

DUDEN

Eltern COACH



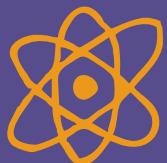
Sicher helfen bei Hausaufgaben & Co.

PHYSIK

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



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



$$\pi$$



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;
© Swift99uk – 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 Büroeccco, Augsburg

Umschlagabbildungen Stock photo iStock/Sashatigar und Büroeccco

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

VORWORT

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 Elterncoach „Physik“ die **Themen der 5. bis 10. Klasse** – das macht den Elterncoach 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, Laserpointer, 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

MECHANIK	7
Eigenschaften von Stoffen	8
Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung	10
Kräfte und ihre Wirkungen	16
Die newtonischen 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
WÄRMELEHRE	79
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
OPTIK	115
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.“

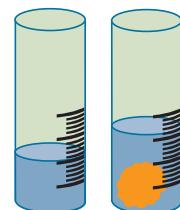
Das Volumen

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

Einheit: ein Kubikmeter (1 m^3) oder ein Liter (1 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 kg).

Dichte

Die Dichte ρ 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 um einander. 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 andern 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 gradlinigen 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 unterscheiden 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: $1 \frac{m}{s}$ oder $1 \frac{km}{h}$

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 $\frac{m}{s}$ und $\frac{km}{h}$:

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

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

·3,6
: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}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 μJ 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:

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

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.

5 ATOM- UND KERNPHYSIK

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	vorübergehende Strahlenkrankheit: Symptome (Eintritt nach meist 2–3 Wochen): Appetitlosigkeit, Haarausfall, Hautflecken und allgemeines Unwohlsein; aber: meist baldige Genesung, kaum zu erwartende Todesfälle
4 Sv	schwere Strahlenkrankheit: große Infektionsanfälligkeit; zu erwartende Todesrate: 50%
7 Sv	tödliche Strahlenkrankheit 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.

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

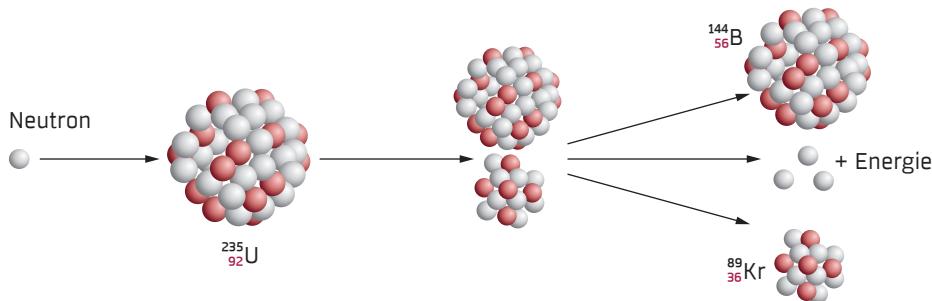
Unter Kernspaltung versteht man einen Prozess, bei dem ein Atomkern unter Freisetzung von Energie in zwei oder mehrere Bestandteile zerlegt wird. Im Jahr 1938 entdeckten die deutschen Chemiker Otto Hahn und Fritz Straßmann, dass der Kern des Isotops Uran-235 beim Beschuss mit langsamem Neutronen in zwei Teilstücke zerbricht. Für die Spaltung von Atomkernen eignen sich Uran- und Plutonium-isotope 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.

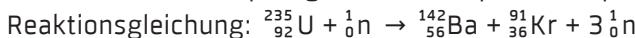
Bei der Kernspaltung, die man sich auch in **Atomkraftwerken** zunutze macht, werden die Kerne des Isotops Uran-235 mit langsamem Neutronen beschossen.

Dabei entstehen verschiedene Spaltprodukte bzw. Trümmerkerne.

