

# Chemie 9 II/III

**TEILDRUCK**  
 DER VOLLSTÄNDIGE BAND  
 ERSCHEINT IM FESTEINBAND



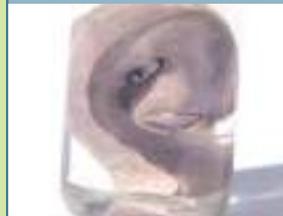
Realschule Bayern

# Stoffbezogenes Ordnungssystem

Periode	Hauptgruppen	
	I	II
1	Wasserstoff	
	 H -253 -259 0,09	
2	Lithium	Beryllium
	 Li 1330 181 0,53	 Be 2970 1287 1,85
3	Natrium	Magnesium
	 Na 883 98 0,97	 Mg 1107 649 1,74
4	Kalium	Calcium
	 K 760 63 0,86	 Ca 1484 842 1,55
5	Rubidium	Strontium
	 Rb 688 39 1,53	 Sr 1380 777 2,63
6	Caesium	Barium
	 Cs 671 28 1,90	 Ba 1845 727 3,51
7	Francium	Radium
	 Fr* 677 27 -	 Ra* 1737 700 5,50

Elementname

**Natrium**



Elementsymbol

**Na**

**883**

Siedetemperatur in °C

**98**

Schmelztemperatur in °C

**0,97**

Dichte in g/cm<sup>3</sup> (bei Gasen in g/L)

## Nebengruppen

**III**

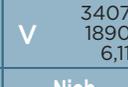
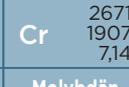
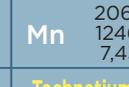
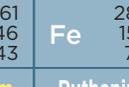
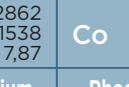
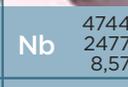
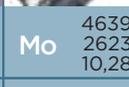
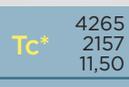
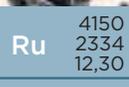
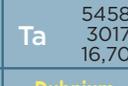
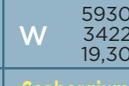
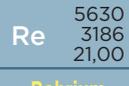
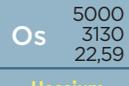
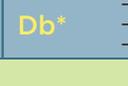
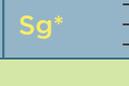
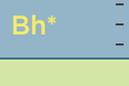
**IV**

**V**

**VI**

**VII**

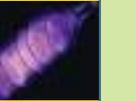
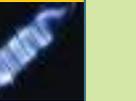
**VIII**

III	IV	V	VI	VII	VIII
Scandium	Titan	Vanadium	Chrom	Mangan	Eisen
 Sc 2831 1541 2,99	 Ti 3287 1668 4,51	 V 3407 1890 6,11	 Cr 2671 1907 7,14	 Mn 2061 1246 7,43	 Fe 2862 1538 7,87
Cobalt	Nickel	Kupfer	Zink	Blei	Bismut
 Co 2927 1495 8,90	 Ni 2916 1455 8,90	 Cu 3545 1357 8,96	 Zn 3605 923 7,14	 Pb 3273 327 11,34	 Bi 3273 271 9,78
Yttrium	Zirkonium	Niob	Molybdän	Technetium	Ruthenium
 Y 2930 1526 4,47	 Zr 4377 1855 6,50	 Nb 4744 2477 8,57	 Mo 4639 2623 10,28	 Tc* 4265 2157 11,50	 Ru 4150 2334 12,30
Rhodium	Ruthenium	Rhodium	Ruthenium	Ruthenium	Ruthenium
 Rh 3727 1964 12,40	 Ru 4150 2334 12,30	 Rh 3727 1964 12,40	 Ru 4150 2334 12,30	 Ru 4150 2334 12,30	 Ru 4150 2334 12,30
Caesium	Barium	Hafnium	Tantal	Wolfram	Rhenium
 Cs 671 28 1,90	 Ba 1845 727 3,51	 Hf 4603 2233 13,30	 Ta 5458 3017 16,70	 W 5930 3422 19,30	 Re 5630 3186 21,00
Osmium	Iridium	Osmium	Osmium	Osmium	Osmium
 Os 5000 3130 22,59	 Ir 4130 2466 22,56	 Os 5000 3130 22,59	 Os 5000 3130 22,59	 Os 5000 3130 22,59	 Os 5000 3130 22,59
Francium	Radium	Rutherfordium	Dubnium	Seaborgium	Bohrium
 Fr* 677 27 -	 Ra* 1737 700 5,50	 Rf* - - -	 Db* - - -	 Sg* - - -	 Bh* - - -
Hassium	Meitnerium	Hassium	Hassium	Hassium	Hassium
 Hs* - - -	 Mt* - - -	 Hs* - - -	 Hs* - - -	 Hs* - - -	 Hs* - - -

6. Periode: Lanthanoide (vgl. hinten im Buchdeckel)

7. Periode: Actinoide (vgl. hinten im Buchdeckel)

Feldhintergrund	
	Metall
	Halbmetall
	Nichtmetall
Schriftfarbe:	
Aggregatzustand bei Standardbedingungen	
	Feststoff
	Flüssigkeit
	Gas
	künstliches Element
*	radioaktives Element
p	unter Druck
s	sublimiert

Hauptgruppen											
			III	IV	V	VI	VII	VIII			
								Helium			
								 He -269 -272p 0,18			
			Bor	Kohlenstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Fluor	Neon			
											
			B 3927 2076 2,46	C 3642s 2,25	N -196 -210 1,25	O -183 -219 1,43	F -188 -220 1,70	Ne -246 -249 0,90			
			Aluminium	Silicium	Phosphor	Schwefel	Chlor	Argon			
											
			Al 2467 660 2,70	Si 3260 1410 2,33	P 280 44 1,82	S 445 115 2,07	Cl -34 -101 3,20	Ar -186 -189 1,78			
			Nickel	Kupfer	Zink	Gallium	Germanium	Arsen	Selen	Brom	Krypton
											
			Ni 2730 1455 8,90	Cu 2595 1085 8,92	Zn 907 420 7,14	Ga 2403 30 5,90	Ge 2830 938 5,32	As 613s 817p 5,72	Se 685 221 4,81	Br 59 -7 3,12	Kr -153 -157 3,75
			Palladium	Silber	Cadmium	Indium	Zinn	Antimon	Tellur	Iod	Xenon
											
			Pd 2970 1555 12,00	Ag 2212 962 10,50	Cd 767 321 8,65	In 2072 157 7,30	Sn 2620 232 7,30	Sb 1635 631 6,70	Te 990 450 6,24	I 184 114 4,93	Xe -108 -112 5,90
			Platin	Gold	Quecksilber	Thallium	Blei	Bismut	Polonium	Astat	Radon
											
			Pt 3827 1768 21,45	Au 2970 1064 19,32	Hg 357 -39 13,50	Tl 1473 304 11,90	Pb 1749 327 11,30	Bi 1560 271 9,80	Po* 962 254 9,20	At* 337 302 -	Rn* -62 -71 9,73
			Darmstadtium	Roentgenium	Copernicium	Nihonium	Flerovium	Moscovium	Livermorium	Tennes	Oganesson
											
			Ds* -	Rg* -	Cn* -	Nh* -	Fl* -	Mc* -	Lv* -	Ts* -	Og* -

# ÜBERSICHT

## Laborgeräte



# Chemie 9<sub>II/III</sub>

Realschule Bayern

C.C.Buchner

## Chemie

Realschule Bayern

Herausgegeben von Anne-Kathrin Klaus

### Chemie 9<sup>II/III</sup>

Bearbeitet von Katrin Amrehn, Christina Böhm, Theresa Fischer, Sabine Flügel, Anne-Kathrin Klaus, Markus Koschnicke, Daniel Möslein, Lisa Rütchlein und Harald Steinhofer  
unter Beratung von Sabine Flügel

Zu diesem Lehrwerk sind erhältlich:

- Digitales Lehrermaterial **click & teach** Einzellizenz, WEB 055211
  - Digitales Lehrermaterial **click & teach** Box (Karte mit Freischaltcode), ISBN 978-3-661-05521-3
- Weitere Materialien finden Sie unter [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de).

Dieser Titel wird auch als digitale Ausgabe **click & study** (WEB 055111) unter [www.ccbuchner.de](http://www.ccbuchner.de) erscheinen.

Teildruck

1. Auflage, 1. Druck 2021

Dieses Werk folgt der reformierten Rechtschreibung und Zeichensetzung. Ausnahmen bilden Texte, bei denen künstlerische, philologische oder lizenzrechtliche Gründe einer Änderung entgegenstehen.

Die enthaltenen Links verweisen auf digitale Inhalte, die der Verlag in eigener Verantwortung zur Verfügung stellt. An keiner Stelle im Schulbuch dürfen Eintragungen vorgenommen werden.

Haftungshinweis: Die Versuchsvorschriften in diesem Buch wurden sorgfältig, auf praktischen Erfahrungen beruhend, entwickelt. Da Fehler aber nie ganz ausgeschlossen werden können, übernehmen der Verlag und die Autorinnen und Autoren keine Haftung für Folgen, die auf beschriebene Experimente zurückzuführen sind. Mitteilungen über eventuelle Fehler und Vorschläge zur Verbesserung werden dankbar angenommen.

© 2021 C. C. Buchner Verlag, Bamberg

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags. Das gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen, Übersetzungen und Mikroverfilmungen. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Redaktion: Lena Rek

Layout und Umschlag: Petra Michel, Amberg

Satz: mgo360 GmbH & Co. KG, Bamberg

Illustrationen: Stefan Dangl, München;

Helmut Holtermann, Dannenberg;

Angelika Kramer, Stuttgart



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

ISBN der genehmigten Auflage 978-3-661-05511-4

# INHALT

Stoffbezogenes Ordnungssystem .....	
Übersicht: Laborgeräte .....	
Zum Umgang mit dem Buch .....	8

## 1 Laborführerschein 10

<b>FACHMETHODE:</b> Die Sicherheitseinrichtungen im Chemielabor kennen .....	11
<b>FACHMETHODE:</b> Sicher experimentieren im Chemieunterricht .....	12
<b>FACHMETHODE:</b> Sicher mit Gefahrstoffen arbeiten .....	14
<b>FACHMETHODE:</b> Laborgeräte richtig verwenden .....	16
<b>FACHMETHODE:</b> Erhitzen mit dem Gasbrenner .....	18
<b>FACHMETHODE:</b> Den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg gehen .....	20
<b>FACHMETHODE:</b> Ein Versuchsprotokoll erstellen .....	22



## 2 Stoffe und ihre Eigenschaften 24

■ Startklar? .....	25
<b>2.1 Stoffe und Stoffeigenschaften</b> .....	26
Versuche und Material .....	26
<b>FACHMETHODE:</b> Sauerstoff nachweisen – die Glimmspanprobe .....	27
<b>FACHMETHODE:</b> Kohlenstoffdioxid nachweisen – die Kalkwasserprobe .....	27
<b>FACHMETHODE:</b> Wasserstoff nachweisen – die Knallgasprobe .....	27
<b>2.2 Das Teilchenmodell</b> .....	30
Versuche und Material .....	30
<b>FACHMETHODE:</b> Stoffebene und Teilchenebene unterscheiden .....	32
<b>2.3 Reinstoffe und Stoffgemische</b> .....	34
Versuche und Material .....	34
<b>FACHMETHODE:</b> Ein Diagramm erstellen .....	35
<b>2.4 Stoffgemische trennen</b> .....	38
Versuche und Material .....	38
<b>FACHMETHODE:</b> Ein Experiment planen .....	39
<b>EXKURS:</b> Mülltrennung in der Technik .....	42
<b>EXKURS:</b> Zeppelingase .....	43
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	44
■ Alles im Blick .....	46
■ Ziel erreicht? .....	47





<b>3</b>	<b>Aufbau der Materie</b>	<b>48</b>
■	Startklar?	49
<b>3.1</b>	<b>Das stoffbezogene Ordnungssystem</b>	<b>50</b>
	Versuche und Material	50
	<b>FACHMETHODE:</b> Mit dem stoffbezogenen Ordnungssystem arbeiten	52
<b>3.2</b>	<b>Die Bausteine der Materie</b>	<b>54</b>
	Versuche und Material	54
	<b>DAS ORDNUNGSSYSTEM DER ATOME UND IONEN</b>	58
<b>3.3</b>	<b>Metalle</b>	<b>60</b>
	Versuche und Material	60
	<b>EXKURS:</b> Legierungen	63
<b>3.4</b>	<b>Molekular aufgebaute Stoffe</b>	<b>64</b>
	Versuche und Material	64
	<b>FACHMETHODE:</b> Molekülformeln aufstellen	66
	<b>FACHMETHODE:</b> Molekular aufgebaute Stoffe benennen	67
<b>3.5</b>	<b>Salze</b>	<b>68</b>
	Versuche und Material	68
	<b>FACHMETHODE:</b> Verhältnisformeln von Salzen aufstellen	71
	<b>EXKURS:</b> Die Nebengruppenelemente	72
	<b>EXKURS:</b> Salz – ein wichtiger Alltagsstoff	73
■	Zum Üben und Weiterdenken	74
■	Alles im Blick	76
■	Ziel erreicht?	77



<b>4</b>	<b>Chemische Reaktionen</b>	<b>78</b>
■	Startklar?	79
<b>4.1</b>	<b>Bildung und Zerlegung von Wasser: chemische Reaktionen</b>	<b>80</b>
	Versuche und Material	80
	<b>FACHMETHODE:</b> Formelgleichungen aufstellen	83
<b>4.2</b>	<b>Masse und Energie bei chemischen Reaktionen</b>	<b>86</b>
	Versuche und Material	86
	<b>EXKURS:</b> Die Forscher LOMONOSSOW und LAVOISIER	88

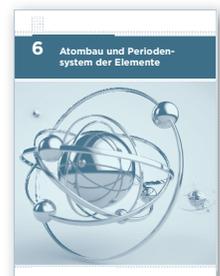
<b>4.3 Aktivierung chemischer Reaktionen</b> .....	90
Versuche und Material .....	90
<b>FACHMETHODE:</b> Ein Energiediagramm erstellen .....	91
<b>EXKURS:</b> Das kalte Leuchten .....	94
<b>EXKURS:</b> Wasserstoff als Energieträger .....	95
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	96
■ Alles im Blick .....	98
■ Ziel erreicht? .....	99

## 5 Verbrennungen 100

■ Startklar? .....	101
<b>5.1 Verbrennungen</b> .....	102
Versuche und Material .....	102
<b>5.2 Quantitative Aspekte chemischer Reaktionen</b> .....	108
Versuche und Material .....	108
<b>FACHMETHODE:</b> Den Stoffumsatz einer Reaktion berechnen .....	112
<b>5.3 Energieträger und Kohlenstoffkreislauf</b> .....	114
Versuche und Material .....	114
<b>EXKURS:</b> Die fossilen Energieträger und der Treibhauseffekt .....	118
<b>EXKURS:</b> Brandschutz .....	119
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	120
■ Alles im Blick .....	122
■ Ziel erreicht? .....	123

## 6 Atombau und Periodensystem der Elemente 124

■ Startklar? .....	125
<b>6.1 Aufbau der Atome: Das Kern-Hülle-Modell</b> .....	126
Versuche und Material .....	126
<b>FACHMETHODE:</b> Mit Modellen arbeiten .....	129
<b>6.2 Aufbau der Atomhülle: Das Energiestufenmodell</b> .....	130
Versuche und Material .....	130
<b>FACHMETHODE:</b> Energiestufenmodelle erstellen .....	134



# INHALT

<b>6.3 Arbeiten mit dem Periodensystem</b> .....	136
Versuche und Material .....	136
<b>FACHMETHODE:</b> Die Ladungszahl von Ionen bestimmen .....	139
<b>6.4 Das Kugelwolkenmodell</b> .....	140
Versuche und Material .....	140
<b>EXKURS:</b> Die Entwicklung des Periodensystems .....	144
<b>EXKURS:</b> Forschung im Teilchenbeschleuniger .....	145
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	146
■ Alles im Blick .....	148
■ Ziel erreicht? .....	149



<b>7 Chemische Bindungen</b> .....	150
■ Startklar? .....	151
<b>7.1 Die Metallbindung</b> .....	152
Versuche und Material .....	152
<b>7.2 Die Bindung in Molekülen</b> .....	156
Versuche und Material .....	156
<b>FACHMETHODE:</b> Valenzstrichformel aufstellen .....	159
<b>7.3 Der räumliche Bau von Molekülen</b> .....	160
Versuche und Material .....	160
<b>7.4 Die polare Atombindung</b> .....	164
Versuche und Material .....	164
<b>FACHMETHODE:</b> Die Dipoleigenschaften eines Moleküls ableiten .....	167
<b>7.5 Wasser – ein ganz besonderer Stoff</b> .....	168
Versuche und Material .....	168
<b>EXKURS:</b> Die Dichteanomalie des Wassers .....	171
<b>EXKURS:</b> Es ist nicht alles Gold was glänzt – Legierungen .....	172
<b>EXKURS:</b> Wie Geckos an Wänden und Glasscheiben haften .....	173
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	174
■ Alles im Blick .....	176
■ Ziel erreicht? .....	177

## 8 Organische Verbindungsklassen und ihre Eigenschaften 178

■ Startklar? .....	179
<b>8.1 Organische Verbindungen</b> .....	180
Versuche und Material .....	180
<b>FACHMETHODE:</b> Nachweis der C-C- Mehrfachbindung .....	183
<b>EXKURS:</b> Ethen als Pflanzenhormon .....	183
<b>8.2 Sauerstoffhaltige Verbindungen</b> .....	184
Versuche und Material .....	184
<b>FACHMETHODE:</b> Sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe nachweisen .....	187
<b>8.3 Schmelz- und Siedetemperaturen organischer Verbindungen</b> .....	188
Versuche und Material .....	188
<b>8.4 Löslichkeiten organischer Verbindungen</b> .....	192
Versuche und Material .....	192
<b>EXKURS:</b> Katerfrühstück .....	196
<b>EXKURS:</b> Formaldehyd gesundheitsschädlich, aber vielseitig verwendbar .....	197
■ Zum Üben und Weiterdenken .....	198
■ Alles im Blick .....	200
■ Ziel erreicht? .....	201

## Anhang 202

■ QR/-Mediencodes .....	203
■ Lösungen zu Startklar? und Ziel erreicht? .....	204
■ GHS: Internationale Bezeichnung von Gefahrstoffen .....	218
■ H-Sätze, P-Sätze .....	220
■ Chemikalienliste zu den Versuchen .....	223
■ Glossar .....	226
■ Stichwortverzeichnis .....	232
■ Bildnachweis .....	235
■ Übersicht: Chemische Berufe .....	236
■ Übersicht: Gegenstandsbereiche der Chemie .....	238
■ Übersicht: Umgang mit Operatoren .....	240
■ Periodensystem der Atomsorten (teilchenbezogen)	

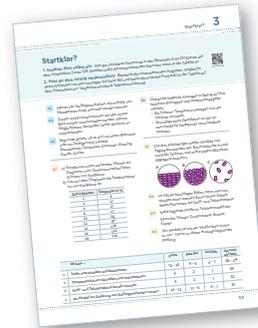


# So kannst du mit diesem Buch arbeiten ...

Dein neues Chemiebuch enthält acht Kapitel. Jedes Kapitel ist in mehrere Untereinheiten unterteilt und enthält eine Reihe verschiedener Seitentypen. Hier erfährst du, wie du mit diesen Seitentypen arbeiten kannst.

## 1. Los geht's

Um festzustellen, ob du fit für ein Kapitel bist, kannst du dich auf den Seiten **Startklar?** zunächst selbst einschätzen und anschließend deine Einschätzung anhand von Aufgaben überprüfen. Die passenden Arbeitsblätter kannst du unter dem jeweiligen QR-Code bzw. Mediacode abrufen (vgl. Tipp unten). Die Lösungen findest du im Anhang des Buches. Schneidest du in einem Bereich nicht so gut ab, bekommst du im Auswertungskasten Informationen, wo du noch einmal nachlesen solltest.



## 2. Die Untereinheiten

Die blauen Kästen **Versuche und Material** sind der Ausgangspunkt für deinen Erkenntnisgewinn. Wie alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führst du Versuche durch, um neues Wissen zu erlangen. Kleinschrittige Auswertungsaufgaben helfen dir dabei.

- V** Schülerversuch
- LV** Lehrerversuch
- M** alternative Arbeitsmaterialien



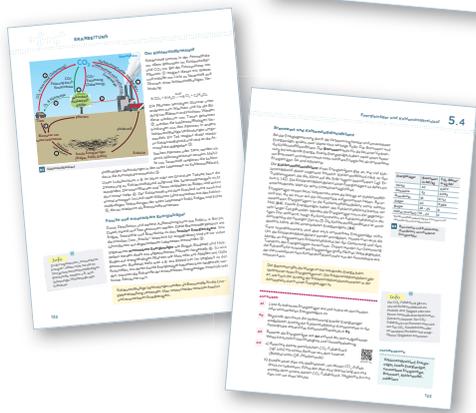
**Tipp**

Im Buch findest du **QR-Codes** und **Mediacodes**, die zu Videos, Animationen, gestuften Hilfen u. ä. führen.

Die QR-Codes kannst du direkt mit deinem Smartphone einscannen. Alternativ kannst du den jeweils darunter stehenden Mediacode auf [www.ccbuchner.de/medien](http://www.ccbuchner.de/medien) eingeben.



05511-03



In **Erarbeitung** kannst du Neues in leicht verständlichen Texten nachlesen. Ausgehend von experimentellen Befunden werden die neuen Inhalte aufgearbeitet und erklärt.

Das Wichtigste findest du in gelb hinterlegten Merksätzen. Kleine Infokästen bieten Zusatzinformationen zum Text. Zudem gibt es am Ende jeder Untereinheit passende Aufgaben **A**. Daneben sind die neuen Fachbegriffe in einem Kasten zusammengestellt.

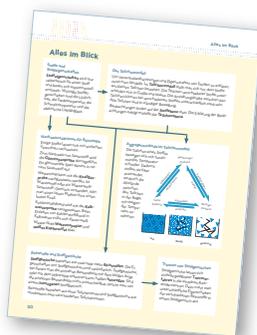
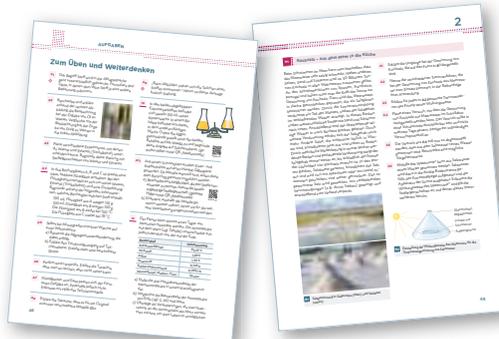
Gesellschaftlich relevante Errungenschaften der Chemie sind mit  markiert.

### 3. Am Ende des Kapitels

Am Kapitelende warten auf den Seiten **Zum Üben und Weiterdenken** eine große Anzahl bunt gemischter Aufgaben darauf, gelöst zu werden. Eine Erläuterung der verwendeten Operatoren findest du im Anhang.

**A** anspruchsvolle Aufgabe

⊕ Aufgabe zur Kompetenzförderung



Die wichtigsten Inhalte aus jedem Kapitel werden im **Alles im Blick** kompakt zusammengefasst. Damit kannst du dich gut auf einen Test vorbereiten.

Mit der Seite **Ziel erreicht?** kannst du überprüfen, ob du die neuen Inhalte des Kapitels verstanden hast. Das entsprechende Arbeitsblatt kannst du unter dem QR-Code bzw. Mediacode herunterladen und deine Antworten mit den Lösungen im Anhang abgleichen. Wenn du in einem Bereich noch nicht so gut bist, kannst du auf den angegebenen Seiten nochmal nachlesen.



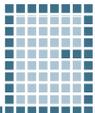
### Sonderseiten



Fachmethoden der Chemie sind Werkzeuge, deren Handhabung gelernt sein will. In den grünen Kästen und Seiten **Fachmethode FM** wird Schritt für Schritt an Beispielen erklärt, wofür eine Methode gut ist und wie man sie anwendet.

