selbstinduktion:** Induktionsspannung, die bei Anlegen einer  $\uparrow$  Wechselspannung an eine

Spule in der Spule selbst erzeugt wird. Diese ist der erregenden Spannung entgegengerichtet und hemmt daher den Stromfluss.

**Stromrichtung:**

**a) Elektronenfluss:** Die Elektronen fließen als negative Ladungsträger vom Minuspol der Spannungsquelle zum Pluspol.

**b) technische Stromrichtung:** Der Elektronenbewegung entgegengesetzt vom Pluspol zum Minuspol gerichtet (eine Konvention aus der Zeit, als man noch nicht wusste, dass in metallischen Leitern der elektrische Strom von negativen Elektronen getragen wird).

**Temperaturskala:** In den meisten Ländern hat sich im Alltag die Celsiusskala zur Messung von Temperaturen durchgesetzt. Ihre beiden Fixpunkte sind der Gefrierpunkt (0 °C) sowie der Siedepunkt (100 °C) von Wasser bei normalem Atmosphärendruck.

In der Physik verwendet man die Kelvinskala, die ohne negative Temperaturen auskommt. Sie beginnt beim absoluten Nullpunkt, der niedrigsten überhaupt möglichen Temperatur (0 K, was -273,15 °C entspricht).

In den USA ist im Alltag die Fahrenheitskala üblich. Sie verläuft nicht im „Gleichschritt“ mit der Celsiusskala. Ein Unterschied von 1 °C entspricht 1,8 °F.

**Totalreflexion:** Trifft Licht auf eine Grenzfläche zu einem Medium, das optisch dünner ist als das, aus dem das Licht kommt, wird es vom Lot weggebrochen. Fällt das Licht nun unter einem sehr flachen Winkel ein, kann das dazu führen, dass das Licht in das Ausgangsmedium zurückgebrochen wird und nicht in das optisch dünnere Medium eintritt.

**Trägheitsgesetz:** Das 1. newtonsche Gesetz: Ein Körper verbleibt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, solange die Summe der an ihm angreifenden Kräfte null ist.

**Volumenarbeit:** Wird ein Gas, das sich in einem Zylinder mit beweglichem Kolben befindet, von außen erwärmt, dehnt es sich aus und übt einen Druck  $p$  auf den Kolben aus, der dabei nach außen gedrückt wird. Dabei verrichtet das Gas nutzbare  $\uparrow$  Arbeit  $W$ :  
 $W = p \cdot \Delta V$ .

**Volumenausdehnung:** Ein Körper oder ein Stoff wird sich im Allgemeinen bei Erwärmung nach allen Seiten hin ausdehnen und sich zusammenziehen, wenn er wieder abkühlt. Die Volumenänderung ist dabei abhängig vom Ausgangsvolumen  $V_0$  und der Temperaturänderung  $\Delta T$ :

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

$\gamma$  = Volumenausdehnungskoeffizient.

**Wärme:** Wärme bezeichnet die Menge an Energie, die von einem System hoher Temperatur auf ein System niedriger Temperatur übergeht. Die thermische  $\uparrow$  *Energie* ist die Energie, die in der Teilchenbewegung eines Stoffes steckt, also den Zustand eines Systems beschreibt.

**Wärmekapazität, spezifische:** Materialabhängige Konstante, die angibt, wie viel  $\uparrow$  *Wärme* ein Kilogramm des Stoffes bei einer Temperaturänderung um 1 Kelvin abgibt bzw. aufnimmt.

**Wärmeleitung:** Wärmetransport durch einen Stoff, ohne dass dabei der Stoff selbst transportiert wird. Er stellt nur die Verbindung dar, durch die die  $\uparrow$  *Wärme* fließt – wie die Wärme, die beim Umfassen einer heißen Tasse auf die Hand übergeht.

**Wärmestrahlung:** Wärmetransport durch elektromagnetische Strahlung. Bei den üblicherweise auftretenden Temperaturen entspricht die Wärmestrahlung im Wesentlichen der Infrarotstrahlung. Diese ist bei einer heißen Tasse (hauptsächlich) dafür verantwortlich, dass die Hände auch in ein wenig Abstand von der Tasse deren Wärme spüren.

**Wärmeströmung:** Hierbei wird die  $\uparrow$  *Wärme* durch einen Materietransport übertragen, d.h., der Stoff selbst bewegt sich und nimmt die in ihm enthaltene thermische  $\uparrow$  *Energie* mit, wie z.B. der heiße Wasserdampf über der Teetasse.