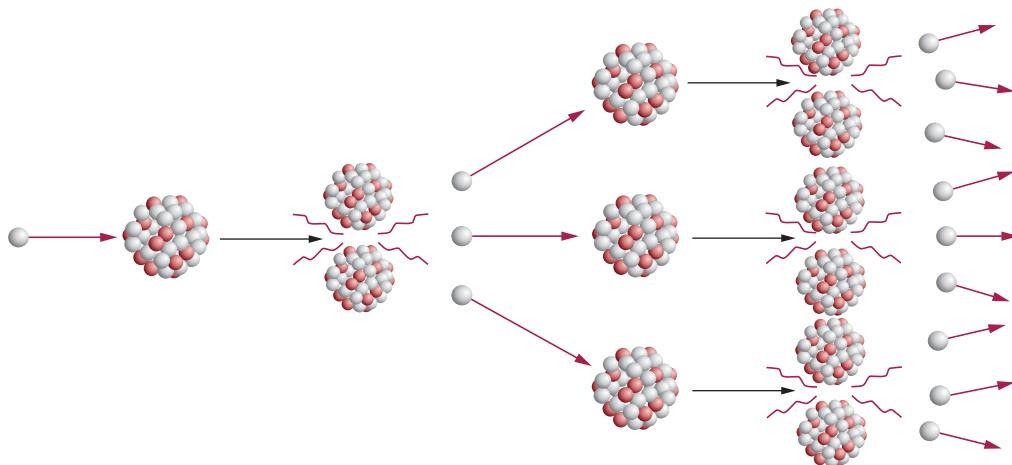
Wird ein Uran-235-Nuklid mit einem Neutron beschossen, so entstehen als Spaltprodukte Barium-144 (Ba), Krypton-89 (Kr) sowie zwei zusätzliche Neutronen, sodass nach dem Spaltprozess insgesamt drei freie Neutronen vorhanden sind.



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).



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.

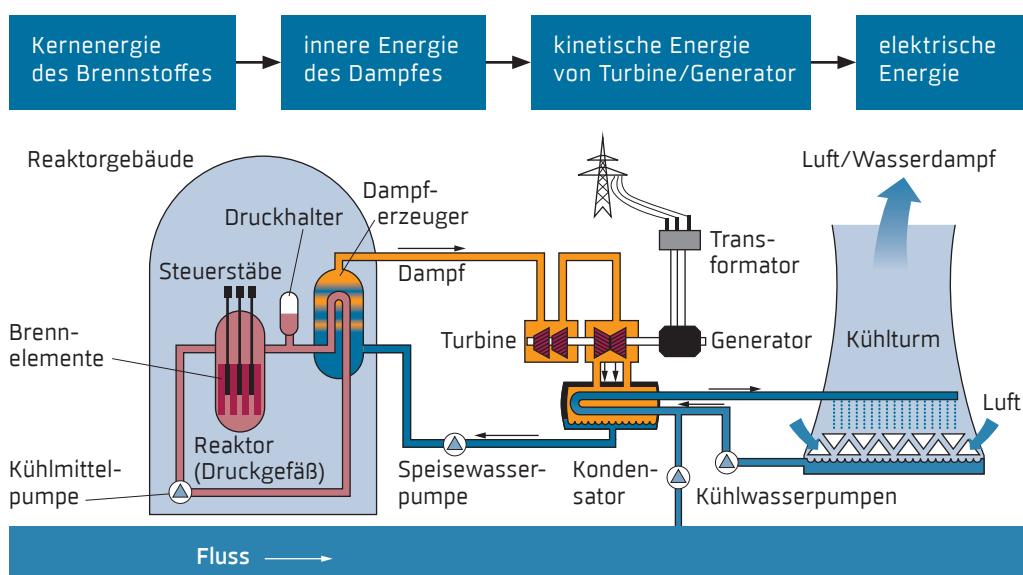
5 ATOM- UND KERNPHYSIK

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 Grafit besonders gut geeignet. Die langsamten Neutronen können nun weitere Urankerne spalten.