Keine Wissenschaft kommt heute noch ohne andere Wissenschaften aus. Auf den lila Kästen und Seiten **Exkurs EK** kannst du „über den Tellerrand blicken“. Spannende Themen, z. B. aus Biologie, Physik, Medizin, Umwelt oder Erdkunde, werden wie in einer Zeitschrift vorgestellt.





# 1 Laborführerschein



## Die Sicherheitseinrichtungen im Chemielabor kennen

Im Chemiesaal ist Sicherheit das oberste Gebot! Bevor es mit dem Experimentieren losgeht, mache dich erstmal mit den allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen in deinem Klassenraum vertraut.

### So geht's

#### Fluchtweg:

Fluchtwege werden mit grünen Schildern gekennzeichnet (B1). Achte im Unterricht immer darauf, dass Fluchtwege nicht mit Jacken, Schultaschen oder Ähnlichem verstellt werden. Gehe die verschiedenen Fluchtwege vom Chemiesaal bis zum Sammelpunkt ab.

#### Brandschutz:

Wenn unsachgemäß mit Gasen und feuergefährlichen Chemikalien experimentiert wird, kann es leicht zu einem Brand kommen. Suche alle Feuerlöscher (B2) im Klassenraum. Finde weitere Löschgeräte und benenne diese.

#### Augenschutz:

Unsere Augen sind sehr empfindlich und müssen deshalb immer gut geschützt werden, z. B. vor herumfliegenden Splintern bei Glasbruch und vor spritzenden Flüssigkeiten. Dabei hilft eine gut sitzende Schutzbrille. Suche die Aufbewahrungsstelle der Schutzbrillen (B3) im Chemiesaal. Wenn doch mal etwas ins Auge geht, müssen die Augen gründlich mit dem weichen Wasserstrahl einer Augendusche (B4) ausgespült werden. Betrachte die Augendusche und informiere dich über ihre Funktionsweise.

#### Erste Hilfe:

Finde die Erste-Hilfe-Station (B5) und das Erste-Hilfe-Plakat. Schreibe die relevanten Telefonnummern ab. Gibt es auch ein Telefon? An diesem müssen alle wichtigen Telefonnummern nochmals notiert sein.

#### GHS-Plakat:

Neben den allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen im Chemiesaal gibt es auch für jede Chemikalie bestimmte Sicherheitsmaßnahmen. Diese sind in Symbolen (B6) aufgedruckt (vgl. S. 218). Suche ein Plakat mit den Symbolen.

#### Not-Aus:

Die Gasinstallation und alle Stromleitungen sind im Chemiesaal extra gesichert. Wenn mal etwas schief geht, kann man mit dem rot-gelben Not-Aus-Knopf (B7) alles in Sekundenschnelle abschalten. Zähle alle Not-Aus-Schalter im Chemiesaal.



B1 Schild Fluchtweg



B2 Schild Feuerlöscher



B3 Symbol Schutzbrille



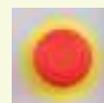
B4 Schild Augendusche



B5 Schild Erste Hilfe



B6 GHS-Symbole



B7 Not-Aus-Knopf

### AUFGABEN

- A1** Erstelle eine Tabelle mit allen notwendigen Sicherheitseinrichtungen und der Begründung ihrer Notwendigkeit.
- A2** Erstelle einen beschrifteten Lageplan deines Chemiesaals mit allen Sicherheitseinrichtungen.



# Sicher experimentieren im Chemieunterricht

Meldungen über Unfälle im Chemieunterricht gibt es zum Glück nur selten. Das ist bemerkenswert, denn in keinem anderen Schulfach werden so gefährliche Substanzen benutzt wie im Chemieunterricht.

Der Grund für diese geringe Anzahl an Unfällen sind die **Sicherheitsvorkehrungen**, die für den Chemieunterricht gelten, um Unfälle zu vermeiden.

Werden diese grundsätzlichen Regeln eingehalten, kann nicht nur erfolgreich und sicher, sondern auch mit Spaß experimentiert werden!



**B1** Schulklasse beim sicheren Experimentieren

### So geht's

#### Die 10 „goldenen Regeln“ für die Sicherheit im Chemieunterricht

1. Chemielehrerinnen und -lehrer erkennen viele Gefahren, die von Gegenständen oder Stoffen im Chemieraum ausgehen. Darum: **Betritt Chemieräume nur, wenn eine Lehrkraft anwesend ist!**

3. Besonders gefährdet beim Umgang mit Chemikalien sind die Augen. Du musst sie gut vor Spritzern, Stichflammen und spitzen Gegenständen schützen: **Trage beim Experimentieren immer eine Schutzbrille!**

Augenverletzungen können bereits beim Holen der Chemikalien und auch beim Aufräumen entstehen, darum setze die Schutzbrille als erstes auf und als letztes ab!

2. Einer Verunreinigung im Chemieraum kannst du nicht ansehen, ob sie gesundheitsschädlich oder gar giftig ist. Damit sie nicht mit Nahrung in Kontakt kommen kann, lass Getränke und Pausenbrot in der Tasche:

**Iss und trink nicht im Chemieraum!**

Schminken (auch das Auftragen von Lippenpflegestiften) ist im Chemieunterricht ebenfalls verboten, da chemische Stoffe auch über die Schleimhäute aufgenommen werden können. Um einen Kontakt mit den Verunreinigungen auch nach der Chemiestunde zu verhindern:

**Wasch dir nach dem Experimentieren die Hände!**

4. Um Augenverletzungen oder Verbrennungen möglichst zu vermeiden: **Richte Reagenzglasöffnungen niemals auf Personen!**

Sollte trotzdem einmal etwas ins Auge gehen, spüle das Auge sofort gründlich mit der Augendusche. So kannst du größere Augenschäden vermeiden.

5. Manche Stoffe können menschliches Gewebe verätzen oder durch Schleimhäute in den Körper gelangen, daher:  
**Berühre niemals Chemikalien mit den Händen**, außer du hast die Erlaubnis von deiner Lehrkraft!

6. Viele Materialien, etwa Papier, Haare und Textilien, können leicht brennen. Um ein Feuerfangen zu vermeiden:  
**Lass nichts Unnötiges auf dem Tisch liegen, wenn du mit Feuer (offenen Flammen) umgehst!**  
**Binde lange Haare zu einem Zopf zusammen!**  
**Zieh lange Kleidung an, die aus Baumwolle besteht und nicht zu weit ist!**

7. In der Chemie hängt das Verhalten von Stoffen davon ab, in welchen Verhältnissen sie zusammengegeben und wie sie gehandhabt werden:  
**Halte dich genau an die Versuchsvorschriften und Anweisungen deiner Lehrkraft!**  
 Wenn einmal etwas unklar ist, frage nach.  
 Wenn du ein Experiment selbst geplant hast, lass dir von deiner Lehrkraft die Erlaubnis geben, das Experiment auch so durchzuführen.

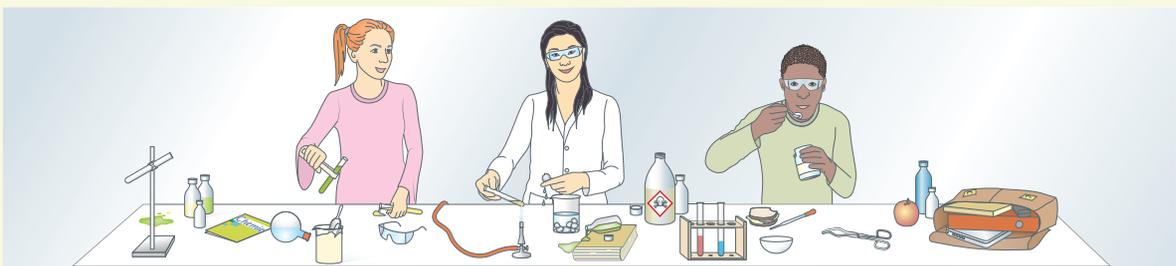
8. Chemikalien dürfen nicht verunreinigt werden:  
**Entnimm Chemikalien immer nur in kleinen Mengen mit einem sauberen Spatel oder einer Pipette!**  
 Hast du einmal zu viel entnommen: gib den Rest nicht zurück in die Vorratsflasche!

9. Fehler passieren allen – trotz größter Sicherheitsvorkehrungen:  
**Informiere die Chemielehrkraft, wenn du etwas verschüttet hast oder wenn du dich verletzt hast!**  
 Sie entscheidet, wie die Verunreinigung beseitigt oder die Verletzung weiter behandelt wird.

10. Personen und die Umwelt dürfen auch nach dem Experimentieren nicht gefährdet werden:  
**Reinige die Arbeitsflächen und Geräte und entsorge die Chemikalien vorschriftsmäßig** (vgl. Entsorgungshinweise auf S. 15)!

**AUFGABEN**

- A1** Beschreibe mindestens zehn Punkte, die die „Amateure beim Experimentieren“ in **B2** falsch machen.
- A2** Erläutere, wie sie es richtig machen können, und begründe die Maßnahmen.



**B2** Amateure beim Experimentieren



# Sicher mit Gefahrstoffen arbeiten



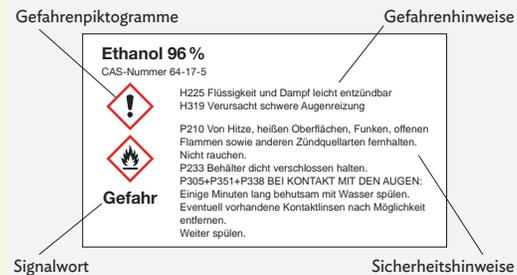
**B1** Chemikalienflaschen im Labor

Es gibt viele Länder auf der Welt, die mit Gefahrstoffen arbeiten und mit diesen untereinander Handel treiben. Um weltweit sichere Handhabung und sichere Entsorgung zu gewährleisten, wurde das global gültige GHS-System (engl.: Globally Harmonized System) ins Leben gerufen. Inzwischen sind die GHS-Angaben auf allen Chemikalienverpackungen Pflicht – natürlich auch in der Schule.

Bei vielen Berufen (vgl. Übersicht Chemische Berufe S. 236) ist die Kenntnis zum korrekten Umgang mit Gefahrstoffen Teil der Ausbildung.

## Das Gefahrstoffetikett

Auf jeder Chemikalienflasche ist ein Etikett mit dem Namen der Chemikalie und den GHS-Angaben angebracht. Lies wichtige Sicherheitsinformationen aus dem Etikett einer Chemikalie ab (**B2**).



**B2** Gefahrstoffetikett von Ethanol

Code	Bedeutung
H2xx	physikalische Gefahren
H3xx	Gesundheitsgefahren
H4xx	Umweltgefahren
P1xx	Allgemeines
P2xx	Prävention
P3xx	Reaktion
P4xx	Aufbewahrung
P5xx	Entsorgung

**B3** Bedeutung der ersten Ziffer bei den H- bzw. P-Sätzen

### So geht's

**Gefahrenpiktogramme:** Die Piktogramme geben einen schnellen Überblick über die Gefährlichkeit und den richtigen Umgang mit der Chemikalie. Die Bedeutung der Piktogramme ist auf Plakaten zu finden (vgl. S. 218 und Plakat im Chemiesaal).

**Signalwörter:** Die Signalwörter geben an, wie hoch die Gefahr ist, die von dem Stoff ausgeht. **Achtung** warnt vor weniger schwerwiegenden Gefahrenkategorien, z. B. gesundheitsschädlich. **Gefahr** warnt vor schwerwiegenden Gefahrenkategorien, z. B. giftig.

**H-Sätze und P-Sätze:** Die **H-Sätze** beschreiben **Gefahrenhinweise** (engl. *hazard statements*). Sie sind mit einem Code aus dem Buchstaben H und einer dreistelligen Nummer versehen. Die erste Zahl gibt die Kategorie und die Art der Gefahr an (**B3**). Die weiteren Zahlen sind fortlaufend. Der dahinterstehende Satz gibt detaillierte Informationen zu den Gefahren (vgl. Info).

Die **P-Sätze** beschreiben **Sicherheitshinweise** (engl. *precautionary statements*). Sie bestehen aus einem Code mit dem Buchstaben P und einer dreistelligen Nummer. Die erste Zahl beschreibt, wie man mit dem Stoff und seinen potenziellen Gefahren umgeht und wie man ihn sicherheits- und umweltgerecht entsorgt (**B3**).

### Info

Bei kleinen Flaschen ist aus Platzgründen häufig nur der Code der H- und P-Sätze notiert. In einem Labor muss es daher immer eine Übersicht über alle H- und P-Sätze geben. Im Buch sind die H- und P-Sätze auf S. 220 aufgelistet.

## Entsorgung im Klassenzimmer

Nach einem Experiment hat man häufig verschiedene Stoffe vorliegen. Selbst wenn nur einer dieser Stoffe zu den Gefahrstoffen gehört, muss die Mischung in speziell gekennzeichneten Behältern gesammelt werden. Bei den Versuchen in diesem Buch werden die entsprechende Entsorgungshinweise in Form von Kürzeln gegeben.

### So geht's

#### A: Ausguss

Ungefährliche und wasserlösliche Stoffe dürfen über den Ausguss dem Abwasser zugeführt werden. Feststoffe wie Zucker sollten zuvor in Wasser gelöst werden.

Beispiele: Zucker, Natriummonochloridlösung, Rotkohlsaft, Backpulver

#### R: Restmüll

Unproblematische und ungefährliche Feststoffe werden im Restmüll entsorgt.

Beispiele: Filterpapier, Indikatorpapier, Sand, Aluminiumfolie

#### G1: Gefäß für saure und basische Lösungen

In diesem Gefäß werden saure und basische Lösungen gesammelt. Bevor der Behälter voll ist, muss der Inhalt von der Lehrkraft neutralisiert werden.

Beispiele: Schwefelsäure, Natronlauge

#### G2: Gefäß für giftige anorganische Stoffe

Gifte und umweltschädliche Chemikalien, z. B. Schwermetallsalze und deren Lösungen, werden in Gefäß 2 gesammelt.

Beispiele: Kupfermonosulfat, Kupfermonosulfid, Zinkmonooxid

#### G3: Gefäß für halogenfreie organische Stoffe

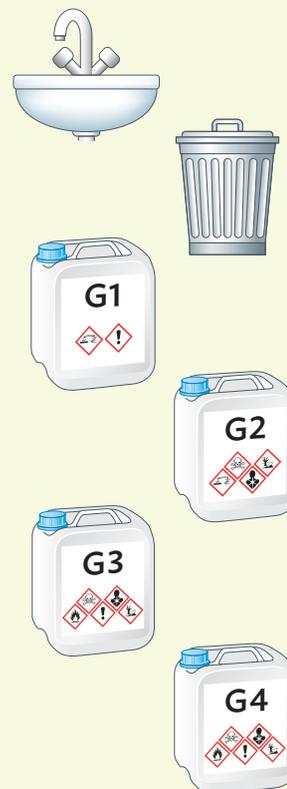
In diesem Gefäß werden wasserlösliche und wasserunlösliche organische Stoffe gesammelt, die keine Halogene enthalten.

Beispiele: Brennspritus, Octan, Benzin

#### G4: Gefäß für halogenhaltige organische Stoffe

Organische Verbindungen, die Halogene enthalten, werden in Gefäß 4 bis zur endgültigen Entsorgung durch ein Unternehmen aufbewahrt.

Beispiele: Bromheptan, Chlorpentan



B4 Entsorgungssymbole

## AUFGABEN

- ✚ A1 Beschreibe anhand des Etiketts von Ethanol (B2) den sicheren Umgang mit der Chemikalie im Labor. Sieh dazu die Bedeutung der Gefahrenpiktogramme auf S. 218 nach.
- A2 Eine Regel im Chemielabor lautet: „Hand ans Etikett beim Ausgießen.“ Recherchiere im Internet, welche Vorteile diese Arbeitsanweisung aufzeigt.
- A3 Die Gefahrenpiktogramme nach GHS gibt es nicht nur im Labor. Überlege, wo sie dir auch im Haushalt (B5) begegnen und notiere jeweils den Stoff und die Bedeutung des Gefahrenpiktogramms.
- ✚ A4 In einem Schülerexperiment werden im Unterricht folgende Chemikalien verwendet: Zitronensaft, Natronlauge, Benzin, Essigreiniger und Salzsäure. Gib jeweils an, wie die Stoffe entsorgt werden müssen.



B5 Putzmittel mit GHS-Symbolen



## Laborgeräte richtig verwenden

Im Laufe der Zeit haben Chemiker und Chemikerinnen viele Geräte entwickelt, die beim Experimentieren hilfreich sind. Damit sie sinnvoll eingesetzt werden, muss man ihre Namen und Funktionen kennen. Eine Übersicht zu wichtigen Laborgeräten befindet sich ganz vorne im Buch.



B1 Eine Spatelspitze

### Einen Spatel verwenden

**So geht's** In Kochrezepten liest man oft die Formulierung „eine Prise Salz“. Für solche Mengen verwendet man in der Chemie die Bezeichnung „eine Spatelspitze“. Die Spitze des Spatels ist dann zu etwa einem Zentimeter bedeckt (B1).

### Mörser und Abdampfschale unterscheiden

**So geht's** Zwei Geräte, die ähnlich aussehen, aber nicht verwechselt werden sollten, sind die Abdampfschale und der Mörser (siehe Übersicht: Laborgeräte). Die Abdampfschale wird zum Abdampfen von Flüssigkeiten verwendet. Sie darf mit dem Gasbrenner vorsichtig erhitzt werden. Die Abdampfschale hat immer eine glatte Oberfläche. Der Mörser ist viel dicker und dient dem Zerkleinern von festen Stoffen wie z. B. Salz, Schwefel oder Pflanzenteilen. Er verfügt im Gegensatz zur Abdampfschale über eine gerade Standfläche.

### Flüssigkeiten mit einem Glasstab umrühren

**So geht's** Flüssigkeiten müssen oft umgerührt werden, z. B. wenn sie mit dem Gasbrenner erhitzt oder mit Eis gekühlt werden. Zum Umrühren muss ein Glasstab verwendet werden. Ein Thermometer ist dafür ungeeignet. Es hat nur eine dünne Glaswand und die Bruchgefahr ist zu groß. Ein Thermometer ist ausschließlich zum Bestimmen der Temperatur gedacht!

### Die Masse mit einer Laborwaage bestimmen

Die Tara-Funktion einer Laborwaage kann genutzt werden, um die Masse einer Stoffportion zu bestimmen, ohne deren Verpackung bzw. das Aufbewahrungsgefäß mit zu wiegen.



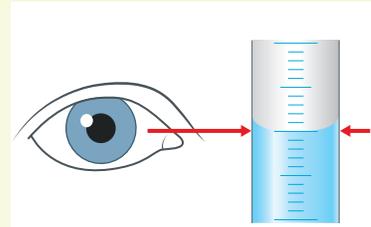
B2 Tara-Funktion einer Waage

**So geht's** Schalte die Waage ein. Es wird eine Masse von Null Gramm angezeigt. Stelle nun zunächst ein leeres Gefäß zum Abwiegen auf den Wägeteller (z. B. ein Becherglas, eine Wägeschale bzw. Wägeschiffchen oder ein Filterpapier). Drücke dann den Knopf Tara (T) auf der Waage. Auf der Anzeige liest du nun wieder Null Gramm ab (B2), da das Gerät jetzt die Masse des Behältnisses mit einrechnet. Gib dann den Stoff, dessen Masse du ermitteln möchtest, in das Gefäß auf der Waage bzw. wiege die gewünschte Menge an Stoff ab. Durch die Tara-Funktion kannst du dich auf die zu wiegende Stoffportion konzentrieren und ihre Masse direkt ablesen. Eine Chemikalie darf nie direkt auf die Waage gegeben werden.

### Das Volumen einer Flüssigkeit messen

Bechergläser haben zwar eine Skala, kleinere Volumina wie z. B. 100 mL kann man mit ihnen aber nur sehr ungenau ablesen. Wenn das Volumen einer Flüssigkeit genauer bestimmt werden soll, kann ein Messzylinder verwendet werden.

**So geht's** Betrachte den Flüssigkeitsstand im Messzylinder auf Augenhöhe. Die Oberfläche der Flüssigkeit im Messzylinder ist außen leicht nach oben gewölbt. Visiere den unteren Rand dieser Wölbung (Meniskus) in Augenhöhe an und lies die Füllmenge an diesem Punkt ab (B3).



**B3** Ablesen der Füllmenge

### Eine Flüssigkeit pipettieren

Eine Pipette eignet sich, um ein sehr kleines Volumen exakt abzumessen und von einem in ein anderes Gefäß zu überführen.

**So geht's** Pipetten gibt es in verschiedenen Größen und Ausführungen. Ein Sauger ist bei Einwegpipetten am Ende integriert (B4, links) oder es kann ein Gummisauger auf die offene Pipette aufgesteckt werden (B4, rechts). Zum Aufziehen der Flüssigkeit wird zunächst die Luft aus dem Sauger gedrückt und dann die Pipettenspitze in die Flüssigkeit getaucht. Zum Ablassen der Flüssigkeit halte die Pipette mit der Spitze leicht schräg an den Rand des Gefäßes und drücke den Sauger langsam zusammen. Es läuft genau die Menge aus, die du mit der Pipette zuvor abgemessen hast. Wird der Sauger nicht mehr zusammengedrückt, wird die Flüssigkeit in die Pipette gesaugt. Eine gefüllte Pipette muss immer aufrecht gehalten und darf nicht umgedreht oder abgelegt werden.



**B4** Einwegpipette (links) und Pipette mit aufgestecktem Gummisauger (rechts)

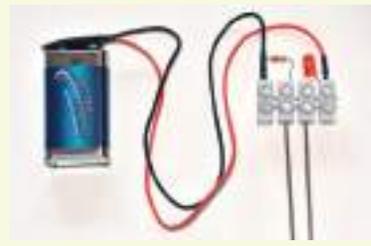
### Die elektrische Leitfähigkeit prüfen

Ob ein Stoff elektrisch leitfähig ist, kann mit einem Leitfähigkeitsprüfer getestet werden. Eine einfache Variante besteht aus einem 9-Volt-Block als Stromquelle, an dem eine Leuchtdiode und ein Widerstand befestigt sind (B5). (Bauanleitung unter QR-/Mediencode)



05511-01

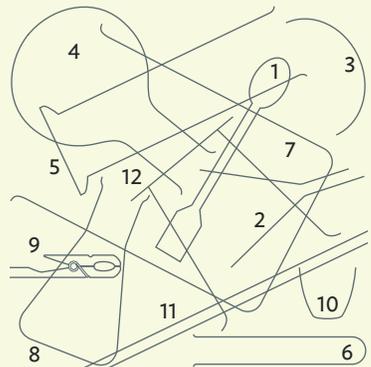
**So geht's** Halte die beiden Metallstäbe an den zu untersuchenden Feststoff oder in die zu untersuchende Flüssigkeit. Ist der Stoff elektrisch leitfähig, so leuchtet die Leuchtdiode.



**B5** Leitfähigkeitsprüfer

### AUFGABEN

- A1** In B6 haben sich 12 verschiedene Längsschnitte durch Laborgeräte versteckt. Zeichne diese einzeln in der richtigen Orientierung und Reihenfolge untereinander auf ein DIN A4-Blatt. Benenne die Geräte und recherchiere für jedes Gerät eine Verwendung.
- A2** Versuch: Fülle eine beliebige Menge Wasser in ein Becherglas und lies das Volumen so gut es geht ab. Bestimme das genaue Volumen mit einem Messzylinder und fülle das Wasser wieder zurück in das Becherglas. Gib das Becherglas an die nächste Gruppe weiter, die wieder das Volumen bestimmt. Vergleiche eure Ergebnisse und diskutiere Ursachen für unterschiedliche Messergebnisse.
- A3** Versuch: Gib 1,5 g Kochsalz in 20 mL Wasser. Prüfe die Leitfähigkeit der Lösung und dampfe sie wieder ein (s. S. 19 B6). Wiege das erhaltene Salz. Vergleiche die Masse des Salzes zu Beginn mit der am Ende.