**Wechselspannung/-strom:** Elektrische Spannung bzw. elektrischer Strom, die/der sich periodisch ändert.

**Wechselwirkungsgesetz:** Das 3. newtonsche Gesetz: Wirken zwei Körper aufeinander ein, so wirkt auf beide eine Kraft. Die Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet:  $F_1 = F_2$  („actio gleich reactio“)

**Widerstand, elektrischer:** Hemmt den Stromfluss durch einen Stromkreis.

**a) ohmscher:**  $R = \frac{U}{I}$ , unabhängig von Strom und Spannung,

**b) kapazitiver:** Widerstand eines Kondensators im Wechselstromkreis,

**c) induktiver:** Widerstand, den eine Spule zusätzlich zu ihrem ohmschen Widerstand aufgrund der Selbstinduktion im Wechselstromkreis hat,

**d) spezifischer:** Stoffkonstante, die den Widerstand eines Materials bezogen auf Länge und Querschnitt angibt.

**Wirkungsgrad:** Der Wirkungsgrad  $\eta$  einer Wärmekraftmaschine beschreibt das Verhältnis der  $\uparrow$  *Arbeit*  $W$ , die die Maschine verrichtet, zu der  $\uparrow$  *Wärme*  $Q_w$ , die dem Wärmereservoir entzogen wird – also das Verhältnis gewonnener Arbeit zu zugeführter Wärme:

$$\eta = \frac{W}{Q_w}.$$

**Zerfallsgesetz:** Beschreibt die Tatsache, dass sich bei Zerfallsprozessen innerhalb einer gewissen festen Zeitspanne die ursprünglich noch vorhandene Menge an  $\uparrow$  *Radionukliden* um die Hälfte reduziert. Diese Zeitspanne wird als  $\uparrow$  *Halbwertszeit* bezeichnet.

**Zerstreuungslinse:** Linse, bei der mindestens eine der Seiten nach innen gewölbt ist, weshalb sie auch Konkavlinse heißt. Zerstreuungslinsen zerstreuen ein parallel zur optischen Achse einfallendes Lichtbündel.

**Zustandsgleichung für ideale Gase:**

$$\frac{\text{Druck} \cdot \text{Volumen}}{\text{Temperatur}} = \frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$$

# Register

- Absorption 116  
Adhäsion 9  
Aktivität 236, 246  
Arbeit 58f., 110, 173, 246  
Atombombe 243  
Atomkern 227  
Auge 140  
  
Barometer 52  
Basis 222  
Beugung 77, 247  
Bildkonstruktion 119, 125, 138  
Bipolartransistor 222  
Bohrsches Atommodell 226  
Brechung 77, 130, 247  
Brennpunkt 127, 129, 136, 247  
Brennpunktstrahl 138  
Brennstab 242  
Brille 140  
  
Coulomb-Gesetz 147  
  
Dichte 9  
Dielektrikum 184  
Dielektrizitätszahl 186, 248  
Diode 220  
Dispersion 134  
Dosimeter 233  
Dotierung 219  
Durchlassrichtung 221  
  
Eigenfrequenz 69  
Eigenleitung 219  
Elektrische Feldkonstante 148, 248  
Elektrische Leitung 152  
Elektromagnetische Wellen 217  
Elektromotor 208ff.  
Elektron 226  
Elektronenpaarbindung 218  
Elektronensee 153  
Elektroskop 149  
Elementarmagnete 194  
Elementarwellen 75, 248  
Emitter 222  
Energieerhaltung 62, 64, 108  
Erdmagnetfeld 195  
  
Fahrraddynamo 213  
Farbmischung 135  
  
Federkonstante 18  
Feldeffekttransistor 223  
Feldlinien, elektrische 188  
Feldlinien, magnetische 193  
Fernrohr 143  
Ferromagnetische Stoffe 194  
Flaschenzug 43, 249  
  
Geiger-Müller-Zählrohr 234  
Generator 210ff.  
Gewicht 25  
Gleichrichter 221  
Gleichspannung 249  
Gleichstrom 249  
Gleitreibung 33  
  
Haftreibung 33  
Halbschatten 120  
Hebel 38  
Hohlspiegel 127  
Hydraulische Anlage 50  
  
Induktionsherd 200  
Induktionsschleife 201  
Induktionsspule 197, 202  
Induktivität 199  
Influenz 148  
Innere Energie 87  
Interferenz 75  
Ionenbindung 153  
Isolator 152  
  