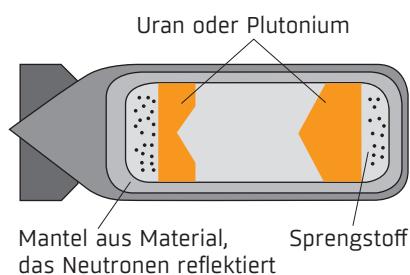
Damit die Kettenreaktion im Reaktor kontrolliert verläuft, wird sie durch **Regelstäbe** gesteuert. Diese bestehen aus den Elementen Bor und Cadmium, welche Neutronen absorbieren. Je weiter die Regelstäbe in den Reaktor hineingefahren werden, desto mehr Neutronen werden absorbiert. So kann die Kettenreaktion 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 aufeinander geschossen, 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 Stof-fes 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. Kühlst 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 .

$p = \frac{F}{A}$; 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.

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

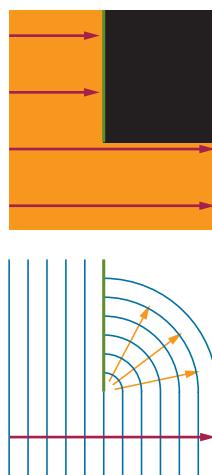
Betastrahlung: Art der radioaktiven Strahlung – eine Teilchenstrahlung, die ihrerseits in zwei Arten auftreten kann: Sie besteht entweder aus Elektronen (β^- -Strahlung) oder aus Positronen (β^+ -Strahlung).

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 breite 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 überreten, 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 Ausfallwinkel 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 dichten zum optisch dünnen Medium wird eine Welle vom ↑Einfallslot weg gebrochen; tritt sie vom optisch dünnen 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

6 ANHANG

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

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

ϵ_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 Grenzfläche zwischen zwei Medien, die im Auftreffpunkt des Lichtes senkrecht auf dem Spiegel bzw. der Grenzfläche 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. newtonssche 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 ΔT zu verändern:

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

c = spezifische Wärmekapazität des Stoffes.

6 ANHANG

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 schießen 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:

Last \times Lastarm = Kraft \times Kraftarm 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 = 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 Stoße 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 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 Δl ist abhängig von der Ausgangslänge l_0 und der Temperaturänderung ΔT :

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

α = Längenausdehnungswert.

Leistung: Pro Zeiteinheit verrichtete 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 totalreflektiert und kann den Lichtleiter nicht verlassen. Auf die Weise kann er Licht über weite Wegstrecken transportieren.

magnetische Feldkonstante:

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

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

Maximalwert: ↑ Amplitude der ↑ Wechselspannung (Spitzenspannung) oder des Wechselstroms.

Neutron: Elektrisch neutrales Teilchen, Bestandteil des Atomkerns.

newtonsche Gesetze:

↑ Trägheitsgesetz (1. newtonsches Gesetz);

↑ Grundgleichung der Mechanik (2. newtonsches Gesetz);

↑ 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 ↑ 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 ↑Reibungskraft F_R ist proportional zur auf die Unterlage wirkenden Normalkraft F_N :

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

μ = 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 ↑Brennpunkt.

Schweredruck: Eine Flüssigkeitssäule übt über ihre ↑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 ↑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 ↑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 ($0\text{ }^\circ\text{C}$) sowie der Siedepunkt ($100\text{ }^\circ\text{C}$) von Wasser bei normalem Atmosphärendruck.

In der Physik verwendet man die Kelvin-skala, die ohne negative Temperaturen auskommt. Sie beginnt beim absoluten Nullpunkt, der niedrigsten überhaupt möglichen Temperatur (0 K , was $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$ entspricht).

In den USA ist im Alltag die Fahrenheit-skala üblich. Sie verläuft nicht im „Gleichschritt“ mit der Celsiusskala. Ein Unterschied von $1\text{ }^\circ\text{C}$ entspricht $1,8\text{ }^\circ\text{F}$.

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 dünnerne Medium eintritt.

Trägheitsgesetz: Das 1. newton'sche 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 ↑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 ΔT :

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

γ = 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 η 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
Parallelenschaltung 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

DUDEN

Elterncoach Physik

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 Denkfällen 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.



ISBN 978-3-411-87182-7

14,99 € (D) · 15,50 € (A)



9 783411 871827