**B6** Längsschnitte durch Laborgeräte



## Erhitzen mit dem Gasbrenner

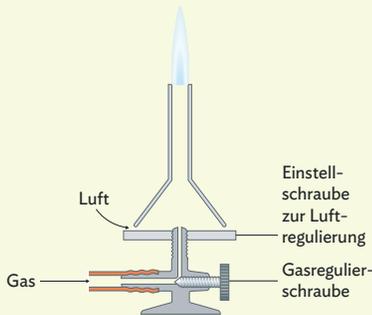


**B1** Leuchtende Brennerflamme (links) und rauschende Brennerflamme (rechts) sowie Flammentemperaturen

Der Gasbrenner ist ein wichtiges Arbeitsmittel im Labor. Es gibt verschiedene Varianten: feststehend und am Gasanschluss, feststehend und mit eigener Gaskonserve und den Mikrobrenner, der in der Hand gehalten wird.

Egal welcher Brennertyp benutzt wird, er hat immer eine Gas- und eine Luftregulierung (**B2**). Damit kann je nach Bedarf eine **leuchtende** oder eine **rauschende** (nicht leuchtende) Flamme eingestellt werden (**B1**). Die leuchtende Flamme entsteht bei geschlossener Luftzufuhr, die rauschende Flamme bei geöffneter Luftzufuhr. Die Flammentypen unterscheiden sich in den Temperaturen, die sie erreichen. Die leuchtende Flamme rußt sehr stark und die rauschende Flamme ist unter Umständen zu heiß. Daher wird meist durch eine mittlere Regulierung der Luftzufuhr eine nicht leuchtende und nicht rauschende Flamme eingestellt.

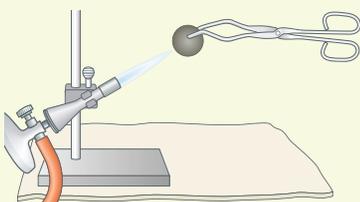
Beim **direkten Erhitzen** wird das Gefäß mit den zu erwärmenden Stoffen direkt mit der Brennerflamme in Berührung gebracht. Das ist die einfachste und schnellste Art, Stoffe zu erhitzen. Nur Gefäße mit Rundungen (Reagenzgläser, Rundkolben, Porzellanschalen) dürfen direkt erhitzt werden. Andere Gefäße können durch die ungleichmäßige Wärmeverteilung zerspringen. Brennbar und leicht entzündliche Flüssigkeiten dürfen nie direkt erhitzt werden. Um solche Stoffe nur langsam und/oder nur mäßig zu erhitzen, wird z. B. eine Heizplatte anstelle eines Gasbrenners verwendet. Allgemein ist zu beachten, dass nicht nur die Gefäße, sondern auch der Gasbrenner und seine Regler heiß werden. Der Gasbrenner muss immer erst ganz ausgekühlt sein, bevor er neu mit Gas oder Spiritus befüllt werden kann.



**B2** Bestandteile eines Gasbrenners

### Entzünden des Gasbrenners

**So geht's** Setze die Schutzbrille auf, entferne alle brennbaren Gegenstände vom Tisch und binde lange Haare am Hinterkopf zusammen. Prüfe vor dem Entzünden des Gasbrenners zunächst, ob die Luft- und die Gaszufuhr am Gasbrenner geschlossen sind (**B2**). Öffne dann den Gashahn am Experimentiertisch. Halte ein brennendes Feuerzeug oder Streichholz bereit, bevor du schließlich die Gaszufuhr am Brenner öffnest. Entzünde sofort das ausströmende Gas mit der Feuerzeug- bzw. Streichholzflamme und reguliere die Flammengröße mit der Gasregulierschraube am Gasbrenner. Öffne bei Bedarf die Luftzufuhr, um die gewünschte Flammenart einzustellen. Blicke niemals von oben in den entzündeten Gasbrenner.



**B3** Erhitzen von Feststoffen

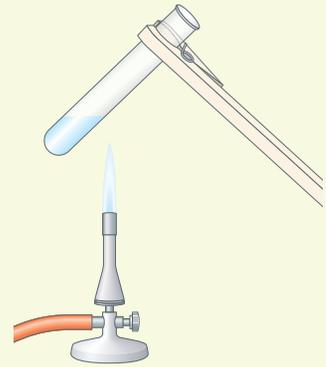
### Erhitzen von Feststoffen direkt in der Flamme

**So geht's** Lege eine feuerfeste Unterlage auf den Labortisch. Spanne darüber den Gasbrenner schräg in ein Stativ, damit keine abfallenden Partikel in das Brennerrohr fallen (**B3**). Nun halte den Stoff mit einer Tiegelzange direkt in die Flamme.

### Erhitzen von kleinen Flüssigkeitsmengen im Reagenzglas

#### So geht's

Fülle das Reagenzglas zu höchstens einem Drittel und gib ein paar Siedesteinchen hinzu (vgl. Info). Klemme die Reagenzglas-klammer ganz oben an das Reagenzglas (B4). Halte das Reagenzglas leicht schräg in die nicht leuchtende, nicht rauschende Flamme. Die Öffnung darf nicht auf umstehenden Personen zeigen. Beginne mit dem Erhitzen am oberen Bereich der Flüssigkeit und wandere dann langsam nach unten. Schüttele das Reagenzglas dabei leicht, um die Wärme besser zu verteilen. Zur Regulierung der Temperatur halte das Reagenzglas in unterschiedlicher Höhe über die Flamme.



B4 Erhitzen im Reagenzglas

### Erhitzen von großen Flüssigkeitsmengen im Becherglas

#### So geht's

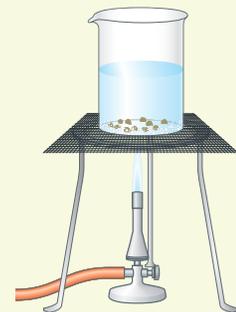
Bau den Gasbrenner, das Becherglas, einen Dreifuß und ein Drahtnetz wie in B5 auf. Zur Vermeidung von Siedeverzügen gib einige Siedesteine in die Flüssigkeit. Ein Video dazu gibt es unter dem QR-/Mediencode.



05511-02

#### Info

Ein Siedeverzug ist ein plötzlich einsetzendes Sieden der Flüssigkeit, bei dem die heiße Flüssigkeit aus dem Gefäß spritzen kann. Siedeverzüge können durch Zugabe von Siedesteinchen verhindert werden.



B5 Erhitzen im Becherglas

### Eindampfen von Flüssigkeiten

#### So geht's

Nimm einen Dreifuß, ein Drahtnetz und eine Abdampfschale. Bau die Apparatur wie in B6 auf. Achte auf einen ausreichenden Abstand des Gasbrenners zur Abdampfschale. Reguliere die Flamme so, dass die einzudampfende Flüssigkeit nur leicht köchelt. Kurz bevor die Flüssigkeit ausreichend eingedampft ist, entferne den Gasbrenner. Wenn nur noch wenig Flüssigkeit übrig ist, reicht die noch vorhandene Hitze in der Abdampfschale aus, damit der Rest der Flüssigkeit verdunstet. Ein gegebenenfalls zuvor gelöster Feststoff bleibt dann zurück.



B6 Eindampfen

### AUFGABEN

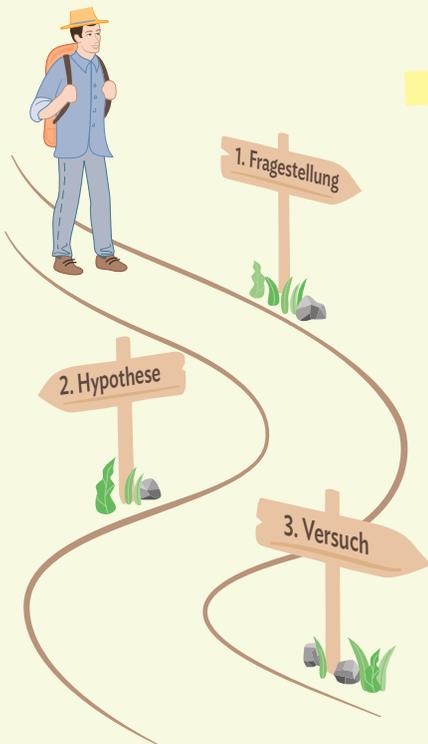
- A1 Du sollst a) einen Eisennagel und b) eine Salzlösung erhitzen. Gib jeweils die Flamme an, die du am Gasbrenner einstellen musst, und begründe deine Wahl.
- A2 Schlage eine Methode vor, mit der du im Chemieunterricht 200 mL Wasser auf 60 °C erhitzen kannst. Nenne alle notwendigen Arbeitsschritte.
- A3 Beurteile die folgenden Aussagen und schlage gegebenenfalls Alternativen zum sicheren Experimentieren vor.
  - a) „Die Siedesteine sind weg ... Egal, dann rühre ich die Flüssigkeit beim Erhitzen im Becherglas vorsichtig mit einem Glasstab.“
  - b) „Lass uns den Spiritus schnell erhitzen. Dreh mal die Gas- und die Luftzufuhr am Gasbrenner ganz auf und erhitze das Reagenzglas kräftig von unten.“
  - c) „Ich habe meinen Haargummi vergessen. Dann klemme ich die Haare eben hinter die Ohren.“



## Den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg gehen

Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen versuchen einerseits schon bekannte Sachverhalte zu erklären und andererseits auch Vermutungen zur Vorhersage noch unbekannter Phänomene aufzustellen. Ihre Erkenntnisse sowie die entsprechenden Regeln und Gesetzmäßigkeiten gewinnen sie auf einem bestimmten Weg. Dieser naturwissenschaftliche Erkenntnisweg läuft in fünf Schritten ab.

Brausepulver prickelt auf der Zunge und sprudelt im Wasser. Woher kommt das Sprudeln? Das lässt sich anhand der folgenden fünf Schritte erschließen.



### So geht's

#### 1. Die **Fragestellung**

Formuliere eine Frage, die mithilfe von Versuchsergebnissen beantwortet werden soll.

*Woraus bestehen die Gasbläschen, die das Sprudeln von Brausepulver bei Zugabe von Wasser oder im feuchten Mund hervorrufen?*

#### 2. Das Aufstellen der **Hypothese** (= Vermutung):

Stelle aus deinen bisherigen Kenntnissen und Erfahrungen eine experimentell überprüfbare Vermutung auf. Diese Hypothese wird dann aufgrund der Versuchsergebnisse entweder bestätigt oder sie stellt sich als falsch heraus.

*Das Sprudeln wird durch Kohlenstoffdioxidgas hervorgerufen.*

*(Überlegung: Das Gas in Sprudelwasser ist ebenfalls Kohlenstoffdioxidgas.)*

#### 3. Das **Material** und die **Versuchsdurchführung**:

Überlege dir, wie du die aufgestellte Hypothese überprüfen kannst. Plane dann den Versuch möglichst genau. Notiere die Versuchsdurchführung so, dass jemand anderes den Versuch jederzeit wiederholen und deine Ergebnisse überprüfen kann. Achte hierbei immer auf die Sicherheitsbestimmungen. Trage bei allen Versuchen eine Schutzbrille.

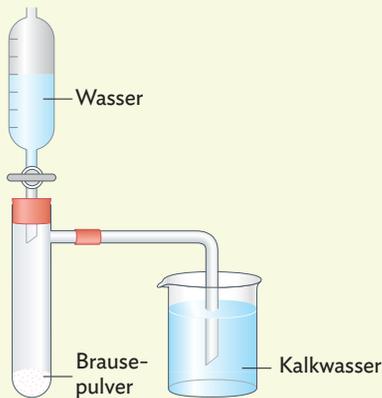
*Geräte: Tropftrichter, durchbohrter Stopfen, Reagenzglas mit seitlichem Ansatz, gebogenes Glasrohr, Becherglas*

*Chemikalien: Wasser, Brausepulver, Kalkwasser*

*Durchführung: Die Apparatur wird wie in B1 aufgebaut. Etwas Wasser wird auf das Brausepulver getropft und der Hahn des Tropftrichters wieder verschlossen. Das sich entwickelnde Gas wird in Kalkwasser eingeleitet.*

### Info

Kalkwasser trübt sich bei Kontakt mit Kohlenstoffdioxid.



**B1** Apparatur zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid. Das Stativmaterial wird nicht abgebildet.

**4. Die Beobachtungen:**

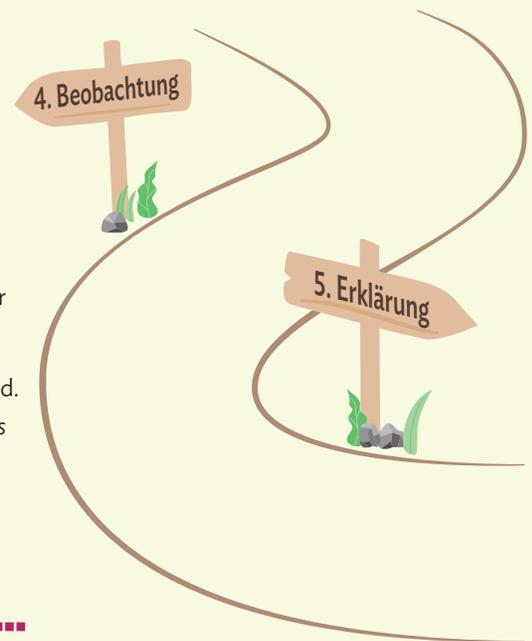
Du kannst entweder direkt mit den Sinnen (alles, was du siehst, riechst, hörst) oder indirekt mit Messgeräten (z. B. Strommesser) beobachten. Beschränke dich auf diese Beobachtungen und formuliere noch keine Erklärungen.

*Nach der Zugabe von Wasser sprudelt und schäumt es im Reagenzglas mit dem Brausepulver. Das zu Beginn des Versuchs klare, farblose Kalkwasser trübt sich und wird milchig-weiß.*

**5. Die Auswertung / Erklärung:**

Werte nun deine Beobachtungen geeignet aus, beispielsweise in einer Tabelle oder einem Diagramm. Interpretiere die Beobachtungen: Überlege dir also, welche Bedeutung sie haben. Entscheide, ob deine Hypothese durch die gewonnenen Daten bestätigt oder widerlegt wird.

*Das Kalkwasser hat sich getrübt. Mithilfe der Kalkwasserprobe ist das Gas Kohlenstoffdioxid identifiziert worden. Das Sprudeln von Brausepulver in Wasser wird durch die Bildung des Gases Kohlenstoffdioxid verursacht. Die Hypothese ist somit bestätigt.*



**AUFGABE**

- A1** Die Hauptbestandteile von Brausepulver sind Zucker, Citronensäure und Natriumhydrogencarbonat (Natron). Außerdem sind dem Brausepulver noch Farb- und Aromastoffe beigemischt. Sind alle drei Hauptbestandteile notwendig, um ein Sprudeln hervorzurufen? Genügt zur Bildung des Gases Kohlenstoffdioxid vielleicht einer dieser Stoffe allein oder eine Kombination aus zwei der Stoffe?  
Entwickle eine Versuchsreihe, mit der du herausfinden kannst, welche der Hauptbestandteile des Brausepulvers für die Bildung des Kohlenstoffdioxids nötig sind. Gehe dabei nach den fünf Schritten des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs vor.



# Ein Versuchsprotokoll erstellen

In der Chemie gelangt man durch Experimente zu neuen Erkenntnissen. Ein Protokoll zu einem Versuch ist notwendig, um den Versuch auszuwerten, wiederholen, die Ergebnisse überprüfen oder den Versuch abwandeln zu können. Im **Versuchsprotokoll** werden alle wichtigen Versuchsschritte festgehalten:

- Datum, Überschrift, Aufgabe bzw. Fragestellung
- Vermutung bzw. Hypothese
- Material und Versuchsdurchführung
- Beobachtungen
- Auswertung und Erklärung



**B1** Brausepulvertütchen, Brausepulver und fertige Trinkbrause

Bei der Herstellung von Trinkbrause aus Brausepulver (**B1**) beobachtet man ein Sprudeln. Mit einem Versuch soll herausgefunden werden, welche der Bestandteile des Brausepulvers das Sprudeln in Wasser hervorrufen. Die Hauptbestandteile von Brausepulver sind Zucker, Citronensäure und Natriumhydrogencarbonat (Natron).

### So geht's

1. Notiere das Datum und die Überschrift des Versuchs und / oder die **Aufgabe bzw. Fragestellung**, die der Versuch beantworten soll.
2. Stelle Vermutungen zur Antwort auf die Fragestellung auf bzw. formuliere eine **Hypothese** (vgl. Info).
3. Notiere alle **Laborgeräte** und **Chemikalien** (und gegebenenfalls deren GHS-Nummer(n) und Entsorgungshinweise), die du für den Versuch verwendest. Zeichne eine Skizze des Versuchsaufbaus und beschrifte sie vollständig. Wird der Versuch in mehreren Schritten durchgeführt, solltest du entsprechend auch mehrere Zeichnungen anfertigen. Protokolliere die **Durchführung des Versuchs** in der richtigen Reihenfolge. Notiere dabei alle für die Durchführung wichtigen Daten wie Mengenangaben oder Zeitintervalle.
4. Notiere die **Beobachtungen**, die du bei der Durchführung des Versuchs machen kannst, inhaltlich richtig, in der korrekten Reihenfolge, vollständig und präzise ohne Ausschmückung. Die Beobachtungen kannst du in einem Text oder in Tabellen festhalten. Beobachtungen können nicht nur mit den Augen, sondern auch mit den anderen Sinnesorganen gemacht werden. Z. B. kann ein lauter Knall mit den Ohren wahrgenommen werden. Dies wird dann ebenfalls als Beobachtung festgehalten.
5. **Werte** die Beobachtungen mit Blick auf die Aufgabe bzw. Fragestellung **aus** und beantworte die Aufgabe bzw. Frage. Erkläre die Beobachtungen. Interpretiere mögliche Diagramme aus Messwerten und achte auf Abweichungen oder Unstimmigkeiten. Später können die Vorgänge in Formeln und Gleichungen ausgedrückt werden.

### Info

Eine Hypothese (Vermutung) ist eine Aussage, die mit geeigneten Versuchen überprüfbar sein sollte und durch das Versuchsergebnis bestätigt oder widerlegt wird.

## Untersuchung von Brausepulver

### Alltagsbeobachtung

Brausepulver sprudelt, wenn man es in Wasser gibt.

27.02.2018

### 1. Fragestellung

Welche Bestandteile (Stoffe) des Brausepulvers bewirken das Sprudeln von Brausepulver in Wasser?

### Überlegung

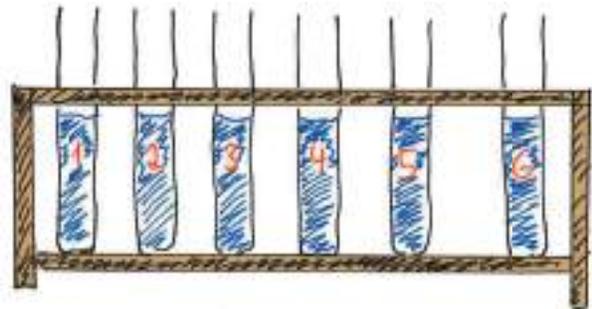
Natriumhydrogencarbonat ist auch in Backpulver enthalten, das einen Kuchenteig aufgehen lässt.

### 2. Hypothese

Das Natriumhydrogencarbonat bewirkt das Sprudeln.

### 3. Durchführung

Material: sechs Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Zucker, Citronensäure ( $C_6H_8O_7$ ), Natriumhydrogencarbonat (kurz: Natron)



Man füllt sechs Reagenzgläser etwa halbvoll mit Wasser und beschriftet sie mit den Ziffern 1 bis 6. Dann gibt man in die Reagenzgläser 1 bis 3 je eine Spatelspitze Zucker, Citronensäure bzw. Natron. In die Reagenzgläser 4 bis 6 füllt man je eine Spatelspitze von zwei Stoffen: in Glas 4 Zucker und Citronensäure, in Glas 5 Zucker und Natron, in Glas 6 Citronensäure und Natron.

Entsorgung: In den Ausguss geben.

### 4. Beobachtungen

1 Wasser + Zucker	2 Wasser + Citronensäure	3 Wasser + Natron	4 Wasser + Zucker + Citronensäure	5 Wasser + Zucker + Natron	6 Wasser + Citronensäure + Natron
keine Gasentwicklung	keine Gasentwicklung	keine Gasentwicklung	keine Gasentwicklung	keine Gasentwicklung	Gasentwicklung

### 5. Erklärung

Die aufgestellte Hypothese wurde widerlegt. Nur wenn man die beiden Bestandteile Citronensäure und Natron zusammen in Wasser gibt, kommt es zur Gasentwicklung.

**B2** Protokoll zur Untersuchung von Brausepulver

### AUFGABE

**A1** Fertige zu dem Versuch in Aufgabe **A2** auf S. 17 ein vollständiges Versuchsprotokoll an.

# 2

## Stoffe und ihre Eigenschaften



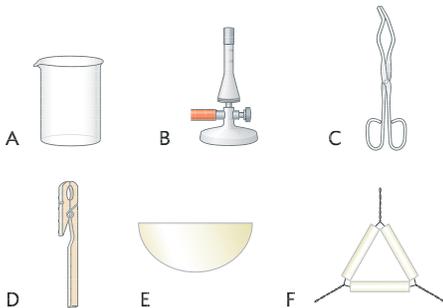
# Startklar?

**1. Schätze dich selbst ein.** Wie gut sind deine Kenntnisse in den Bereichen A bis C? Kreuze auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode) die entsprechenden Kästchen unten in der Tabelle an.



**2. Hast du dich richtig eingeschätzt?** Bearbeite die untenstehenden Aufgaben. Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 204 und kreise die erreichte Punktzahl in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein. Vergleiche mit deiner Selbsteinschätzung.

**A1** Gib die Geräte an, die zum Erhitzen von Metallen in Drahtform benötigt werden. Benenne die benötigten Geräte.



**A2** Nenne die Geräte und Messinstrumente, die verwendet werden können, um Leitungswasser auf 60 °C zu erhitzen.

**B1** Die Gliederung eines Protokolls ist durcheinander geraten. Bringe die Teilüberschriften des Protokolls in die richtige Reihenfolge: Auswertung, Aufgabe / Fragestellung, Beobachtungen, Hypothese, Versuchsdurchführung, Laborgeräte und Chemikalien.

**B2** Die folgenden drei Ausschnitte stammen aus einem Protokoll. Ordne ihnen jeweils eine passende Teilüberschrift aus Aufgabe B1 zu:

a) *Untersuche, ob nach dem Erhitzen von Zucker derselbe Stoff vorliegt wie vor dem Erhitzen.*

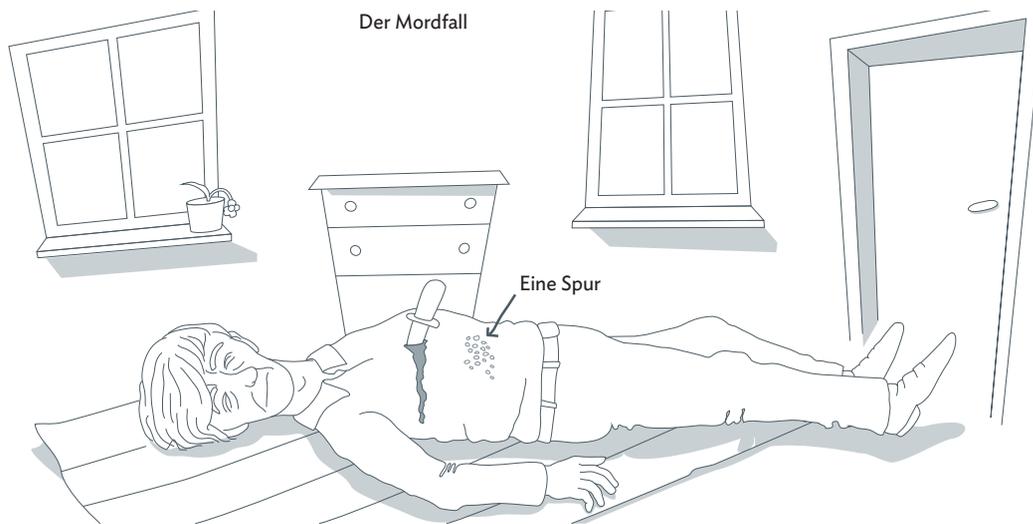
	Aussehen des Stoffes	Geruch des Stoffes
vor dem Erhitzen	weiß, kristallin	geruchlos
während des Erhitzens	hellbraun, flüssig	süßlich
nach dem Erhitzen	hellbraun, fest	nach Karamell

c) In ein Reagenzglas füllt man ca. 1 cm hoch Zucker und erhitzt mit dem Gasbrenner, bis der Inhalt des Reagenzglases hellbraun ist. Dann lässt man Inhalt und Reagenzglas abkühlen.