Kapazität 186  
Kepler-Fernrohr 143  
Kernkraftwerk 241  
Kernschatten 120  
Kettenreaktion 241  
Kinetische Energie 61  
Kohäsion 9  
Kolbendruck 48  
Kollektor 222  
Konkavlinsen 137  
Konvektion 102, 104f  
Konvexlinsen 136  
Kraft, resultierende 19  
Kristallgitter 152  
Kühlschrank 112  
Kurzschlusschaltung 182  
Kurzsichtigkeit 141

- Ladung, elektrische 146
- Ladungsträger 150
- Längswellen 71
- Leerlaufschaltung 182
- Leiter, elektrischer 151
- Leitfähigkeit, elektrische 151
- Lenzsche Regel 198, 251
- Leuchtdiode 223
- Lichtausbreitung 117
- Lorentzkraft 196
- Luftspiegelung 133
- Lupe 142
- Magnetfeld 192
- Manometer 52
- Masse 8
- Metallische Bindung 153
- Mikroskop 142
- Mittelpunktstrahl 138
- Moderator 242
- Mondfinsternis 122
- Mondphasen 121
- Nebelkammer 234
- Neutron 226
- Ohmsches Gesetz 163, 251
- Optische Dichte 131
- Ortsfaktor 24
- Parallelschaltung 161, 165, 170
- Parallelstrahl 138
- Permanentmagnet 194
- Perpetuum mobile 109
- Plattenkondensator 184, 186
- Positron 231
- Potenzielle Energie 61
- Primärspule 202
- Prisma 134
- Proton 226
- Querwellen 70
- Radioaktive Strahlung 230
- Reflexion 76, 124, 127, 129, 251
- Regelstab 242
- Regenbogen 134
- Reibungsarbeit 58
- Reihenschaltung 160, 165, 170
- Rekombination 218
- Resonanz 69
- Rollen 42
- Rollreibung 33
- Schallwellen 73
- Schaltskizze 176
- Schaltsymbole 176
- Schattenbild 118
- Schattenraum 118
- Schiefe Ebene 40
- Schweredruck 49, 252
- Schwerelosigkeit 31
- Sekundärspule 202
- Selbstinduktion 199, 252
- Solarkollektor 107
- Solarzelle 223
- Sonnenfinsternis 122
- Spannungsquelle 162
- Sperrrichtung 221
- spezifische Wärmekapazität 86
- Störstellenleitung 219
- Stoß, elastischer 35
- Stoß, inelastischer 35
- Stoßionisation 154
- Strahlungsgleichgewicht 106
- Streulicht 117, 118
- Streuung 117
- Stromkreis, unverzweigter 160, 165, 170
- Stromkreis, verzweigter 161, 165, 170
- Stromrichtung 179, 252
- Supraleiter 151
- Tag und Nacht 121
- Teilchenmodell 9, 89
- Teilchenstrahlung 231
- Thermische Energie 84, 85
- Thermisches Gleichgewicht 85
- Thermometer 82
- Transistor 222
- Viertaktmotor 111
- Wärmeempfinden 81
- Wärmekapazität, spezifische 86
- Wärmeleitung 102, 103, 253
- Wärmestrahlung 102, 106, 253
- Wassermodell 177
- Wechselspannung 214, 253
- Wechselstrom 214, 253
- Weitsichtigkeit 141
- Wirbelstrom 200
- Wirkungsgrad 65, 111, 253
- Wölbspiegel 128

RECHEN- UND LERNHILFE FÜR ELTERN

## Die nötige Frischzellenkur für das angestaubte Schulwissen von Eltern!



Egal ob Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre, Optik oder Kernphysik – mit dem Elterncoach Physik reaktivieren Sie die wichtigsten Lernthemen der Klassenstufen 5 bis 10 ganz einfach und schnell.

Angefangen mit der Begründung, warum ein spezielles Thema überhaupt wichtig ist, wird mithilfe von kurzen und verständlichen Erklärungen sowie zahlreicher farbiger Illustrationen und Schaubilder der wesentliche Physikstoff aus der Schule behandelt. Zudem wird auf die häufigsten Verständnisschwierigkeiten und Denkfallen eingegangen. Vorschläge für einfach durchführbare Freihandexperimente runden die Themen ab und laden dazu ein, die theoretischen Erkenntnisse mit eigenen Augen zu betrachten.

Der Elterncoach Physik ist der perfekte Begleiter für Eltern, die ihre Kinder erfolgreich beim Lernen oder bei den Hausaufgaben unterstützen wollen.



$$v = \frac{s}{t}$$



ISBN 978-3-411-87182-7  
14,99 €(D) · 15,50 €(A)



9 783411 871827