**C1** Ordne die folgenden Begriffe sinnvoll in die Übersicht ein: Papiertüten, Essigreiniger, Mehl, Aluminiumfolie, Haushaltschemikalien, Salz, Zucker, Geschirrspülmittel, Lebensmittel, Waschpulver, Gewürzessig, Kunststoffbeutel, Verpackungsmaterial.



Ich kann ...		prima	ganz gut	mit Hilfe	lies nach auf Seite
<b>A</b>	geeignete Geräte für einen Versuch auswählen und benennen.	5	4 - 3	2 - 1	16, 17
<b>B</b>	Versuche protokollieren.	6 - 5	4 - 3	2 - 1	22, 23
<b>C</b>	Stoffe nach bestimmten Kriterien ordnen.	5	4 - 3	2 - 1	



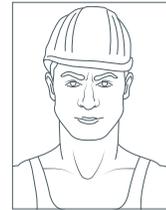
Die Verdächtigen



① Konditor



② Brauseverkäufer



③ Bauarbeiter



④ Bäckerin

## 2.1 Stoffe und Stoffeigenschaften

Ein Mord ist geschehen! Die Polizei entdeckt am Tatort eine erste Spur, auf der Kleidung des Opfers befindet sich ein weißes Pulver. Eine Probe des Pulvers (PULVER X) soll im Labor identifiziert werden. Vier Bekannte des Opfers kommen als Tatverdächtige in Frage. Alle arbeiten täglich mit einem weißen Stoff: der Konditor mit Puderzucker, der Brauseverkäufer mit Natron, der Bauarbeiter mit Gips und die Bäckerin mit Mehl. Wie lässt sich der Täter oder die Täterin überführen?

### V1 Untersuchen von Stoffen mit verschiedenen Methoden



Lässt sich das Beweismittel, das PULVER X, einer der tatverdächtigen Personen zuordnen?



05511-04

#### DURCHFÜHRUNG

- 1.1 Lade die Tabelle unter dem QR-/Mediencode herunter. Fülle sie mit den Informationen, die du in V1.2–V1.6 über die Stoffe herausfinden kannst.
- 1.2 Gib eine kleine Portion Puderzucker, Natron, Gips, Mehl bzw. PULVER X auf je ein Uhrglas. Vergleiche das Aussehen der Stoffe genau. Verwende dazu auch eine Lupe oder ein Mikroskop.
- 1.3 Nimm von den fünf Stoffen aus V1.1 jeweils eine Geruchsprobe, indem du dir den Geruch vorsichtig mit der Hand zufächerst (B1).
- 1.4 Gib jeweils eine Spatelspitze der Stoffe in je ein Reagenzglas. Untersuche die Stoffe nacheinander: Klemme dazu jeweils eines der Reagenzgläser in eine Reagenzglaslammer und erhitze den Stoff vorsichtig in der nichtleuchtenden Flamme des

Gasbrenners (vgl. FM S. 18). Beende das Erhitzen, sobald du eine Veränderung im Reagenzglas beobachtest. Führe vorsichtig eine Geruchsprobe durch.

- 1.5 Prüfe die vier ursprünglichen (nicht die erhitzten Stoffe) Stoffe und PULVER X auf ihre elektrische Leitfähigkeit (vgl. FM S. 17).
- 1.6 Gib jeweils eine Spatelspitze der ursprünglichen Stoffe in je ein Reagenzglas. Fülle dann in alle Reagenzgläser 3 cm hoch destilliertes Wasser, verschließe sie mit einem Stopfen und schüttle sie. Vergleiche die Löslichkeit der Stoffe in Wasser. Prüfe auf elektrische Leitfähigkeit (vgl. FM S. 17).



B1 Riechen im Chemielabor

**AUSWERTUNG**

a) „Stoffe lassen sich eindeutig mit den Sinnesorganen erkennen und identifizieren.“ Nimm Stellung zu dieser Aussage!

b) Begründe, ob der Kriminalfall zu lösen ist und welche der Verdächtigen für ein Geständnis ins Polizeipräsidium bestellt werden sollen.

**V2 Nachweisreaktionen**



Manche Stoffe lassen sich mit bestimmten Nachweismethoden eindeutig identifizieren.

**DURCHFÜHRUNG**

- 2.1 Fülle etwas Wasser in ein kleines Becherglas. Nimm einen Streifen Watesmopapier (0,5 bis 1 cm) und halte ihn in das Wasser.
- 2.2 Sauerstoff lässt sich mit der Glimmspanprobe nachweisen. Fülle ein Reagenzglas mit Sauerstoff und führe die Glimmspanprobe durch.

- 2.3 Prüfe deine Ausatemluft mit einem Strohhalm auf das Vorhandensein von Kohlenstoffdioxid. Achte darauf, den Strohhalm beim Einatmen abzusetzen, sodass du das Kalkwasser nicht versehentlich ansaugst.
- 2.4 Führe an einem mit Wasserstoff befüllten Reagenzglas die Knallgasprobe durch.

**AUSWERTUNG**

- a) Beschreibe deine Beobachtungen.
- b) Nenne Vorteile solcher Nachweismethoden zur Identifizierung von Stoffen.

**FM Sauerstoff nachweisen - die Glimmspanprobe**

**So geht's** Entzünde einen langen Holzspan und puste ihn wieder aus, sodass er noch glimmt. Führe ihn in ein Reagenzglas, in dem sich das zu untersuchende Gas befindet. Ist Sauerstoff im Reagenzglas vorhanden, flammt der Span wieder auf (B2).



**B2** Positiv verlaufende Glimmspanprobe

**FM Kohlenstoffdioxid nachweisen - die Kalkwasserprobe**

**So geht's** Nimm eine frisch hergestellte, gesättigte Lösung von Calciummonohydroxid (Kalkwasser) und leite das Gas vorsichtig ein. Wenn sich das

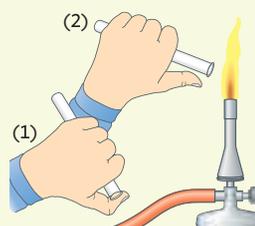


**B3** Kalkwasser vor und nach dem Einleiten von Kohlenstoffdioxid

Kalkwasser durch einen Feststoff weiß trübt, ist der Nachweis positiv: Das eingeleitete Gas ist Kohlenstoffdioxid.

**FM Wasserstoff nachweisen - die Knallgasprobe**

**So geht's** Halte das Reagenzglas, in dem sich das zu untersuchende Gas befindet, mit der Öffnung nach unten und verschließe dabei die Reagenzglasöffnung mit dem Daumen (B4, 1). Ziehe kurz vor der Flamme den Daumen weg (B4, 2) und neige gleichzeitig die Reagenzglasöffnung zur Flamme. Ist Wasserstoff im Reagenzglas vorhanden, hörst du ein Pfeifen oder Knallen: Die Knallgasprobe verläuft positiv.



**B4** Durchführen der Knallgasprobe



**B5** Stoffe im Textilladen (oben) und im Chemikalienregal (unten)

### Stoffe im Alltag und in der Chemie

Chemie ist eine Naturwissenschaft, folglich beschäftigen sich Chemiker und Chemikerinnen mit der Natur. Alle Dinge in der Natur bestehen aus Materialien, in der Chemie nennt man diese Materialien **Stoffe**. Sie untersuchen diese Stoffe und beschäftigen sich dabei mit deren Aufbau, der Umwandlung und den Eigenschaften von Stoffen.

Das Wort „Stoff“ hat in der deutschen Sprache die unterschiedlichsten Bedeutungen und wird sehr vielfältig verwendet. Man verwendet es z. B. für Unterrichtsinhalte, als Abkürzung für Kraftstoff, als umgangssprachliche Bezeichnung für Drogen und in der Alltagssprache für Gewebe (**B5** oben). In unserer Umgebung und in der Natur gibt es unzählige verschiedene Stoffe. Auch im Chemielabor gibt es viele unterschiedliche Stoffe (**B5** unten). Man nennt sie auch Chemikalien. Es ist wichtig, dass man die Stoffe in einer Chemikaliensammlung erkennen und eindeutig voneinander unterscheiden kann.

### Stofferkennung mit den Sinnesorganen

Bunte Stoffe lassen sich oft ganz leicht anhand ihrer **Farbe** unterscheiden. Die Farbe eines Stoffes kann sich aber auch ändern: Betrachtet man zum Beispiel nur ein paar Körnchen eines Pulvers, erscheint deren Farbe ganz anders, als wenn man eine Handvoll desselben Pulvers betrachtet.

Viele Stoffe im Alltag oder in einer Chemikaliensammlung sind weiß. Auf den ersten Blick kann man diese leicht verwechseln (**V1**). Bei genauerer Betrachtung, z. B. mit einer Lupe, erkennt man vielleicht eine glänzende oder eine matte **Oberfläche**. Auch die **Kristallform** kann verschieden sein, wie bei Kochsalz und Puderzucker (**V1, B6**).



**B6** Mikroskopische Aufnahmen von Puderzuckerkristallen (links) und Kochsalzkristallen (rechts)

In der Küche könnte man Mehl, Salz und Zucker anhand des **Geschmacks** unterscheiden. Im Chemieunterricht sind Geschmacksproben verboten, da viele Chemikalien gesundheitsschädigend sind. Geruchsproben sind erlaubt, wenn man sich den **Geruch** vorsichtig mit der Hand zufächelt.

Auch wenn sich viele Stoffe mit den Sinnesorganen unterscheiden lassen, kann das Aussehen täuschen: Puderzucker und Haushaltszucker sehen unterschiedlich aus, es handelt sich aber um denselben Stoff. Puderzucker ist nichts anderes als fein gemahlener Haushaltszucker.

## Stofferkennung mit chemischen Untersuchungen

Es gibt viele Stoffe, die man auch bei genauer Betrachtung nicht mit den Sinnesorganen unterscheiden kann. Mit geeigneten Hilfsmitteln lassen sich weitere Eigenschaften bestimmen, die zur Identifizierung eines Stoffes herangezogen werden können.

**Die Löslichkeit:** Gibt man Puderzucker in Wasser, entsteht eine klare Flüssigkeit, eine Lösung (V1). Puderzucker löst sich also gut in Wasser. Auch Natron löst sich in Wasser, allerdings nur zu einem sehr geringen Teil. Mehl ist in Wasser nahezu unlöslich. Ein Gemisch aus Mehl und Wasser bleibt trüb. Die Löslichkeit von Stoffen kann in verschiedenen Lösemitteln ganz unterschiedlich sein. Stoffe können z. B. schlecht in Wasser, dafür aber gut in Öl löslich sein.

**Die Schmelz- und die Siedetemperatur:** Manche Stoffe liegen bei Raumtemperatur fest vor, andere flüssig oder gasförmig. Die Temperatur, bei der ein fester Stoff flüssig oder ein flüssiger Stoff fest wird, nennt man Schmelztemperatur (B7). Die Temperatur, bei der ein flüssiger Stoff gasförmig oder ein gasförmiger Stoff flüssig wird, nennt man Siedetemperatur. Diese Temperaturen sind jeweils charakteristisch für einen Stoff (vgl. Info).

**Die Dichte:** Wirft man einen Stein in Wasser, geht dieser unter. Ein Stück Styropor schwimmt an der Wasseroberfläche. Gegenstände, die gleich groß sind, können unterschiedlich schwer sein, sie haben unterschiedliche Dichten. Ein Stein ist schwerer als ein gleich großes Stück Styropor. Styropor hat somit eine geringe Dichte, während der Stein eine hohe Dichte hat.

**Die elektrische Leitfähigkeit:** Metalle und einige weitere Stoffe, z. B. Graphit, leiten den elektrischen Strom. Viele Kunststoffe oder Glas sind dagegen nicht elektrisch leitfähig und werden daher als Isolatoren bezeichnet. Kochsalz und Natron sind als Feststoffe Isolatoren, in Wasser gelöst sind sie dagegen elektrisch leitfähig. Haushaltszucker leitet den elektrischen Strom weder als Feststoff noch als wässrige Lösung (V1).

Wichtige Stoffeigenschaften sind die Löslichkeit, die Schmelztemperatur, die Siedetemperatur, die Dichte und die elektrische Leitfähigkeit.

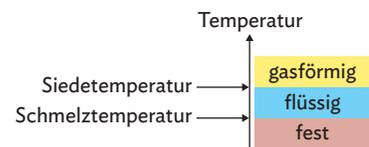
Einige Stoffe lassen sich zudem mithilfe einfacher **Nachweismethoden** eindeutig identifizieren. Für die drei Gase Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid gibt es spezifische Gasnachweise, Wasser lässt sich mit der Blaufärbung von Watesmo-Papier nachweisen (V2).

### AUFGABEN

- A1** Erstelle eine Mindmap zum Thema „Stoffeigenschaft und Möglichkeiten der Untersuchung von Stoffen“.
- A2** Erstelle je einen Steckbrief zu den Stoffen Mehl, Haushaltszucker, Kochsalz und Natron.
- A3** Plane jeweils einen Versuch, um folgende Stoffe eindeutig voneinander zu unterscheiden. Gib die zu ermittelnde Stoffeigenschaft und das Versuchsergebnis an: a) Wasser und Benzin, b) Wachs und Butter, c) Glasnagel und Eisennagel.

### Info

Stoffe können abhängig von ihrer Temperatur verschiedene Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) einnehmen. Der Aggregatzustand ist somit zur Identifizierung eines Stoffes nicht gut geeignet. Die Schmelz- und Siedetemperatur sind dagegen unveränderlich. Mit geeigneten Hilfsmitteln lassen sich hierfür genaue Werte ermitteln, die charakteristisch für einen Stoff sind.



**B7** Schmelz- und Siedetemperatur

### Info

Es gibt noch sehr viele weitere Stoffeigenschaften, die man zur Identifizierung eines Stoffes heranziehen kann, z. B. die Brennbarkeit (Verhalten bei Erhitzen), der Magnetismus (manche Metalle werden von einem Magneten angezogen) und die Härte (der Widerstand eines Stoffes gegen das Ritzen der Oberfläche).

### FACHBEGRIFFE

Stoffe, Farbe, Oberfläche, Kristallform, Geschmack, Geruch, Stoffeigenschaft, Löslichkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Dichte, elektrische Leitfähigkeit, Nachweismethode



## 2.2 Das Teilchenmodell

Tee ist aus dem Alltag vieler Menschen nicht mehr wegzudenken. Ob Schwarztee, Fencheltee oder Früchtetee – die meisten Teesorten gießt man mit kochendem Wasser auf und viele genießen ihn mit etwas Zucker darin.

Warum brodelt und dampft das Wasser beim Kochen? Und was passiert eigentlich mit dem Zucker, der nach dem Umrühren im Teewasser gar nicht mehr zu sehen ist?

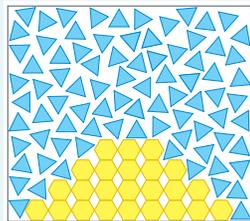
### V1 Lösen von Zucker in Wasser



Gibt man etwas Zucker in Wasser, ist er nach einiger Zeit nicht mehr zu sehen. Kann man nachweisen, dass der Zucker noch vorhanden ist?

#### DURCHFÜHRUNG

Fülle 100 mL Wasser in einen 100-mL-Messzylinder und bestimme die Gesamtmasse mit einer Waage (vgl. FM S. 16). Wiege nun auf einem Filterpapier genau 5 g Haushaltszucker ab und gib diesen zu dem Wasser im Messzylinder. Setze einen Stopfen auf den Zylinder und schüttle, bis kein Zucker mehr zu sehen ist. Entferne den Stopfen und bestimme erneut die Gesamtmasse.



**B1** Zucker-Teilchen (gelb) und Wasser-Teilchen (blau)

#### AUSWERTUNG

- Notiere deine Beobachtungen und die Messergebnisse vor und nach Zugabe des Zuckers.
- Vergleiche deine Ergebnisse mit denen deiner Mitschülerinnen und Mitschüler und diskutiere über die Ursachen möglicher Abweichungen.
- Formuliere einen scheinbaren Widerspruch zwischen deinen Beobachtungen und den Messergebnissen.
- Um die Beobachtungen erklären zu können, stellst man sich vor, dass Stoffe aus vielen kleinen Teilchen aufgebaut sind. **B1** zeigt modellhaft auf dieser Teilchenebene ein Stück Zucker, das gerade in Wasser gegeben wurde. Erstelle eine Skizze auf Teilchenebene, die die Stoffe nach dem Lösevorgang zeigt.
- Kläre den scheinbaren Widerspruch aus **c)** mithilfe der Skizzen auf Teilchenebene auf.

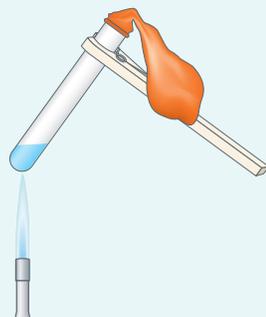
**V2 Modellversuch zum Wasserkocher**



Erhitzt man Wasser in einem Wasserkocher, kann man nach kurzer Zeit ein Rauschen hören und der Wasserkocher beginnt leicht zu wackeln. Warum ist das so?

**DURCHFÜHRUNG**

Fülle ein Reagenzglas etwa 1 cm hoch mit Wasser. Blase einen Luftballon auf, lasse die Luft heraus und verschließe das Reagenzglas mit dem Ballon (B2). Erhitze das Reagenzglas vorsichtig mit dem Gasbrenner (vgl. FM S. 19) und lasse es anschließend wieder abkühlen.



**B2** Versuchsaufbau zu V2

**AUSWERTUNG**

- a) Beschreibe deine Beobachtungen im Reagenzglas und am Luftballon.
- b) Erkläre deine Beobachtung am Luftballon. Vergleiche dazu die Aggregatzustände flüssig und gasförmig.
- c) Erkläre anhand der Beobachtungen das Wackeln eines Wasserkochers beim Kochvorgang.

**LV3 Sublimation von Iod**



Iod liegt bei Raumtemperatur als grauer, glänzender Feststoff vor. Beim Erhitzen entwickeln sich lilafarbene Dämpfe.

**DURCHFÜHRUNG**

Einige Körnchen Iod werden in ein Reagenzglas gegeben. Durch ein Teelicht werden diese vorsichtig erwärmt. Ein dünneres, mit Eis gefülltes Reagenzglas wird in das Reagenzglas mit den Iodkörnchen gehalten.

*Hinweis:* Der Versuch kann auch in einem Becherglas und einem daraufgelegten Uhrglas durchgeführt

werden. Der Eiswürfel wird dann auf das Uhrglas gelegt. Ein Video dazu gibt es unter dem QR-/Mediencode.

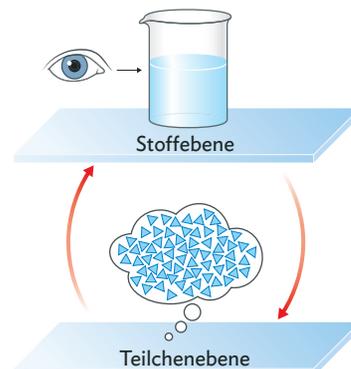


**AUSWERTUNG**

- a) Zeichne eine Bilderfolge, die deine Beobachtungen wiedergibt.
- b) Skizziere nun, wie du dir die Vorgänge auf der Teilchenebene (siehe auch V1 d)) vorstellst.
- c) Beschrifte deine Abbildungen aus a) und b) mit den passenden Aggregatzuständen.

**Chemische Modelle**

Viele Beobachtungen, die man beim Experimentieren oder in der Natur macht, kann man sich nicht gleich erklären. Was passiert beispielsweise mit einem Stück Zucker, das man in Wasser löst? Verschwindet es einfach? In der Chemie wird zur Erklärung von Phänomenen häufig das sogenannte Stoff-Teilchen-Konzept verwendet (B3): Auf der **Stoffebene** werden die sichtbaren Eigenschaften eines Stoffes beschrieben. Um diese zu erklären, begibt man sich auf die **Teilchenebene** und damit in die Welt der Modelle (vgl. Gegenstandsbereiche der Chemie S. 238). Chemische Modelle sind Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe, die Chemiker und Chemikerinnen aufgrund von Experimenten entwickelt haben. Sie bilden die Wirklichkeit nie vollständig ab, helfen aber, Dinge und Prozesse zu veranschaulichen und zu erklären. Um Beobachtungen wie das scheinbare Verschwinden von Zucker beim Lösen in Wasser zu erklären, eignet sich das sogenannte **Teilchenmodell**. In diesem stellt man sich vor, dass alle Stoffe aus unzähligen kleinen, für das menschliche Auge unsichtbaren Teilchen aufgebaut sind.

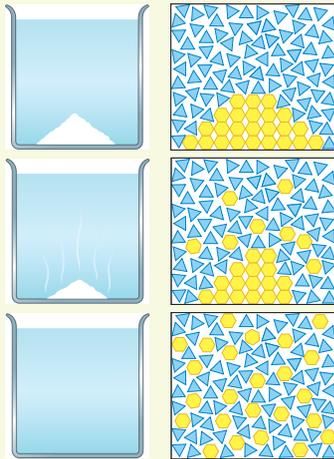


**B3** Stoff-Teilchen-Konzept



Versuchsbeobachtungen finden auf der Stoffebene statt. Um die Beobachtungen zu verstehen und zu erklären, verwendet man Modelle, z. B. das Teilchenmodell.

### So geht's



**B4** Lösevorgang von Zucker in Wasser auf der Stoffebene (links) und auf der Teilchenebene (rechts)

1. Notiere deine Beobachtungen auf der Stoffebene und formuliere eine Fragestellung, die sich aus den Beobachtungen ergibt.

*Löst man Haushaltszucker in Wasser, ist er nicht mehr zu sehen. Die unterschiedliche Masse vor und nach Zugabe des Zuckers (V1) bestätigt aber, dass dieser noch vorhanden ist. Was passiert mit dem Zucker beim Lösen in Wasser?*

2. Verlasse die Stoffebene und entwickle eine Modellvorstellung auf der Teilchenebene.

*Zuckerwasser besteht, wie der Name schon sagt, aus mindestens zwei unterschiedlichen Stoffen: Zucker und Wasser. In Zuckerwasser sind also Zucker- und Wasser-Teilchen enthalten. Sie werden durch unterschiedliche Symbole dargestellt. Beim Lösevorgang verteilen sich die Zucker-Teilchen zwischen den Wasser-Teilchen (B4).*

3. Erkläre die Beobachtungen auf der Stoffebene mit dem Wissen über die Vorgänge auf der Teilchenebene.

*Die Zucker-Teilchen sind so klein, dass man sie einzeln und fein verteilt zwischen den Wasser-Teilchen nicht sehen kann. Die Anzahl der Zucker-Teilchen ändert sich aber nicht. Man kann den Zucker daher über das Gewicht nachweisen.*

### Aussagen des Teilchenmodells

Für das Teilchenmodell gelten folgende Annahmen:

1. Alle Stoffe bestehen aus kleinsten Teilchen und zwischen den Teilchen ist Nichts (leerer Raum).
2. Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden sich in Größe, Masse und Form. Sie werden durch unterschiedliche Symbole, z. B. Dreiecke, Rechtecke oder Sechsecke, dargestellt (B4).
3. Zwischen den Teilchen gibt es Anziehungskräfte, die bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sind.
4. Alle Teilchen sind ständig in Bewegung. Je nach Temperatur bewegen sie sich unterschiedlich schnell.

### Aggregatzustandsänderungen auf der Stoffebene

Wasser liegt bei Raumtemperatur als Flüssigkeit vor. Erhitzt man es, wird Energie in Form von Wärme zugeführt. Bei seiner Siedetemperatur von 100 °C geht das Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über, d. h. es **verdampft** (B5). Im Wasserkocher bewirken die vom Boden aufsteigenden Gasblasen das Rütteln und Rauschen des Kochers. Wird ein bestimmtes Volumen flüssigen Wassers verdampft, nimmt es im gasförmigen Zustand ein Vielfaches des Ursprungsvolumens ein (V2).

Am Deckel des Wasserkochers bildet sich wieder flüssiges Wasser. Der Wasserdampf ist aufgrund der niedrigeren Temperatur des Deckels **kondensiert**. Das Volumen ist auf das Ursprungsvolumen zurückgekehrt.

### Info

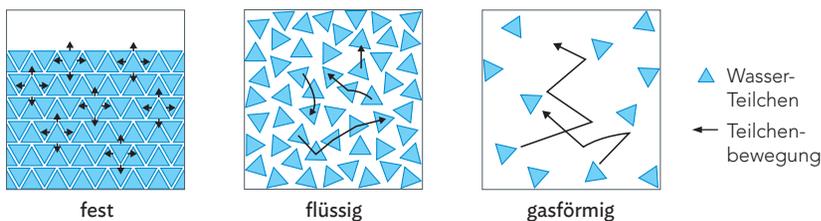
Geht ein Stoff unterhalb seiner Siedetemperatur vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über, spricht man von Verdunstung.

Beim Herstellen von Eiswürfeln im Gefrierfach wird dem flüssigen Wasser Energie entzogen. Das Wasser **erstarrt** zu einem Feststoff. Lässt man die Eiswürfel im warmen Raum stehen, **schmelzen** sie und werden wieder zu flüssigem Wasser. Die Schmelztemperatur von Wasser liegt bei 0 °C

Unter bestimmten Temperatur- und Druckverhältnissen kann der flüssige Aggregatzustand übersprungen werden. Den Übergang von fest nach gasförmig bezeichnet man als **sublimieren**, den von gasförmig nach fest als **resublimieren**.

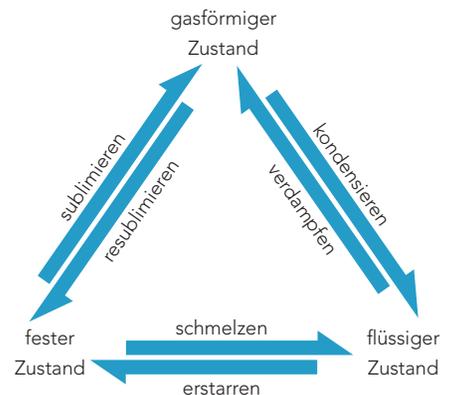
### Aggregatzustände auf der Teilchenebene

Eine bestimmte Menge einer Flüssigkeit nimmt ein viel kleineres Volumen ein, als dieselbe Menge im gasförmigen Zustand einnimmt (**V2**). Mithilfe des Teilchenmodells lässt sich das erklären (**B6**): Im festen Zustand liegen die Teilchen eng, meist geordnet aneinander. Erhöht sich die Temperatur, nehmen die Teilchen die Energie in Form von Wärme auf und bewegen sich dadurch schneller. Da sie nun öfter aneinander stoßen, erhöht sich der Abstand zwischen den einzelnen Teilchen und die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen werden überwunden. Die Teilchen verteilen sich dadurch immer weiter, sodass sie schließlich im gasförmigen Zustand ein viel größeres Volumen einnehmen als im flüssigen oder im festen Zustand.



**B6** Aggregatzustände auf der Teilchenebene

Bei Erhöhung der Temperatur nimmt die Geschwindigkeit der Teilchen zu, die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen werden überwunden und die Abstände werden größer.



**B5** Aggregatzustände auf der Stoffebene und Aggregatzustandsänderungen

### AUFGABEN

- ✦ **A1** Beschreibe den Vorgang beim Wasserkochen auf der Stoffebene und skizziere ihn auf der Teilchenebene.
- A2** Wird ein Löffel über kochendes Wasser gehalten, bilden sich am Löffel kleine Wassertröpfchen. Erkläre diese Beobachtung auf der Teilchenebene und gehe dabei wie in der Fachmethode S. 32 vor.
- A3** Begründe die Notwendigkeit von zwei Betrachtungsebenen in der Chemie: der Stoffebene und der Teilchenebene.
- ✦ **A4** Modelle wurden im Laufe der Zeit immer weiterentwickelt. So gibt es heute verschiedene Modelle zum Aufbau von Stoffen, mit denen unterschiedliche Beobachtungen erklärt werden können. Einige der Modelle wirst du im Laufe des Schuljahres kennenlernen. Erstelle ein Portfolio zu den Modellen und beginne mit dem Teilchenmodell. (Anleitung zum Erstellen eines Portfolios unter QR-/Mediencode.)



0 5 5 1 1 - 0 6

### FACHBEGRIFFE

Stoffebene, Teilchenebene, Teilchenmodell, Aggregatzustand, verdampfen, kondensieren, erstarren, schmelzen, sublimieren, resublimieren



## 2.3 Reinstoffe und Stoffgemische

Die meisten Stoffe, die uns im Alltag begegnen, sind Gemische aus mehreren Stoffen. Bei Müsli oder Vollkornbrot kann man das auf den ersten Blick erkennen. Bei anderen Gemischen wie Milch und Honig muss man genauer hinsehen. Woran kann man eindeutig erkennen, ob es sich um ein Gemisch aus mehreren Stoffen handelt oder nicht?

### V1 Cola - Reinstoff oder Stoffgemisch?



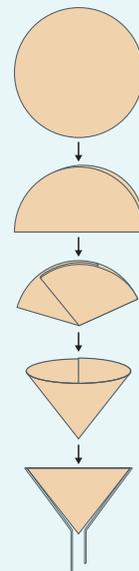
Jeder weiß, dass Cola viel Zucker enthält. Es muss sich also um ein Stoffgemisch handeln - auch wenn man die einzelnen Bestandteile nicht gleich sehen kann.

#### DURCHFÜHRUNG

- 1.1 Gib etwa 50 mL Cola in eine Abdampfschale und stelle die Abdampfschale auf einen Dreifuß mit Drahtnetz. Erhitze vorsichtig mit einem Gasbrenner, bis die Flüssigkeit gerade vollständig verdampft ist (vgl. FM Eindampfen, S. 19).
- 1.2 Gib 50 mL Cola in ein 100-mL-Becherglas und füge 3 Spatellöffel voll Aktivkohle hinzu. Koche das Gemisch und rühre alle zwei Minuten gründlich um (vgl. FM Erhitzen im Becherglas, S. 19). Trenne die festen Bestandteile nach 10 Minuten mit einem Filter (B1) ab und fange die Flüssigkeit auf. Wiederhole den Vorgang bei Bedarf mit frischer Aktivkohle, bis die Flüssigkeit farblos geworden ist.

#### AUSWERTUNG

- a) Beschreibe Geruch und Aussehen des Rückstands bei V1.1. Stelle eine Vermutung auf, ob es sich bei dem Rückstand um einen oder um mehrere Stoffe handelt. Nenne den Stoff / die Stoffe.
- b) Notiere deine Beobachtungen bei V1.2. Vergleiche sie mit deiner Vermutung aus a) und beziehe Stellung zu deiner Vermutung.
- c) Cola ist ein Stoffgemisch. Begründe diese Aussage.



B1 Falten eines Filterpapiers

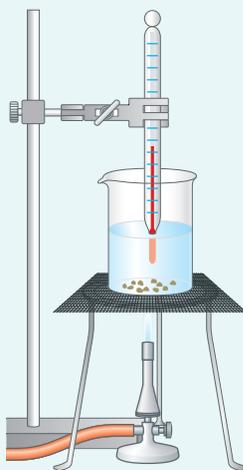
**V2 Temperaturkurve von Wasser und Salzwasser**



Reinstoffe sind durch charakteristische Stoffeigenschaften gekennzeichnet. Gilt das auch für Stoffgemische?

**DURCHFÜHRUNG**

Fülle ein 100-mL-Becherglas zur Hälfte mit destilliertem Wasser und gib ein paar Siedesteinchen hinzu. Befestige ein Thermometer so, dass es in die Flüssigkeit eintaucht, aber nicht den Boden berührt. Erhitze das Wasser mit dem Gasbrenner und notiere alle 30 Sekunden die Wassertemperatur, bis sich die Temperatur 2 Minuten lang nicht ändert.



**B2** Versuchsaufbau zu V2

**AUSWERTUNG**

- a) Stelle die Messwerte in einem Diagramm dar (vgl. FM unten) und beschreibe den Verlauf der Temperaturkurve.
- b) Ermittle anhand der Temperaturkurve die Siedetemperatur von Wasser.  
*Hinweis:* Ist die Siedetemperatur erreicht, findet trotz weiterer Wärmezufuhr keine Temperaturerhöhung mehr statt, bis der Stoff vollständig verdampft ist.
- c) Vergleiche die Temperaturkurve von Wasser mit der Temperaturkurve einer wässrigen Kochsalzlösung (B4).
- d) Aus der Temperaturkurve der Kochsalzlösung lässt sich keine exakte Siedetemperatur ablesen. Finde eine Erklärung dafür.

**FM Ein Diagramm erstellen**

**So geht's** Mit einem Liniendiagramm lassen sich Messwerte veranschaulichen. Übertrage die Messwerte aus B3 in ein Liniendiagramm.

- 1. Erstelle ein Koordinatensystem und trage die festgelegte Größe an der x-Achse, die zu messende Größe an der y-Achse auf.

*x-Achse: Zeit in Minuten, y-Achse: Temperatur in °C*

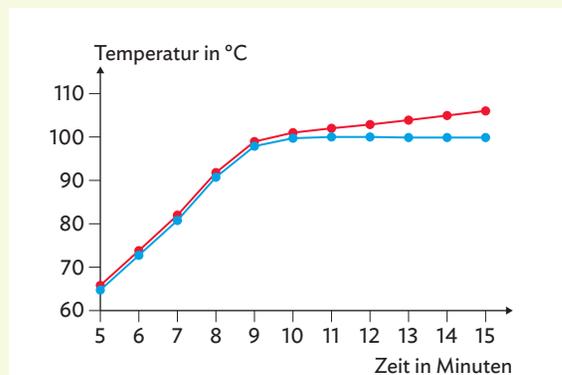
- 2. Wähle einen geeigneten Maßstab für die Einteilung der Achsen.

*Zwischen 5 und 15 Minuten wurde jede Minute ein Messwert notiert. Diese Einteilung bietet sich für die x-Achse an. Die gemessenen Temperaturwerte befinden sich zwischen ca. 60 °C und 110 °C. Die y-Achse sollte diesen Bereich abdecken.*

- 3. Trage die Messwerte als Punkte ein.

*Die zwei Messreihen sollten durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet werden. Eine Legende (vgl. Bildunterschrift B4) gibt an, welche Farbe zu welcher Messreihe gehört.*

- 4. Verbinde die Punkte jeweils zu einer Kurve.



**B4** Temperaturkurven von Wasser (blau) und von einer Kochsalzlösung (rot)

Zeit in Minuten	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Temperatur Wasser in °C	65	73	81	91	98	100	100	100	100	100	100
Temperatur Kochsalzlösung in °C	66	74	82	92	99	101	102	103	104	105	106

**B3** Messdaten



V3

## Apfelsaft – klar oder trüb?



Worin unterscheiden sich klarer und trüber Apfelsaft?

### DURCHFÜHRUNG

- 3.1 Fülle in je ein Reagenzglas ca. 3 cm hoch klaren bzw. trüben Apfelsaft. Halte die Reagenzgläser nacheinander in den Lichtstrahl einer Taschenlampe.
- 3.2 Gib jeweils einen Tropfen von klarem bzw. trübem Apfelsaft auf einen Objektträger und betrachte diese unter einem Mikroskop.
- 3.3 Filtriere jeweils die gleiche Menge von klarem und trübem Apfelsaft.

### AUSWERTUNG

- a) Beschreibe und vergleiche die Beobachtungen bei den Versuchen mit klarem bzw. trübem Apfelsaft. Notiere alle Unterschiede in einer Tabelle.



B5 Klarer und trüber Apfelsaft



B6 Brühepulver – ein Stoffgemisch

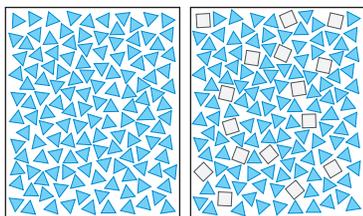
## Stoffe im Alltag – meist Gemische, selten rein

Die meisten Alltagsprodukte bestehen aus mehreren Bestandteilen. Im Müsli oder Gemüsebrühepulver sieht man das sofort (B6). Aber auch Cola enthält mehrere Stoffe, u. a. Wasser, Zucker und Farbstoffe (V1). Diese einzelnen Bestandteile nennt man **Reinstoffe**. Eine Mischung mehrerer Reinstoffe ist ein **Stoffgemisch**.

### Unterscheidung von Reinstoffen und Stoffgemischen

Reinstoffe haben konstante, unveränderbare Stoffeigenschaften. Beispielsweise siedet reines Wasser bei 100 °C. Löst man jedoch Kochsalz in Wasser, nimmt die Siedetemperatur mit steigendem Salzgehalt zu (V2). Grund dafür ist, dass beim Kochen ständig Wasser verdampft, das Salz jedoch zurück bleibt. Somit nimmt die Salzkonzentration stetig zu und die Siedetemperatur steigt immer weiter an (B4). Während sich Reinstoffe durch **konstante Stoffeigenschaften** auszeichnen, haben Stoffgemische also **veränderbare Stoffeigenschaften**.

Auf der Teilchenebene lassen sich Reinstoffe ganz einfach von Stoffgemischen unterscheiden: Reinstoffe bestehen aus einer Teilchensorte, während Stoffgemische aus mindestens zwei Teilchensorten bestehen, nämlich denen der einzelnen Reinstoffe im Stoffgemisch (B7).



B7 Reinstoff (links) und Stoffgemisch (rechts) im Teilchenmodell

Reinstoffe sind durch konstante Stoffeigenschaften gekennzeichnet und bestehen aus nur einer Teilchensorte. Stoffgemische haben veränderbare Stoffeigenschaften und bestehen aus verschiedenen Teilchensorten.

### Homogene und heterogene Stoffgemische

Vergleicht man klaren mit trübem Apfelsaft, kann man bereits mit bloßem Auge feststellen, dass trüber Apfelsaft uneinheitlich aussieht (**V3**). Es handelt sich um ein **heterogenes** (uneinheitliches) Stoffgemisch mit festen Bestandteilen. Mit dem Mikroskop lassen sich diese noch besser erkennen (**B8**). Lässt man trübem Apfelsaft längere Zeit stehen, setzen sich die festen Bestandteile am Flaschenboden ab. Das „Absetzen“ kann man mit einer Zentrifuge beschleunigen.

In klarem Apfelsaft sind die verschiedenen Bestandteile so fein verteilt, dass man sie selbst mit dem Mikroskop nicht mehr erkennen kann. Es handelt sich um ein **homogenes** (einheitliches) Stoffgemisch.



**B8** Mikroskopisches Bild von naturtrübem Apfelsaft

Bei heterogenen Stoffgemischen sind die einzelnen Bestandteile mit dem Auge oder dem Mikroskop unterscheidbar, bei homogenen Stoffgemischen sind sie auf Stoffebene nicht unterscheidbar.

Auch auf Teilchenebene lassen sich homogene von heterogenen Stoffgemischen unterscheiden. In homogenen Stoffgemischen sind die verschiedenen Teilchen der Bestandteile fein verteilt (**B9** oben), in heterogenen Stoffgemischen befinden sich die Teilchen einer Sorte teilweise eng beieinander (**B9** unten).

Beispiele für homogene Stoffgemische					
... aus festen Stoffen: Messing (eine Legierung)		... aus festen und flüssigen Stoffen: stilles Mineralwasser (eine Lösung)		... aus gasförmigen Stoffen: Luft (ein Gasgemisch)	
Beispiele für heterogene Stoffgemische					
... aus festen Stoffen: Müsli (ein Gemenge)		... aus flüssigen und festen Stoffen: Orangensaft (eine Suspension)		... aus festen und gasförmigen Stoffen: Autoabgase (Rauch)	

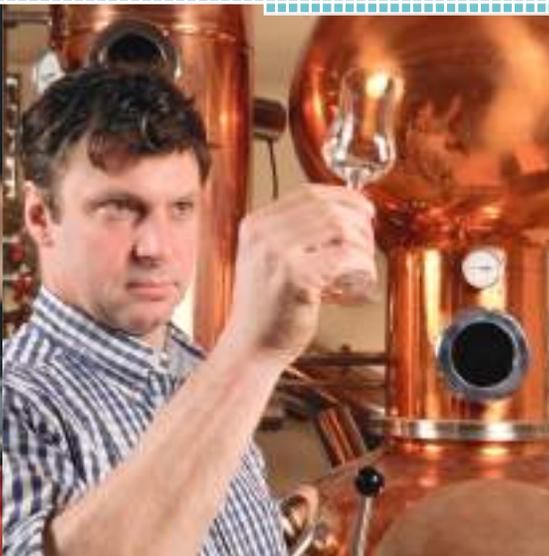
**B9** Homogene und heterogene Stoffgemische auf Teilchenebene und auf Stoffebene

#### AUFGABEN

- A1** Begründe jeweils, ob es sich um Reinstoffe oder Stoffgemische handelt: a) Brausepulver, b) Eisen, c) Essig, d) Sauerstoff, e) Mineralwasser.
- A2** Ordne den nachfolgenden Stoffgemischen jeweils begründet den entsprechenden Fachbegriff homogen bzw. heterogen zu: a) Tee, b) Zuckerwasser, c) Cola, d) Nebel.

#### FACHBEGRIFFE

Reinstoffe, Stoffgemisch, konstante Stoffeigenschaften, veränderbare Stoffeigenschaften, heterogen, homogen



## 2.4 Stoffgemische trennen

Aus Kaffeepulver kann man schnell eine frische Tasse Kaffee zubereiten. Beim Schnapsbrennen wird z. B. aus Wein Weinbrand hergestellt. Natürliche Lebensmittelfarbstoffe werden häufig aus Pflanzen gewonnen. In allen Fällen wird jeweils ein bestimmtes Verfahren eingesetzt, um verschiedene Stoffe voneinander zu trennen. Welche Trennverfahren gibt es und welche Stoffeigenschaften macht man sich dabei zunutze?

### V1 Farbstoffe aus Karotten



Karotten sind auffällig orange gefärbt, da sie Farbstoffe, vor allem sogenannte Carotine, enthalten. Wie lassen sich die Farbstoffe aus den Karotten gewinnen?

#### DURCHFÜHRUNG

Überlege, wie du mit den Karotten als Ausgangsmaterial eine Lösung von Carotinen erhalten kannst. Bedenke dabei, dass der Farbstoff in den Pflanzenzellen eingeschlossen ist. Stelle eine Liste mit den benötigten Laborgeräten auf und bespreche das Vorgehen mit deiner Lehrkraft.

Du benötigst unter anderem folgende Laborgeräte:



Folgende Chemikalien stehen zur Verfügung:  
Wasser, Distelöl.

#### AUSWERTUNG

- Protokolliere alle Teilschritte in der richtigen Reihenfolge, die zur Gewinnung von Carotinen aus Karotten notwendig sind.
- Leite aus deinen Experimenten eine Aussage zur Löslichkeit der Carotine in Wasser und Distelöl ab. Führe, falls nötig, noch ein ergänzendes Experiment durch.
- Orangenlimonade enthält den gelben Farbstoff  $\oplus$  Betacarotin. Plane ein Experiment zur Entfärbung der Limonade und führe es durch.

**V2 Schnapsbrennen im Miniaturformat**



Rotwein enthält neben gelösten Stoffen, wie z. B. Weinsäure, als Hauptbestandteil Wasser und als Nebenbestandteil Trinkalkohol (Ethanol). Wie lassen sich die Stoffe trennen?

**DURCHFÜHRUNG**

Baue eine einfache Destillationsapparatur auf (B1). Eine Bauanleitung findest du unter dem QR-/Mediencode. Gib ca. 3 mL Rotwein und zwei Siedesteinchen in die linke Ampullenflasche. Erhitze vorsichtig mit einem Teelicht bis zum Sieden. Beende den Vorgang, sobald sich ca. 0,5 mL Flüssigkeit in der rechten Ampullenflasche angesammelt haben.



05511-07

**AUSWERTUNG**

- a) Prüfe anhand des Geruchs und der Brennbarkeit, ob es sich bei der Flüssigkeit in der rechten Ampullenflasche um Wasser oder Ethanol (Trinkalkohol) handelt.
- b) Rotwein besteht, vereinfacht betrachtet, aus den Reinstoffen Wasser und Ethanol. Skizziere das Stoffgemisch auf Teilchenebene.

- c) Skizziere den Inhalt der kleinen rechten Ampullenflasche auf Teilchenebene. Vergleiche die Skizze mit der aus b) und begründe Unterschiede.
- d) Begründe, welche Beobachtungen man bei weiterem Erhitzen machen könnte.



**B1** Einfache Destillationsapparatur

**V3 Mülltrennung**



In Deutschland fallen in Gewerbe, Industrie und Haushalten jährlich viele Millionen Tonnen Müll an. Diese Abfälle können häufig wiederverwertet und in den wirtschaftlichen Kreislauf zurückgeführt werden – vorausgesetzt, die unterschiedlichen Abfallsorten werden umweltgerecht sortiert und getrennt.

**DURCHFÜHRUNG**

Plane einen Versuch, um ein Abfallgemisch aus Sägespänen, Eisenspänen, Ethanol (Trinkalkohol) und Wasser in die Bestandteile aufzutrennen. Gehe dabei wie in der nebenstehenden FM beschrieben vor. Führe den Versuch nach Rücksprache mit der Lehrperson durch.

**AUSWERTUNG**

- a) Erstelle ein vollständiges Versuchsprotokoll (vgl. FM S. 22).
- b) Stelle die verwendeten Trennmethode und die jeweils ausgenutzten Stoffeigenschaften in einer Tabelle gegenüber.

**FM Ein Experiment planen**

**So geht's**

1. Überlege dir das Ziel des Experiments.  
*Ein Stoffgemisch soll getrennt werden.*
2. Überlege, welche Voraussetzungen und welches Vorwissen gegeben sind.  
*Benenne jeweils die Stoffeigenschaft, die du bei den einzelnen Trennschritten ausnutzen kannst.*
3. Plane dein experimentelles Vorgehen zur Trennung des Abfallgemisches.  
*Lege den Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte fest. Durchdenke den Versuchsaufbau und die Durchführung anhand einer Versuchsskizze. Erstelle eine Liste mit den benötigten Materialien und Stoffen.*
4. Führe eine Gefahrstoffprüfung durch und beachte die Sicherheitsregeln (vgl. FM S. 14).
5. Regele die Entsorgung der verwendeten Stoffe (vgl. FM S. 15).



### Die Stoffeigenschaften der Reinstoffe ausnutzen

Die verschiedenen Reinstoffe in einem Stoffgemisch unterscheiden sich in ihren Stoffeigenschaften. Diese Unterschiede macht man sich zunutze, um ein Stoffgemisch zu trennen. Welches **Trennverfahren** sich eignet, hängt also von den Stoffeigenschaften der Reinstoffe in einem Stoffgemisch ab.

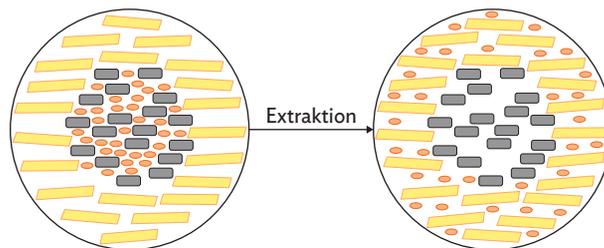
Stoffgemische können aufgrund unterschiedlicher Stoffeigenschaften der Reinstoffe mithilfe geeigneter Verfahren getrennt werden.

### Die Extraktion

Bei der **Extraktion** nutzt man die unterschiedliche Löslichkeit von Stoffen in einem bestimmten Lösemittel wie Wasser oder Öl aus. So lassen sich beispielsweise die Farbstoffe aus Karotten abtrennen.

Die Farbstoffe sind in den Zellen der Karotten. Um an sie zu gelangen, muss man die Zellen daher zunächst z. B. durch Zerreiben der Karotten aufbrechen (V1). Anschließend können die Karotten-Farbstoffe, die Carotine, aus dem Stoffgemisch, dem Karottenbrei, herausgelöst werden. Dazu verwendet man ein Lösemittel, in dem die Farbstoffe gut löslich und die restlichen Bestandteile der Karotten unlöslich sind. Als sogenanntes **Extraktionsmittel** eignet sich hier z. B. Distelöl. Für das Trennverfahren der Extraktion nutzt man also die Stoffeigenschaft Löslichkeit.

-  Öl-Teilchen
-  unlösliche Zellwand-Teilchen
-  Carotin-Teilchen

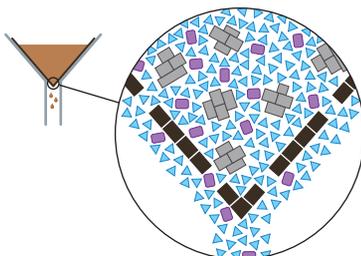


**B2** Extraktion im Teilchenmodell

### Die Filtration

Auch beim Kaffeekochen findet zunächst eine Extraktion statt. Beim Übergießen des Kaffeepulvers mit kochendem Wasser lösen sich die Farb-, Aroma- und Geschmacksstoffe in dem Wasser, sie werden aus dem Kaffeepulver extrahiert. Die pflanzlichen Bestandteile sind hingegen wasserunlöslich. Sie können mithilfe eines Kaffeefilters abgetrennt werden. Dieses Trennverfahren nennt man **Filtration**. Als **Filtrat** erhält man den trinkfertigen Kaffee.

Beim Filtrieren nutzt man die unterschiedlichen Aggregatzustände bzw. die Löslichkeit der Reinstoffe aus. **B3** zeigt die Filtration auf Teilchenebene. Zwischen den Teilchen der Flüssigkeit wirken nur geringe Anziehungskräfte (vgl. S. 33). Sie können somit als einzeln vorliegende Teilchen betrachtet werden, die so klein sind, dass sie durch die Poren des Filterpapiers passen. Auch die Teilchen der in der Flüssigkeit gelösten Stoffe liegen einzeln vor und passen durch die Filterporen. Die Teilchen der unlöslichen, festen Bestandteile im Kaffeepulver liegen dagegen als große Teilchenverbände vor, die größer als die Filterporen sind. Sie werden daher vom Filterpapier zurückgehalten.



-  Kaffee-Teilchen (unlösliche Bestandteile)
-  Wasser-Teilchen
-  Kaffee-Teilchen (lösliche Bestandteile)
-  Filterpapier-Teilchen

**B3** Filtration im Teilchenmodell

### Das Magnetscheiden

Einige Stoffe wie Eisen, Nickel und Cobalt sind magnetisierbar, sie werden also von einem Magneten angezogen. Dadurch kann man sie relativ einfach von anderen Feststoffen oder Flüssigkeiten abtrennen. In der Abfallwirtschaft wird das Verfahren des **Magnetscheidens** angewandt, um metallischen Müll, z. B. Autoschrott, zu sortieren und anschließend zu recyceln.

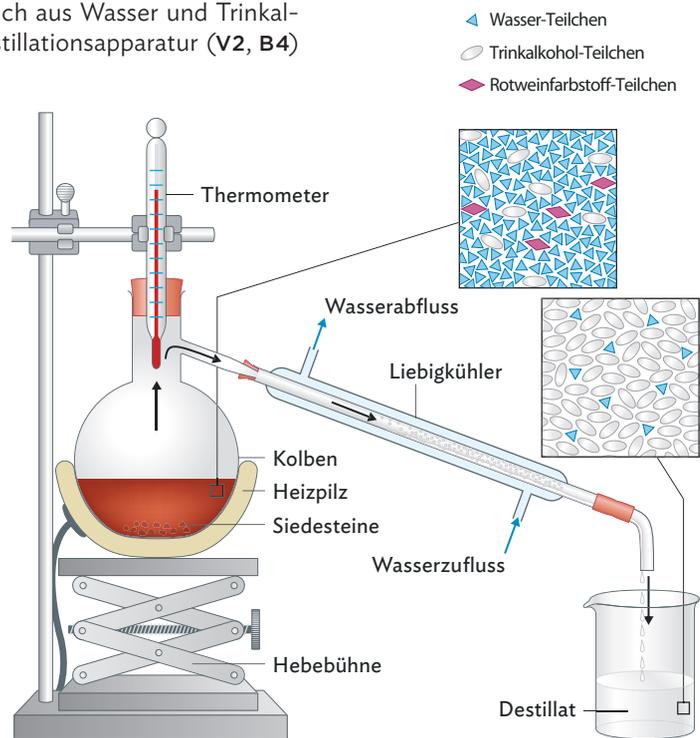
### Die Destillation

Ein etwas aufwändigeres Trennverfahren ist die **Destillation**. Mit ihr lassen sich Stoffgemische aus mehreren Flüssigkeiten trennen. Dabei nutzt man die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Reinstoffe aus.

Rotwein besteht beispielsweise hauptsächlich aus Wasser und Trinkalkohol (Ethanol). Wird Rotwein in einer Destillationsapparatur (V2, B4) langsam erhitzt, verbleibt der Stoff mit der höheren Siedetemperatur, das Wasser, im Kolben. Trinkalkohol siedet bei 78 °C, Wasser bei 100 °C. Die Temperatur sollte daher 80 °C nicht übersteigen. Der Stoff mit der niedrigeren Siedetemperatur, der Trinkalkohol, dagegen beginnt zu sieden und wird gasförmig. Bei professionellen Destillationsapparaturen wird das Gas in einen Kühler geleitet, in dem es herabgekühlt und somit wieder kondensiert, also flüssig wird. Als sogenanntes **Destillat** wird der Reinstoff anschließend in der Vorlage aufgefangen.

Damit nicht beide Reinstoffe gleichzeitig verdampfen und als Stoffgemisch wieder aufgefangen werden, darf die Temperatur bei der Destillation nicht zu hoch gewählt werden.

**B4** zeigt das Stoffgemisch Rotwein sowie den aufgefangenen Trinkalkohol auf Teilchenebene. Da immer ein paar Teilchen des anderen Reinstoffs beim Verdampfen mitgerissen werden, erfolgt die Trennung bei einer Destillation nie vollständig.



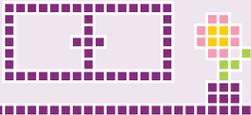
**B4** Destillationsapparatur mit Rotwein und Destillat auf Teilchenebene

### AUFGABEN

- A1** Vergleiche die vier beschriebenen Trennverfahren und die jeweils ausgenutzten Stoffeigenschaften tabellarisch und nenne jeweils ein weiteres Beispiel aus dem Alltag für das jeweilige Trennverfahren.
- A2** In Ländern mit warmen Klima wird Meersalz durch Eindampfen gewonnen. Dafür wird das Meerwasser in flache Sammelbecken geleitet. Sonne und Wind sorgen für die Verdunstung des Wassers und das Salz bleibt über. Vergleiche die beschriebene Verdunstung mit dem Vorgang des Siedens und der Destillation.

### FACHBEGRIFFE

Trennverfahren, Extraktion, Extraktionsmittel, Filtration, Filtrat, Magnetscheiden, Destillation, Destillat



## Mülltrennung in der Technik

„Erstmals Mikroplastik im menschlichen Stuhl nachgewiesen“ lauteten Schlagzeilen im Oktober 2018. Aber wie gelangt Plastik in unseren Körper?

Seit den 50er Jahren hat die Menschheit mehr als acht Milliarden Tonnen Plastik produziert und auf der ganzen Welt verteilt. Schätzungsweise landen jedes Jahr zwischen 4,8 und 12,7 Millionen Tonnen Plastikmüll im Meer (B1). Dadurch sterben jährlich etwa 100.000 Meeresbewohner und mehr als eine Million Vögel, weil sie das Plastik für Nahrung halten. Im Meer werden die Kunststoffe mit den Jahren immer weiter zerkleinert bis schließlich sogenanntes Mikroplastik entsteht. Das sind Plastikteilchen, die maximal fünf Millimeter groß sind. Fische und andere Meeresbewohner nehmen diese Teilchen in ihren Körper auf und so landen die Plastikteilchen schließlich auf unserem Teller. Aber auch über Lebensmittel, die in Plastik eingepackt sind, gelangt es in unseren Körper. Bei einer österreichischen Studie wurden Stuhlproben von acht Personen aus verschiedensten Ländern untersucht. In allen Proben steckten durchschnittlich 20 Mikroplastikteilchen pro 10 Gramm Stuhl. Umso wichtiger wird es, dass wir weniger Müll produzieren. Jeder kann ein bisschen mithelfen seine Hausmüllmenge von ca. 626 kg pro Jahr zu verringern. Davon sind im Schnitt 37 kg Verpackungsmaterial aus Plastik. Möglichkeiten Kunststoffmüll einzusparen bieten sich viele: z. B. Glas- statt Plastikflaschen, eine Baumwolltasche zum Einkaufen statt der Plastiktüte und Kaufen von unverpacktem Obst und Gemüse. Eine weitere Möglichkeit sind sogenannte Unverpackt-Läden, in denen man die



B1 Plastikmüll am Strand

Ware in selbst mitgebrachte Behälter füllt.

Dort, wo Müllvermeidung nicht gelingt, sollten wir unseren Müll recyceln. Dazu müssen die Abfallberge zuerst sortenrein getrennt werden. Eine Vorsortierung nimmt der Verbraucher vor. Glas, Blechdosen (Weißblech), Biomüll und Papier können dadurch weitgehend getrennt und wiederverwertet werden.

Kompliziert wird es beim Plastik. Die vielen verschiedenen Kunststoffarten kann man nicht mit bloßem Auge unterscheiden, daher fällt im gelben Sack ein großes Kunststoffgemisch an. Auch aufgeklebte Etiketten aus Papier landen im gelben Sack und je nach Region werden Metall Dosen darin gesammelt.

In Sortieranlagen sollen die einzelnen Stoffe getrennt werden. Zuerst werden leichte Teile, wie lose Etiketten, Folien und Papier, in der

Windsichtung herausgeblasen. Anschließend werden Metalle mithilfe eines Magneten abgetrennt. Verschiedene Kunststoffarten können teilweise mithilfe von Lasern sortiert werden. Laserstrahlen werden von den Kunststoffen unterschiedlich reflektiert und die Kunststoffe dementsprechend per Luftdruck in entsprechende Sammelbehälter geschossen.

Viele Verpackungen sind aus einem Verbund verschiedener Kunststoffe gefertigt. Ist beispielsweise eine Shampooflasche mit einer dünnen Folie aus einem anderen Kunststoff überzogen, kann dieser Verbund nicht maschinell getrennt und damit auch nicht recycelt werden. Teilweise werden sie, wie auch der Restmüll, zur Energiegewinnung genutzt und verbrannt, wobei klimaschädliche und teils giftige Abgase entstehen. Der Rest landet auf riesigen Mülldeponien.

### AUFGABEN

- A1 Beschreibe den Ablauf der Mülltrennung in eigenen Worten. Fertige dazu ein Schaubild an.
- A2 Fertige ein Mülltagebuch für zwei Tage an.
- A3 Überlege dir mithilfe deines Mülltagebuchs Maßnahmen, um deinen eigenen Plastikmüll zu reduzieren.



## Zeppelin-gase

Heute nur noch ein Kuriosum, haben die ersten Zeppeline die Menschen Anfang des 20. Jahrhunderts in helle Aufregung versetzt. Was war der Grund für diese Aufregung?

Das kurze Zeitalter der Zeppeline begann im Jahr 1900 mit einem Probeflug am Bodensee: Ferdinand Graf von Zeppelin startete das erste Luftschiff, die LZ 1.

Luftschiffe bestehen aus einer gasdichten Hülle, die mit Trägergas gefüllt ist. Die Dichte des Trägergases muss geringer sein als die der umgebenden Luft, damit das Luftschiff aufsteigt. Sie sind somit „leichter als Luft“ und funktionieren nach dem Auftriebsprinzip wie Heißluftballons. Zusätzlich kann das Luftschiff Lasten, z. B. eine Passagierkabine oder andere Fracht, tragen. Viele Gase kommen allerdings nicht als Trägergas in Frage. Es eignen sich nur Wasserstoff, Helium und Heißluft. Die Dichte von Wasserstoff, dem leichtesten Gas überhaupt, ist ca. 14-mal geringer als die von Luft. Aus diesem Grund wurde Wasserstoff gerne als Trägergas genutzt, obwohl dieser mit Sauerstoff ein hochexplosives Knallgasgemisch bildet.

Dies wurde dem wohl bekanntesten Zeppelin seiner Zeit, der Hindenburg LZ 129, zum Verhängnis. Eigentlich sollte für die Hindenburg Helium als Trägergas benutzt werden. Da die USA, der einzige Heliumhersteller zu dieser Zeit, aufgrund des aufkommenden Nationalsozialismus an Deutschland kein Helium verkaufen wollte, wurde trotz der bekannten Gefahr Wasserstoff benutzt. Die Hindenburg war 245 Meter lang, hatte einen Gasinhalt von 200 000 Kubikmetern und einen Durchmesser von gut 41 Metern. Die LZ 129 war



**B1** Explosion der Hindenburg am 6. Mai 1937

am 6. Mai 1937 von Frankfurt am Main nach Lakehurst bei New York unterwegs. Wegen der schlechten Wetterlage fuhr die Hindenburg am Rande einer Gewitterzone 90 Minuten lang im Kreis, bevor sie zur Landung ansetzte. Trotz dieser Vorsichtsmaßnahme entzündete sich das Wasserstoff-Luft-Gemisch, als die Landetaue den Boden berührten. Der Gasballon brannte mit einer gigantischen Flamme innerhalb weniger Minuten ab (**B1**). Es war die erste filmisch dokumentierte Katastrophe. 35 der 97 Reisenden kamen ums Leben.

Warum die Hindenburg abstürzte, konnte niemals abschließend geklärt werden. Wahrscheinlich riss

ein Spanndraht im Heck und es ist etwas Wasserstoff ausgetreten, sodass sich ein entzündliches Wasserstoff-Luft-Gemisch unter der äußeren Hülle des Luftschiffes ansammeln konnte. Als dann nach der langen Fahrt am Rande einer Gewitterzone die nassen Landetaue den Boden berührten, kam es zu einer elektrischen Entladung. Die Funken entzündeten das Wasserstoff-Luft-Gemisch.

Nach diesem Unfall ging die Ära der Zeppeline schnell zu Ende. Heute sieht man nur noch selten Zeppeline am Himmel. Für diese wird Helium als Trägergas genutzt. Es ist zwar teurer, etwas schwerer und seltener als Wasserstoff, dafür aber nicht brennbar.

### AUFGABEN

- A1** Nur wenige Gase eignen sich als Trägergase. Begründe diese Tatsache anhand der Vor- und Nachteile der im Text genannten Gase.
- A2** In **B1** erkennt man, dass ein Knallgasgemisch nach oben abbrennt. Diskutiere unter diesem Aspekt die Anzahl der überlebenden Menschen und vergleiche mit aktuellen Unglücken in der Luftfahrt.
- A3** Informiere dich mithilfe des Internets (Filmausschnitte, Zeitungsberichte), wie es Menschen möglich war, die Katastrophe zu überleben.



## Zum Üben und Weiterdenken

**A1** Der Begriff Stoff wird in der Alltagssprache ganz unterschiedlich gebraucht. Formuliere drei Sätze, in denen dem Wort Stoff je eine andere Bedeutung zukommt.

**A2** Beschreibe und erkläre die Beobachtung bei der Zugabe von Öl zu Wasser im rechten Reagenzglas. Vergleiche mit der Beobachtung bei der Zugabe von Essig zu Wasser im linken Reagenzglas.



**A3** Plane verschiedene Experimente, mit denen du Wasser und Ethanol (Trinkalkohol) unterscheiden kannst. Begründe deine Planung mit Stoffeigenschaften von Wasser und Ethanol.

**A4** In drei Bechergläsern A, B und C ist jeweils eine klare, farblose Flüssigkeit enthalten. Bei den Flüssigkeiten handelt es sich um Wasser, Ethanol (Trinkalkohol) und eine Zuckerlösung. Begründe anhand der folgenden Informationen, welches Becherglas welchen Stoff enthält.

- 100 mL Flüssigkeit aus A wiegen 110 g.
- 100 mL Flüssigkeit aus B wiegen 100 g.
- Die Flüssigkeit aus B siedet bei 100 °C.
- Die Flüssigkeit aus C siedet bei 78 °C.

**A5** Selbst bei Minusgraden trocknet Wäsche auf einer Wäscheleine.  
a) Benenne die Aggregatzustandsänderung, die dabei erfolgt.  
b) Erkläre den Trocknungsvorgang auf Teilchenebene. Erstelle dazu eine beschriftete Skizze.

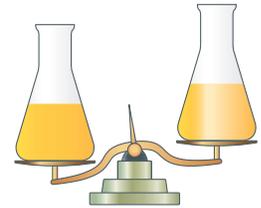
**A6** Parfüm wird versprüht. Erkläre die Tatsache, dass man es riechen, aber nicht sehen kann.

**A7** Flüssigkeiten und Gase passen sich der Form eines Gefäßes an, Feststoffe jedoch nicht. Erläutere mithilfe des Teilchenmodells.

**A8** Erkläre die Tatsache, dass es für ein Original mitunter verschiedene Modelle gibt.

**A9** „Beim Abkühlen ziehen sich die Teilchen eines Stoffes zusammen.“ Nimm zu dieser Aussage kritisch Stellung.

**A10** In den beiden abgebildeten Erlenmeyerkolben befindet sich jeweils 150 mL reines Kerzenwachs. In einem Behälter befindet sich festes, in dem anderen flüssiges Wachs. Ordne die Aggregatzustände jeweils einem der beiden Behälter auf der Waage zu und begründe deine Angabe auf Teilchenebene. (gestufte Hilfen unter QR-/Mediencode)

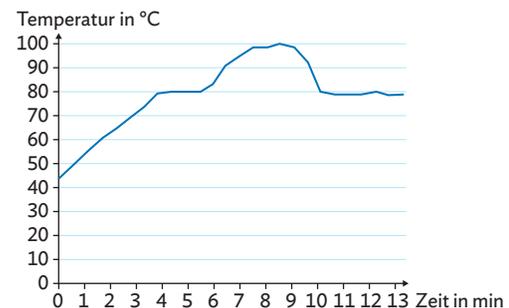


**A11** Auf einem Schrottplatz wurden Eisen- und Kupferdrähte auf einen Haufen Sägespäne geworfen. Da Metalle wertvoll sind, sollen diese dem Recycling getrennt zugeführt werden.

- Beschreibe eine Möglichkeit, die drei Stoffe voneinander zu trennen. Nenne die jeweils zugehörige Stoffeigenschaft. (gestufte Hilfen unter QR-/Mediencode)
- Erläutere, weshalb die Metalle getrennt werden sollten, bevor sie für die weitere Verarbeitung eingeschmolzen werden.



**A12** Der Feststoff Naphthalin wurde im Wasserbad erhitzt und anschließend wieder abgekühlt. Dabei wurde die Temperatur des Stoffes gemessen. Die Messwerte wurden in einem Diagramm dargestellt.



- Beschreibe die ablaufenden Vorgänge jeweils auf Stoff- und auf Teilchenebene.
- Nenne die gesuchte Stoffeigenschaft, die sich aus dem Diagramm ablesen lässt.

## M1 Kochsalz – aus dem Meer in die Küche

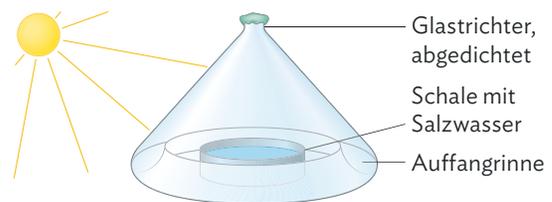


Beim Schwimmen im Meer kann man feststellen, dass das Meerwasser sehr salzig schmeckt. Neben anderen Salzen, Sand und Schlamm sind ca. 50 Billionen Tonnen Kochsalz in allen Weltmeeren zusammen gelöst. An den Mittelmeerküsten von Spanien, Frankreich, Portugal und Italien nutzt man die Kraft der Sonne zur Gewinnung von Kochsalz. Dazu wird das Meerwasser in flache Betonbecken gepumpt, die als Salzgärten bezeichnet werden. Durch die Sonneneinstrahlung verdunstet ein Teil des Wassers, sodass der Salzgehalt im verbleibenden Wasser ansteigt. In diesen Becken sinken wasserunlösliche Stoffe wie Sand und Schlamm nach unten. Anschließend wird das überstehende salzige Wasser in noch flachere Becken geleitet. Durch weitere Verdunstung erhöht sich der Salzgehalt noch mehr. Andere Salze, die schlechter löslich in Wasser sind, kristallisieren jetzt aus und sinken zu Boden. Durch mehrfache Weiterleitung in flacher werdende Becken und fortlaufende Verdunstung steigt der Salzgehalt immer weiter an, bis schließlich die Grenze der Löslichkeit von Kochsalz erreicht ist. In den letzten Becken, Salzbeete genannt, kristallisiert das Salz aus und wird nun mit Maschinen oder von Hand zusammen geschoben und weiter getrocknet. Das so gewonnene Salz wird gemahlen, von verbleibenden Verunreinigungen (z. B. durch Sieben) getrennt und anschließend zum Verkauf verpackt.



**B1** Salzgewinnung in Südeuropa (oben) und Salzbeet (unten)

- A1** Erkläre die Vorgänge bei der Gewinnung von Kochsalz, die auf den Fotos in **B1** dargestellt sind.
- A2** Benenne die verschiedenen Trennverfahren, die bei der Gewinnung von Kochsalz aus Meerwasser zum Einsatz kommen, in der Reihenfolge ihrer Anwendung.
- A3** Erkläre für jedes in **A2** genannte Trennverfahren die ausgenutzte Stoffeigenschaft.
- A4** Plane einen Versuch, mit dem die Gewinnung von Kochsalz aus Meerwasser im Schullabor nachgestellt werden kann. Der Versuch sollte in einer Schulstunde durchführbar sein und nicht mehrere Tage dauern. Fertige ein vollständiges Versuchsprotokoll an.
- A5** Der Versuch aus **A4** soll nun so abgewandelt werden, dass aus dem Salzwasser reines Wasser gewonnen wird. Beschreibe eine mögliche Vorgehensweise.
- A6** Mithilfe des Watercone (**B2**) kann aus Salzwasser reines Wasser gewonnen werden. Salzwasser wird dazu in die dunkle Bodenwanne gefüllt, der Kunststoffkegel aufgesetzt und die Apparatur der Sonne ausgesetzt. Erläutere die Wirkungsweise des Watercone und gib die Stoffeigenschaften an, auf denen dieses Trennverfahren beruht.



**B2** Darstellung der Wirkungsweise des Watercone für die Trinkwassergewinnung aus Salzwasser



# Alles im Blick

## Stoffeigenschaften

**Stoffeigenschaften** sind charakteristisch für einen Stoff und lassen sich experimentell ermitteln. Wichtige Stoffeigenschaften sind die Löslichkeit, die Siedetemperatur, die Schmelztemperatur, die Dichte und die elektrische Leitfähigkeit.

## Das Teilchenmodell

Um Versuchsbeobachtungen und Eigenschaften von Stoffen zu erklären, nutzt man Modelle. Im **Teilchenmodell** stellt man sich vor, dass Stoffe aus kleinen Teilchen bestehen. Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden sich in Größe und Masse. Die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen können bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich stark sein. Alle Teilchen sind in ständiger Bewegung.

Beobachtungen finden auf der **Stoffebene** statt. Die Erklärung der Beobachtungen erfolgt mithilfe der **Teilchenebene**.

## Nachweisreaktionen für Reinstoffe

Einige Stoffe lassen sich mit einfachen Versuchen nachweisen:

Zum Nachweis von Sauerstoff wird die **Glimmspanprobe** durchgeführt. Ein glimmender Span flammt in reinem Sauerstoff auf.

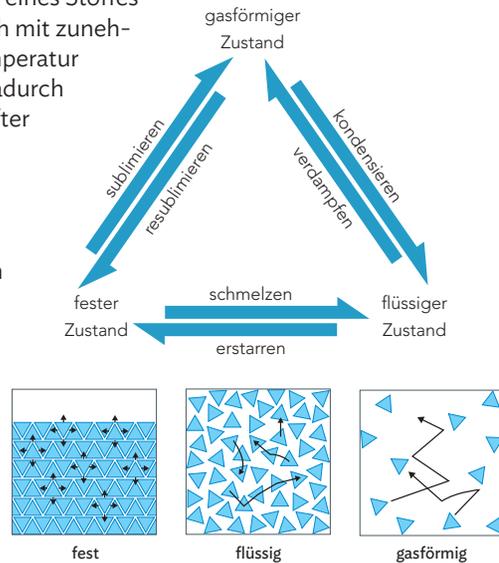
Wasserstoff kann mit der **Knallgasprobe** nachgewiesen werden. Ist Wasserstoff oder ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch vorhanden, hört man einen leisen Pfeifton bzw. einen lauten Knall.

Kohlenstoffdioxid wird mit der **Kalkwasserprobe** nachgewiesen. Beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser trübt sich dieses weiß.

Wasser färbt **Watesmopapier** blau.

## Aggregatzustände im Teilchenmodell

Die Teilchen eines Stoffes bewegen sich mit zunehmender Temperatur schneller. Dadurch stoßen sie öfter aneinander, wodurch die Abstände zwischen den Teilchen in der Regel mit steigender Temperatur zunehmen.



## Reinstoffe und Stoffgemische

**Stoffgemische** bestehen aus zwei oder mehr **Reinstoffen**. Die Eigenschaften von Stoffgemischen sind veränderlich. Stoffgemische, bei denen man die einzelnen Bestandteile mit dem bloßen Auge oder mit dem Mikroskop erkennen kann, heißen **heterogen**. Sind die einzelnen Bestandteile nicht unterscheidbar, spricht man von einem **homogenen** Stoffgemisch.

Reinstoffe bestehen aus einer Teilchensorte und Stoffgemische aus mindestens zwei verschiedenen Teilchensorten.

## Trennen von Stoffgemischen

Stoffgemische lassen sich mithilfe geeigneter **Trennverfahren** in die einzelnen Reinstoffe trennen. Dazu nutzt man unterschiedliche Eigenschaften der verschiedenen Reinstoffe in einem Stoffgemisch aus.

## Ziel erreicht?

**Hast du das Ziel dieses Kapitels erreicht?** Bearbeite die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode). Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 205. Bewerte dich mithilfe der untenstehenden Tabelle und lies falls nötig auf den angegebenen Seiten nochmal nach.



05511-10

- A1** Beschreibe unter Beachtung der Laborsicherheit einen einfachen Versuch, mit dem man ein feines weißes Pulver als zerkleinerte Tafelkreide (Gips) oder als Puderzucker identifizieren kann. Gib die Stoffeigenschaft an, anhand derer die Identifizierung erfolgt.
- A2** Ordne den Stoffen Kochsalz, Wasser, Trinkalkohol und Sauerstoff jeweils mindestens zwei der folgenden Eigenschaften zu:  
Siedetemperatur 78 °C, farblos, kristallin, weiß, flüchtig (bei 25 °C), brennbar, gasförmig (bei 25 °C).

- B1** Bei einer brennenden Kerze kommt der Stoff Wachs in allen drei Aggregatzuständen vor.  
a) Beschreibe für jeden Aggregatzustand den entsprechenden Bereich an der Kerze.  
b) Zeichne die Wachs-Teilchen für die verschiedenen Aggregatzustände im Teilchenmodell. ■ ein Wachs-Teilchen

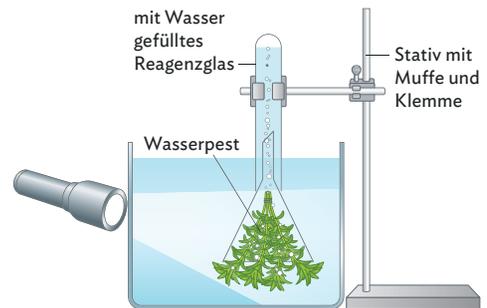
- B2** Ordne den Aussagen passende Aggregatzustände zu:  
a) Die Teilchen sind frei beweglich.  
b) Die Teilchen befinden sich dicht nebeneinander, aber nicht an festen Positionen.  
c) Zwischen den Teilchen ist viel leerer Raum.  
d) Die Teilchen sind dicht gepackt.

- B3** Tee lässt sich besser mit heißem als mit kaltem Wasser zubereiten. Begründe dies mithilfe des Teilchenmodells.

- C1** Nenne jeweils mindestens einen passenden Fachbegriff, der das Stoffgemisch klarer bzw. trüber Apfelsaft genau beschreibt.
- C2** In einer Raffinerie wird Erdöl in hoch siedende Bestandteile wie Heizöl und niedrig siedende Bestandteile wie Benzin getrennt. Nenne den Fachbegriff für das hier beschriebene Trennverfahren und die Stoffeigenschaft, die dabei ausgenutzt wird.

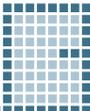
- D1** Bläst man die eigene Ausatemluft mithilfe eines Schlauches in einen Erlenmeyerkolben mit Kalkwasser, trübt sich die Lösung. Erläutere diese Beobachtung.

- D2** a) Beschreibe den folgenden Versuch in Worten.



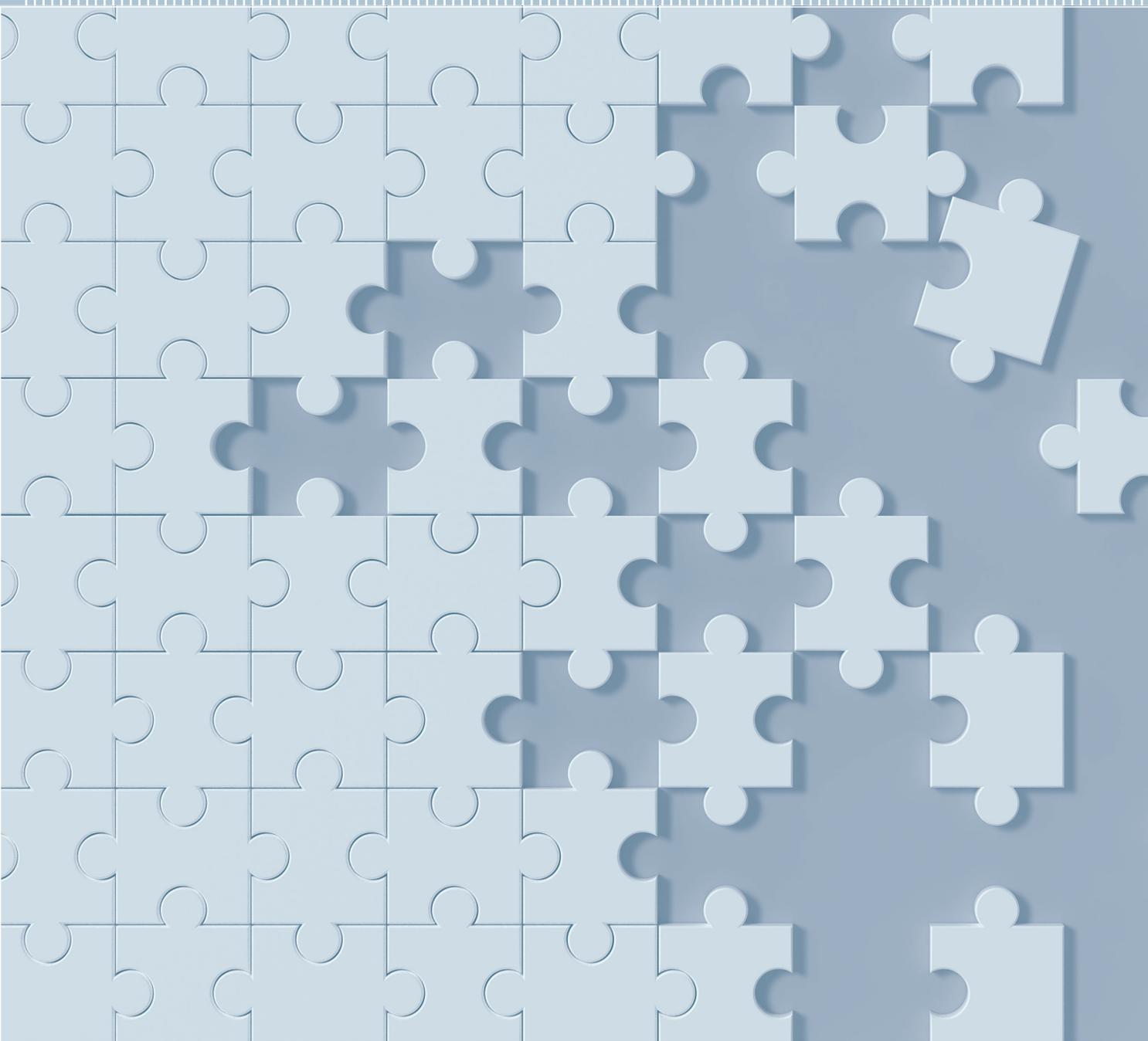
- b) Formuliere eine Fragestellung, die mit diesem Versuch beantwortet werden kann.  
c) Im Reagenzglas sammelt sich ein Gas. Stelle eine begründete Hypothese auf, um welches Gas es sich handeln könnte und beschreibe einen geeigneten Nachweis.

	Ich kann ...	lies nach auf Seite
<b>A</b>	Stoffe anhand physikalischer Eigenschaften charakterisieren.	28, 29
<b>B</b>	das Teilchenmodell zur Erklärung von Stoffeigenschaften anwenden.	31 – 37
<b>C</b>	Reinstoffe und Stoffgemische unterscheiden und Trennverfahren erklären.	36 – 41
<b>D</b>	wichtige Gase nachweisen.	27



# 3

## Aufbau der Materie



# Startklar?

**1. Schätze dich selbst ein.** Wie gut sind deine Kenntnisse in den Bereichen A bis D? Kreuze auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode) die entsprechenden Kästchen unten in der Tabelle an.



05511-11

**2. Hast du dich richtig eingeschätzt?** Bearbeite die untenstehenden Aufgaben. Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 206 und kreise die erreichte Punktzahl in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein. Vergleiche mit deiner Selbsteinschätzung.

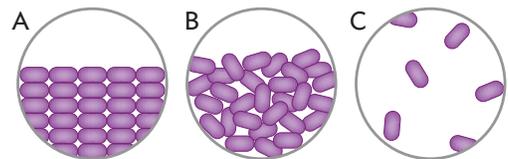
- A1** Nenne vier Stoffeigenschaften, die mithilfe von Messgeräten exakt ermittelt werden können.
- A2** Zucker und Kochsalz können auf den ersten Blick schwer unterschieden werden. Nenne Möglichkeiten, die beiden Stoffe dennoch zu unterscheiden.
- A3** Begründe jeweils, ob es sich um einen Reinstoff oder ein Stoffgemisch handelt.  
Brausepulver, Salzwasser, Eiswasser, Messing, Kupfer, Zucker.

- B1** a) Erstelle aus unten stehenden Werten ein Diagramm zum Temperaturverlauf beim Erhitzen von Essigsäure.  
b) Lies aus dem Diagramm die Siedetemperatur von Essigsäure ab.

Zeit in Minuten	Temperatur in °C
2	8
4	17
6	17
8	17
10	50
12	89
14	118
16	118
18	118

- C1** Überprüfe folgende Aussagen in Bezug auf ihre fachliche Richtigkeit und verbessere gegebenenfalls.
  - Bei höherer Temperatur bewegen sich die Teilchen schneller.
  - Grundlage beim Destillieren ist die unterschiedliche Siedetemperatur verschiedener Teilchen.

- D1** Die drei Abbildungen stellen Modelle von Aggregatzuständen dar. Beschreibe die Anordnung der Teilchen und ordne jedem Bild einen Aggregatzustand zu.



- D2** Im Winter beschlagen Brillen, wenn man von draußen einen warmen Raum betritt. Erkläre dieses Phänomen auf Stoff- und Teilchenebene.
- D3** Stelle folgende Stoffe im Teilchenmodell dar:  
Eiswürfel, Wasser, Zuckerwasser, Bronze, Kupfer.
- D4** „Ein Modell hat mit der Wirklichkeit nichts zu tun.“ Nimm zu dieser Aussage begründet Stellung.

Ich kann ...	prima	ganz gut	mit Hilfe	lies nach auf Seite
<b>A</b> Stoffe unterscheiden und klassifizieren.	12 – 10	9 – 5	4 – 1	28 – 29, 36
<b>B</b> Temperaturkurven darstellen und interpretieren.	3	2	1	35
<b>C</b> Stoff- und Teilchenebene korrekt trennen.	3	2	1	32 – 33, 41
<b>D</b> ein Modell zur Erklärung von Stoffeigenschaften nutzen.	14 – 12	11 – 6	5 – 1	31 – 33



### 3.1 Das stoffbezogene Ordnungssystem

Schon immer war es den Menschen ein Bedürfnis, Dinge zu vergleichen und zu sortieren. Ordnungssysteme zeigen stets Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf. Wie lassen sich Stoffe in eine sinnvolle Ordnung bringen?

**M1** Ordnung in das Chaos bringen

<b>Phosphor</b>  <b>P</b> 280 44 1,82	<b>Kupfer</b>  <b>Cu</b> 2595 1085 8,92	<b>Wasserstoff</b>  <b>H</b> -253 -259 0,09	<b>Schwefel</b>  <b>S</b> 445 115 2,07	<b>Silber</b>  <b>Ag</b> 2212 962 10,50	<b>Magnesium</b>  <b>Mg</b> 1107 649 1,74	<b>Kalium</b>  <b>K</b> 760 63 0,86
<b>Eisen</b>  <b>Fe</b> 2862 1538 7,87	<b>Chlor</b>  <b>Cl</b> -34 -101 3,20	<b>Neon</b>  <b>Ne</b> -246 -249 0,90	<b>Chrom</b>  <b>Cr</b> 2671 1907 7,14	<b>Stickstoff</b>  <b>N</b> -196 -210 1,25	<b>Wolfram</b>  <b>W</b> 5930 3422 19,30	

**B1** Stoffe und ihre Eigenschaften

**AUSWERTUNG**

a) Erstelle eine Tabelle mit den Stoffen und deren Eigenschaften.

b) Ordne die Stoffe nach verschiedenen Kriterien.

c) Nenne je einen Vor- und einen Nachteil deiner Kriterien.

d) Teile die Stoffe in die Kategorien Metall und Nichtmetall ein und begründe deine Zuordnung.

e) Nenne je zwei weitere Metalle und Nichtmetalle.

obere Zahl	Siedetemperatur in °C
mittlere Zahl	Schmelztemperatur in °C
untere Zahl	Dichte in g/cm <sup>3</sup> (bei Gasen in g/L)

### Feuer, Wasser, Erde, Luft



Im Altertum war man davon überzeugt, dass alles Leben aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Erde und Luft besteht. Im 17. Jahrhundert definierte der Physiker ROBERT BOYLE den Begriff Element neu. Als **Element** bezeichnet man seitdem einen Reinstoff, der nicht in andere Stoffe zerlegt und auch nicht aus anderen Elementen hergestellt werden kann. Da Feuer eine Form von Energie ist und Erde und Luft Stoffgemische sind, handelt es sich hierbei also nicht um Elemente. Auch der Reinstoff Wasser kann chemisch weiter zerlegt werden (vgl. Kap. 4.1) und ist somit kein Element.

### Ordnung der Elemente



Am Ende des 18. Jahrhunderts waren 28 Stoffe bekannt, die nach der Definition von BOYLE Elemente sind. Obgleich sich diese in ihren Eigenschaften charakteristisch unterscheiden, stellten die Chemiker fest, dass sich einige davon auch ähneln. So kamen sie auf die Idee, diese in Gruppen zusammenzufassen und entwickelten über viele Jahre hinweg ein Ordnungssystem der Elemente.

Die heutige Form des Ordnungssystems geht insbesondere auf die Arbeiten der beiden Chemiker JULIUS LOTHAR MEYER und DMITRI MENDELEJEV zurück (vgl. Exkurs S. 144). Es enthält alle 118 bis heute bekannten Elemente und wurde zuletzt 2016 um die neu entdeckten Elemente Nihonium, Moscovium, Tenness und Organesson erweitert.

Im **stoffbezogenen Ordnungssystem der Elemente** (vgl. Innenseite vorderer Buchdeckel) ist zu jedem Element ein Foto des Stoffes abgebildet sowie die Stoffeigenschaften Dichte, Siedetemperatur und Schmelztemperatur notiert (**B2**).

**Magnesium**



Elementsymbol

<b>Mg</b>	1107	Siedetemperatur in °C
	649	Schmelztemperatur in °C
	1,74	Dichte in g/cm <sup>3</sup>

**B2** Ausschnitt aus dem stoffbezogenen Ordnungssystem der Elemente

### Metalle und Nichtmetalle

Anhand ihrer Eigenschaften kann man die Elemente in zwei Stoffklassen unterteilen: die **Metalle** und die **Nichtmetalle**. Die meisten Metalle, wie Kupfer oder Eisen, erkennt man an ihrem charakteristischen metallischen Glanz. Zudem haben Metalle meist eine hohe Dichte sowie eine sehr hohe Schmelz- und sehr hohe Siedetemperatur. Achtzig Prozent aller Elemente zählen zu den Metallen. Im Ordnungssystem der Elemente stehen sie links.

Nichtmetalle, wie Phosphor und Sauerstoff, stehen im Ordnungssystem rechts. Sie haben in der Regel eine geringere Dichte sowie eine niedrigere Schmelz- und niedrigere Siedetemperatur als die Metalle. Elemente, die sowohl Eigenschaften der Metalle als auch der Nichtmetalle aufweisen, werden als Halbmetalle bezeichnet. Sie stehen im Ordnungssystem zwischen den Metallen und den Nichtmetallen. Zu ihnen zählen zum Beispiel Silicium und Bor.

	Dichte in g/cm <sup>3</sup>	Schmelztemperatur in °C	Siedetemperatur in °C
<b>Kupfer</b>	8,92	1085	2595
<b>Eisen</b>	7,87	1538	2862
<b>Phosphor (weiß)</b>	1,82	44	280
<b>Sauerstoff</b>	1,43	-219	-183
<b>Schwefel</b>	2,07	115	445
<b>Kohlenstoff (Graphit)</b>	2,25	-	Sublimation bei 3642

**B3** Stoffeigenschaften einiger Elemente

Die meisten Elemente lassen sich in Metalle und Nichtmetalle einteilen. Metalle stehen im Ordnungssystem der Elemente links, Nichtmetalle stehen rechts.



Hauptgruppe	Elementfamilie
I	Alkalimetalle
II	Erdalkalimetalle
III	Borgruppe
IV	Kohlenstoffgruppe
V	Stickstoffgruppe
VI	Chalkogene
VII	Halogene
VIII	Edelgase

**B4** Elementfamilien der Hauptgruppen

## Orientierung im Ordnungssystem

Kohlenstoff und Schwefel sind nicht glänzend, haben aber wie Metalle hohe Schmelz- und Siedetemperaturen. Dennoch zählt man sie zu den Nichtmetallen. Für die exakte Einteilung der Elemente wurden also noch mehr Kriterien herangezogen, als im stoffbezogenen Ordnungssystem notiert sind. Für eine genauere Unterteilung fasst man Elemente mit ähnlichen Eigenschaften zu **Elementfamilien** zusammen (**B4**). Die Elemente einer Elementfamilie stehen im Ordnungssystem untereinander und bilden eine sogenannte **Hauptgruppe**. Zwischen der dritten und der vierten Hauptgruppe befinden sich die **Nebengruppen**. Die Nebengruppenelemente haben alle ähnliche Eigenschaften und lassen sich nicht in einzelne Elementfamilien aufteilen. Elemente, die im Ordnungssystem nebeneinander stehen, gehören zu einer **Periode**.

FM

## Mit dem stoffbezogenen Ordnungssystem arbeiten

Um mit dem Ordnungssystem der Elemente arbeiten zu können, muss man die Position eines Elements eindeutig angeben können. Außerdem kann man Informationen zu den Stoffeigenschaften eines Elements aus dem Ordnungssystem ablesen.

Beschreibe die Position des Elements Kohlenstoff.

### So geht's

- Suche das Element im stoffbezogenen Ordnungssystem.  
*siehe Innenseite vorderer Buchdeckel*
- Gehe vom Element nach oben und gib die römische Ziffer als Nummer der Hauptgruppe an.  
*Kohlenstoff steht in der vierten Hauptgruppe und gehört damit zur Elementfamilie "Kohlenstoffgruppe" (vgl. B4).*
- Gehe vom Element aus nach links und gib die Zahl als Nummer der Periode an.  
*Kohlenstoff befindet sich in der zweiten Periode.*

Nenne den Aggregatzustand des Elements Brom bei Raumtemperatur.

### So geht's

- Suche das Element Brom im Ordnungssystem.  
*Brom steht in der siebten Hauptgruppe und der vierten Periode.*
- Lies die Schmelz- und die Siedetemperatur des Elements ab (mittlere und obere Zahl).  
*Brom hat eine Schmelztemperatur von  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  und eine Siedetemperatur von  $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*
- Vergleiche die Schmelz- und die Siedetemperatur mit der Raumtemperatur von  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
*Da Brom bei  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  in den flüssigen Zustand und bei  $59\text{ }^{\circ}\text{C}$  in den gasförmigen Zustand übergeht, ist es bei Raumtemperatur flüssig.*

Die senkrechten Spalten heißen **Gruppen**. Es gibt acht **Hauptgruppen** und zehn **Nebengruppen**.

The image shows a periodic table with arrows pointing to the vertical columns (groups) and horizontal rows (periods). The groups are labeled with Roman numerals I through VIII at the top. The periods are labeled with Roman numerals I through VII on the left side.

Die waagrechten Zeilen heißen **Perioden**. Es gibt sieben davon.

Links stehen die **Metalle**.

Rechts stehen die **Nichtmetalle**.

## Elementsymbole



In den Anfängen der Chemie wollten die Forscher ihr mühsam erarbeitetes Wissen für sich behalten. Um ihre Forschungsergebnisse zu dokumentieren, nutzten sie daher komplizierte Symbole als eine Art Geheimschrift für die verschiedenen Stoffe (B5). Die meisten Forscher verwendeten unterschiedliche Symbole für dieselben Stoffe. Nur wenige Symbole setzten sich als allgemeingültig durch.

Heute will man Wissen teilen und gemeinsam vermehren. Dafür braucht man eine gemeinsame „Sprache“, die für alle verständlich und eindeutig ist. Für jedes Element verwendet man daher heute ein international definiertes **Elementsymbol**, das aus ein oder zwei Buchstaben besteht. Die Elementsymbole leiten sich aus der lateinischen oder der griechischen Sprache ab. Stickstoff wird beispielsweise mit dem Elementsymbol „N“ gekennzeichnet. Der lateinische Name des Elements Stickstoffs lautet *nitrogenium*, der sich wiederum aus den griechischen Wörtern *nitron* (altgriech. für Laugensalz) und *gennan* (griech. für Entstehung) zusammensetzt. (B6). Neben den Elementnamen sind auch die Elementsymbole im stoffbezogenen Ordnungssystem notiert.

Elementsymbol	deutscher Elementname	lat. / griech. Name	englischer Name
H	Wasserstoff	Hydrogenium	Hydrogen
C	Kohlenstoff	Carbonium	Carbon
O	Sauerstoff	Oxygenium	Oxygen
S	Schwefel	Sulfur	Sulfur
Fe	Eisen	Ferrum	Iron
Cu	Kupfer	Cuprum	Copper
Ag	Silber	Argentum	Silver
Au	Gold	Aurum	Gold
Pb	Blei	Plumbum	Lead

**B6** Die heutigen Elementsymbole sind von lateinischen oder griechischen Namen abgeleitet.



**B5** Einige Symbole der frühen Chemie

### AUFGABEN

- A1** Erstelle mit den Wörtern aus dem Fachbegriffekasten eine Mindmap zum Aufbau des Ordnungssystems der Elemente.
- A2** Schreibe einen Brief an die Reiseagentur, die mit **B7** Werbung macht, in dem du den fachlichen Fehler deutlich machst.
- A3** Spielt gemeinsam in der Klasse Elemente-Bingo: Alle erstellen jeweils eine Bingo-Tabelle (3 Spalten, 3 Zeilen) und schreiben in jedes der 9 Felder ein Element. Die spielleitende Person beschreibt die Position der Elemente im Ordnungssystem (z. B. „Das Element ist in der vierten Hauptgruppe und der zweiten Periode.“). Hat jemand das beschriebene Element in der Bingo-Tabelle notiert (im Beispiel „Kohlenstoff“), darf es durchgestrichen werden. Wer als erstes drei Elemente durchgestrichen hat, die in seiner Tabelle senkrecht, waagrecht oder diagonal aufeinander folgen, ruft „Bingo“ und hat damit gewonnen.



**B7** „Hier bin ich ganz in meinem Element.“

### FACHBEGRIFFE

Element, stoffbezogenes Ordnungssystem der Elemente, Metall, Nichtmetall, Elementfamilie, Hauptgruppe, Nebengruppe, Periode, Elementsymbol



## 3.2 Die Bausteine der Materie

Es gibt nur 118 Elemente, aber eine unglaubliche Vielfalt von Stoffen. Wie kann das sein? Worin unterscheiden sich all diese Stoffe und wie verbinden sich die Elemente miteinander, um so verschiedene Stoffe wie Gold, Sauerstoff oder Kochsalz zu bilden?

### M1 DEMOKRIT, DALTON und das Atom



Schon sehr lange machten sich Menschen darüber Gedanken, woraus die Natur aufgebaut ist. Um 400 vor Christus lebte der griechische Philosoph DEMOKRIT. Seine Gedanken kreisten sich um die Frage „Was passiert, wenn ich etwas immer weiter zerteile – ist dann irgendwann nichts mehr übrig?“. Er vermutete, dass alle Stoffe aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen aufgebaut sind. Diese nannte er Atome, nach dem griechischen Wort für unteilbar: atomos. Laut DEMOKRIT gibt es unendlich viele Atome, die sich alle in ihrer Form unterscheiden. Er stellte sie sich als geometrische Körper wie Quader oder Pyramiden vor, die sich mit Haken verbinden können und die Eigenschaften der durch sie gebildeten Stoffe wiedergeben. Feuer besteht laut DEMOKRIT zum Beispiel aus scharfkantigen, ineinander verhakten Feuer-Atomen. Viele Jahrhunderte lang war man mit dieser Theorie zufrieden, bis man sich fast 2000 Jahre später experimentell mit Stoffen auseinandersetzte.

Der englische Naturforscher JOHN DALTON (1766 – 1844) kam zu der Erkenntnis, dass es nicht unendlich viele unterschiedliche Atome geben kann. Seiner Theorie nach sind Atome neutrale Kugeln, die sich in

der Masse und der Größe unterscheiden. Es gibt exakt so viele unterschiedliche Atome wie es unterschiedliche Elemente gibt. Kohlenstoffdioxid besteht aus den Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff. Daher gibt es keine Kohlenstoffdioxid-Atome, sondern Kohlenstoffdioxid ist aus Kohlenstoff- und Sauerstoff-Atomen aufgebaut.

#### AUSWERTUNG

- „Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter, in Wirklichkeit gibt es nur Atome im leeren Raum.“ Dieses Zitat stammt von DEMOKRIT. Erkläre seine Aussage.
- Zeichne die jeweiligen Atomvorstellungen von DEMOKRIT und DALTON.
- Ein Theaterstück über den Aufbau von Stoffen aus Atomen ist geplant, in dem DEMOKRIT und DALTON in derselben Zeit leben und sich begegnen. Formuliere ein Streitgespräch zwischen den beiden.
- Nenne wesentliche Unterschiede zwischen beiden Atomvorstellungen.
- Schreibe einen Steckbrief über DALTON, recherchiere dafür Wichtiges im Internet.

**V2 Wanderung von Teilchen**



Legt man an eine Salzlösung wie beispielsweise Zinkdiodidlösung eine elektrische Spannung an, so kann man die Bewegung von Teilchen sichtbar machen. Gibt es also auch eine geladene Teilchenart?

**DURCHFÜHRUNG**

Klebe zwei Bleistiftminen im Abstand von ca. 1 bis 2 cm als Elektroden auf einen Objektträger (B1). Gib zwischen die Elektroden eine Zinkdiodidlösung, sodass die Elektroden darin eintauchen. Klemme die Elektroden an eine 4,5-V-Batterie an. Notiere nun fünf Minuten lang alle 30 Sekunden deine Beobachtungen. Verwende dabei auch eine Lupe.

**AUSWERTUNG**

- a) Erstelle eine Tabelle, in der deine Beobachtungen in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt sind.
- b) Grenze deine Beobachtung am Pluspol von der am Minuspol ab.

c) Zinkdiodid besteht aus zwei verschiedenen Teilchensorten. Die eine Sorte bewegt sich bei dem Versuch in Richtung Pluspol, die andere in Richtung Minuspol. Formuliere eine Vermutung über den Aufbau des Salzes in der Lösung unter Einbezug deiner Beobachtung.



**B1** Versuchsaufbau zu V2

**DALTON und die Atome**

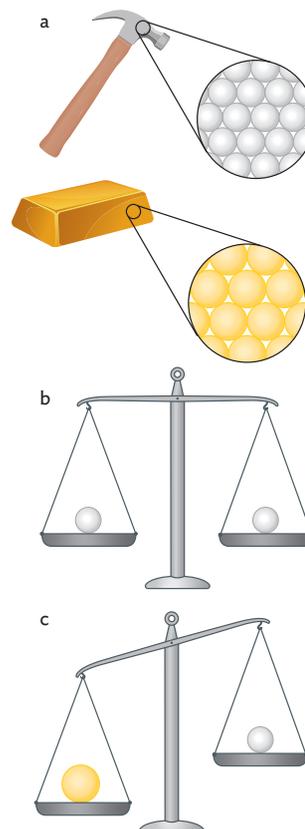


Der griechische Philosoph DEMOKRIT entwickelte schon um 400 v. Chr. die Vorstellung, dass alle Stoffe aus kleinsten Bausteinen aufgebaut sind. Diese nannte er **Atome** (von *atomos* (griech.) = unteilbar). Zu Beginn des 19. Jahrhunderts griff der englische Naturforscher und Lehrer JOHN DALTON diese Vorstellung auf und stellte folgende Hypothesen auf:

**Das Atommodell von DALTON:**

1. Stoffe bestehen aus sehr kleinen, nicht mehr teilbaren, kompakten Kugeln, den Atomen (B2a).
2. Jedes Element besteht aus Atomen derselben Atomsorte. Die Atome eines Elements sind alle gleich groß und gleich schwer (B2b).
3. Die Atome verschiedener Elemente unterscheiden sich in Größe und Masse (B2c).

Auch wenn das Atommodell von DALTON weiterentwickelt wurde (vgl. Kapitel 6), hat die Grundidee des Atoms als neutraler Grundbaustein der Elemente auch heute noch Bestand.



**B2** Atommodell von DALTON



Symbol	Name
Na <sup>+</sup>	Natrium-Kation
K <sup>+</sup>	Kalium-Kation
Ca <sup>2+</sup>	Calcium-Kation
Mg <sup>2+</sup>	Magnesium-Kation
Fe <sup>2+</sup>	Eisen-Kation
Fe <sup>3+</sup>	Eisen-Kation
Al <sup>3+</sup>	Aluminium-Kation
Ag <sup>+</sup>	Silber-Kation
F <sup>-</sup>	Fluorid-Anion
S <sup>2-</sup>	Sulfid-Anion
O <sup>2-</sup>	Oxid-Anion
N <sup>3-</sup>	Nitrid-Anion
P <sup>3-</sup>	Phosphid-Anion

**B3** Einige Kationen und Anionen

## Geladene Teilchen

Fasst man die Autotür an, bekommt man „eine gewischt“. Die Frisur ist beim Abziehen einer Mütze dahin und auch beim Hüpfen im Trampolin stehen die Haare zu Berge. Solche Beobachtungen im Alltag weisen auf elektrische Ladungen hin, die in den Stoffen enthalten sind. Neben den neutralen Atomen muss es also noch eine andere, geladene Teilchenart geben. Diese geladenen Teilchen nennt man **Ionen**. Ionen haben entweder eine positive (+) oder eine negative (-) Ladung. Legt man beispielsweise eine elektrische Spannung an eine Zinkdiiodidlösung an, kann man die Ionen sichtbar machen (**V2**). Die positiv geladenen Ionen, die **Kationen**, bewegen sich zum Minuspol. Zum Pluspol bewegen sich die negativ geladenen Ionen, die **Anionen**.

Ionen sind elektrisch geladene Teilchen. Kationen sind positiv geladen, Anionen sind negativ geladen.

Ionen können einfach oder mehrfach positiv bzw. negativ geladen sein. Die Ladungszahl und Ladungsart der Ionen eines Elements kennzeichnet man rechts am Elementsymbol durch eine hochgestellte Zahl und ein + bzw. - (**B3**). Die Ionen des Elements Calcium zum Beispiel sind zweifach positiv geladen, man schreibt Ca<sup>2+</sup>. Die 1 als Ladungszahl wird in der Symbolsprache weggelassen, man schreibt F<sup>-</sup> statt F<sup>1-</sup>.

## Das Ordnungssystem der Atome und Ionen

Atome ,  und Ionen ,  sind die Grundbausteine, aus denen alle Stoffe aufgebaut sind. Sie werden daher als „Bausteine der Materie“ bezeichnet und sind im **Ordnungssystem der Atome und Ionen** zusammengefasst (vgl. S. 58). Die meisten Elemente kommen sowohl als Atome als auch als Ionen vor. Metalle bilden in der Regel positiv geladene Ionen, sodass Kationen links im Ordnungssystem zu finden sind. Anionen dagegen stehen rechts, da sie von Nichtmetallen gebildet werden. Viele Elemente bilden Ionen mit der stets gleichen Ionenladung. Andere Elemente bilden unterschiedlich geladene Ionen, z. B. bildet Eisen zweifach oder dreifach geladene Kationen Fe<sup>2+</sup> bzw. Fe<sup>3+</sup> (**B3**).

## Kombinationen der Atome und Ionen

Obwohl die Gesamtzahl der Atome und Ionen groß ist, reicht sie nicht aus, um die enorme Vielfalt aller existierenden Stoffe zu erklären. Erst durch verschiedene Kombinationen der Atome und Ionen lässt sich diese Vielfalt erreichen.

**Metall-Ionen und Nichtmetall-Ionen:** Durch ihre unterschiedlichen Ladungen ziehen sich Anionen  und Kationen  gegenseitig an. Dabei zieht ein Kation aus allen Raumrichtungen Anionen an und umgekehrt. Zwischen verschiedenen geladenen Ionen wirken also sogenannte **ungerichtete Anziehungskräfte**. So bilden sich regelmäßig aufgebaute, dreidimensionale Ionenverbände aus Metall-Kationen und Nichtmetall-Anionen, die **Ionen-gitter** (vgl. **B4** und Kap. 3.5).

**Metall-Atome:** Auch zwischen den ungeladenen Atomen gibt es Anziehungskräfte, die jedoch weniger stark sind. Ähnlich wie bei den Ionen bestehen zwischen Metall-Atomen  ungerichtete Anziehungskräfte. Es bilden sich **Metallgitter** (vgl. **B4** und Kap. 3.3).

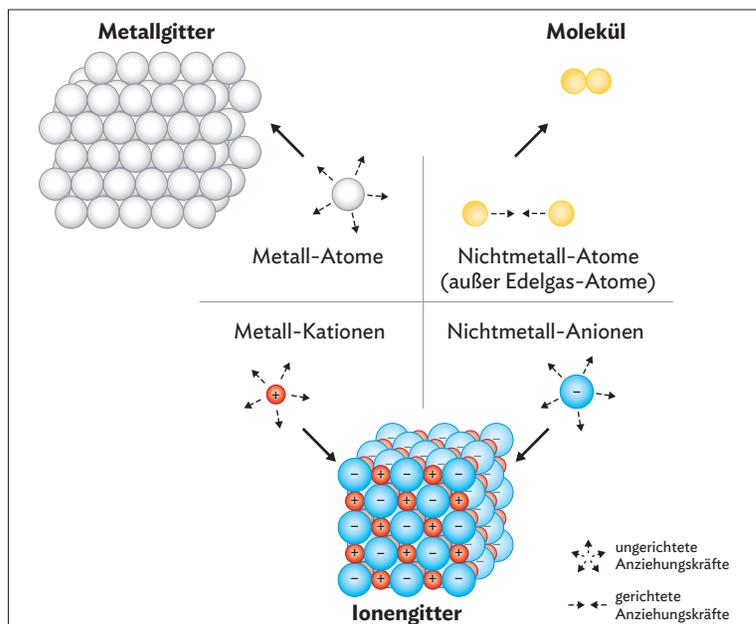
### Info

Unsere Welt ist bunt. Doch nicht die Atome oder Ionen machen die Stoffe farbig, denn Atome und Ionen selbst sind farblos. Erst durch die Kombination vieler Atome bzw. Ionen wird das Licht unterschiedlich gebrochen, wodurch der Farbeindruck entsteht. Auch andere Eigenschaften wie die Dichte und die Siedetemperatur gelten nur für den Stoff, nicht für das Atom oder Ion.

**Nichtmetall-Atome:** Zwischen Nichtmetall-Atomen  $\bullet$  wirken **gerichtete Anziehungskräfte**. Sie wirken nur in eine bestimmte Raumrichtung. Nichtmetall-Atome bilden daher keine gitterartigen Strukturen, sondern unterschiedlich große Atomverbände, die aus mindestens zwei Atomen bestehen, die **Moleküle** (vgl. B4 und Kap. 3.4).

Atome und Ionen verbinden sich durch ungerichtete oder gerichtete Anziehungskräfte zu Ionengittern, Metallgittern oder Molekülen.

Aus den verschiedenen Atom- bzw. Ionenverbänden ergeben sich verschiedene Stoffe wie Metalle, Salze oder molekular aufgebaute Stoffe (vgl. Kapitel 3.4).



**B4** Die Kombination der „Bausteine“ (Metall-Atome, Nichtmetall-Atome, Metall-Kationen, Nichtmetall-Anionen) bestimmt die Art der Materie.

### Alleine glücklich

Die Elemente Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon stehen in der achten Hauptgruppe und bilden die Elementfamilie der **Edelgase**. Die Atome der Edelgase bilden keinerlei Anziehungskräfte aus und verbinden sich somit nicht mit anderen Atomen. Man sagt, die Edelgase liegen **atomar** vor. Damit stellen sie eine Ausnahme dar. Sie werden als Schutzgas („Argon-Schweißen“) oder in Scheinwerfern („Xenon-Licht“) verwendet.

### AUFGABEN

- A1** Nach dem Teilchenmodell bestehen alle Reinstoffe aus je einer Teilchenart und die einzelnen Teilchen sind nicht weiter zerlegbar. Nenne die Unterschiede zwischen dem Teilchenmodell und dem Atommodell von DALTON.
- A2** Ergänze dein Portfolio aus Kap. 2 (vgl. **A4** S. 33) um das Atommodell von DALTON.
- A3** Erstelle eine Tabelle mit den Kationen und Anionen im Mineralwasser (**B5**).
- A4** Vergleiche die Anziehung zwischen Kugelmagneten mit der zwischen Stabmagneten und begründe die Eignung der Magneten als Modell für ungerichtete bzw. gerichtete Anziehungskräfte.
- A5** Ordne die Teilchen/ Teilchenverbände aus den folgenden Elementen den Kategorien *Metallgitter*, *Ionengitter*, *Molekül* und *atomar vorliegend* zu und begründe deine Zuordnung: a) Al und Al, b) Al und Br, c) H und Cl, d) He und He, e) C und O, f) Ar und He, g) Cu und Zn, h) Li und F.

Zusammensetzung in mg/L	
Natrium	91
Kalium	22
Calcium	85
Magnesium	25
Chlorid	37
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	54
Hydrogencarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	510

Analyseauszug durch laufende Kontrollanalysen bestätigt.

**B5** Etikett einer Mineralwasserflasche

### FACHBEGRIFFE

Atom, Atommodell von DALTON, Ion, Kation, Anion, Ordnungssystem der Atome und Ionen, ungerichtete Anziehungskräfte, gerichtete Anziehungskräfte, Ionengitter, Metallgitter, Molekül, Edelgas, atomar



# Das Ordnungssystem der Atome und Ionen

Periode	Hauptgruppen		Nebengruppen							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	H									
2	Li Li <sup>+</sup>	Be Be <sup>2+</sup>								
3	Na Na <sup>+</sup>	Mg Mg <sup>2+</sup>								
4	K K <sup>+</sup>	Ca Ca <sup>2+</sup>	Sc Sc <sup>3+</sup>	Ti Ti <sup>4+</sup>	V V <sup>5+</sup>	Cr Cr <sup>3+</sup> Cr <sup>6+</sup>	Mn Mn <sup>2+</sup> Mn <sup>4+</sup>	Fe Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	Co Co <sup>2+</sup> Co <sup>3+</sup>	
5	Rb Rb <sup>+</sup>	Sr Sr <sup>2+</sup>	Y Y <sup>3+</sup>	Zr Zr <sup>4+</sup>	Nb Nb <sup>5+</sup>	Mo Mo <sup>6+</sup>	Tc Tc <sup>7+</sup>	Ru Ru <sup>3+</sup>	Rh Rh <sup>3+</sup>	
6	Cs Cs <sup>+</sup>	Ba Ba <sup>2+</sup>	La La <sup>3+</sup>	Hf Hf <sup>4+</sup>	Ta Ta <sup>5+</sup>	W W <sup>6+</sup>	Re Re <sup>7+</sup>	Os Os <sup>4+</sup> Os <sup>8+</sup>	Ir Ir <sup>3+</sup>	

			Hauptgruppen					
			III	IV	V	VI	VII	VIII
								He 
			B 	C 	N 	O 	F 	Ne 
					N <sup>3-</sup> 	O <sup>2-</sup> 	F <sup>-</sup> 	
			Al 	Si 	P 	S 	Cl 	Ar 
			Al <sup>3+</sup> 	Si <sup>4+</sup> 	P <sup>3-</sup> 	S <sup>2-</sup> 	Cl <sup>-</sup> 	
Ni 	Cu 	Zn 	Ga 	Ge 	As 	Se 	Br 	Kr 
Ni <sup>2+</sup> 	Cu <sup>+</sup> 							
Ni <sup>3+</sup> 	Cu <sup>2+</sup> 	Zn <sup>2+</sup> 	Ga <sup>3+</sup> 	Ge <sup>4+</sup> 	As <sup>3-</sup> 	Se <sup>2-</sup> 	Br <sup>-</sup> 	
Pd 	Ag 	Cd 	In 	Sn 	Sb 	Te 	I 	Xe 
Pd <sup>2+</sup> 	Ag <sup>+</sup> 	Cd <sup>2+</sup> 	In <sup>3+</sup> 	Sn <sup>4+</sup> 	Sb <sup>5+</sup> 	Te <sup>2-</sup> 	I <sup>-</sup> 	
Pt 	Au 	Hg 	Tl 	Pb 	Bi 	Po 	At 	Rn 
Pt <sup>2+</sup> 	Au <sup>+</sup> 	Hg <sup>+</sup> 		Pb <sup>2+</sup> 				
Pt <sup>4+</sup> 	Au <sup>3+</sup> 	Hg <sup>2+</sup> 	Tl <sup>3+</sup> 	Pb <sup>4+</sup> 	Bi <sup>5+</sup> 			



## 3.3 Metalle

Die Verarbeitung von Metallen ist eines der ältesten Handwerke überhaupt. Ob Waffen, Werkzeuge oder Kochtöpfe, seit Jahrtausenden sind Gegenstände aus Metall ein fester Bestandteil unseres Alltags. Eine Welt ohne Metalle kann man sich kaum vorstellen. Warum sind Metalle so beliebte Rohstoffe?

### V1 Das Aussehen und die mechanische Verformbarkeit



Alltagsgegenstände wie Werkzeuge, Bad- und Küchenzubehör sind häufig aus Metallen gefertigt. Woran erkennt man Metalle und was zeichnet sie aus?

#### DURCHFÜHRUNG

- 1.1 Schmirgele jeweils die Oberfläche eines Metallstücks aus Aluminium, Eisen und Kupfer mit feinem Schleifpapier.
- 1.2 Überprüfe die folgenden Materialien (B1) auf ihre Verformbarkeit, indem du sie knickst.



**B1** Typische Alltagsgegenstände: Stromkabel, Brausetablette, Teelichtbecher, Zahnstocher, Alufolie, Büroklammer.

#### AUSWERTUNG

- a) Vergleiche die Oberfläche der Metalle in V1.1 vor und nach dem Schmirgeln.
- b) Beschreibe die Farbe der Metalle in V1.1 vor und nach dem Schmirgeln.
- c) Gib die Materialien aus B1 an, bei denen es sich um Metalle handelt. Beschreibe eine Eigenschaft, anhand derer du ein Metall erkennst.
- d) Vergleiche die Verformbarkeit der Metalle mit der der anderen Materialien aus B1.
- e) Nenne fünf Alltagsgegenstände aus Metall, die du im Laufe eines Tages benutzt. Erstelle eine Tabelle mit den Metallen, der jeweiligen Verwendung und einer dabei ausgenutzten Stoffeigenschaft.
- f) Begründe für die Gegenstände aus e) jeweils die bessere Eignung des Metalls im Gegensatz z. B. zu einem Kunststoff für die jeweilige Verwendung.

**V2 Die Wärmeleitfähigkeit**



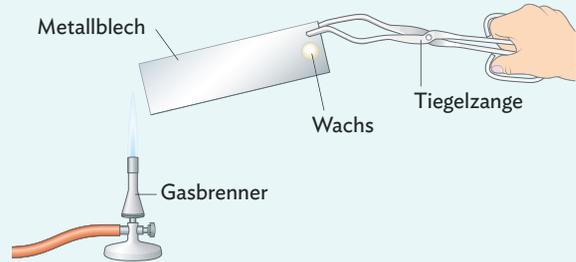
Warum verwenden Profiköche Bratpfannen aus Eisen statt Aluminium?

**DURCHFÜHRUNG**

Stelle eine Hypothese zur Einstiegsfrage auf. Führe anschließend den folgenden Versuch durch:

Tropfe auf gleich lange und gleich dicke Bleche von Aluminium, Eisen und Kupfer jeweils auf ein Ende des Metalls einen Tropfen Kerzenwachs (**B2**). Lass das Wachs erstarren.

Greife die Bleche jeweils mit einer Tiegelzange neben dem Wachs und erhitze sie nacheinander am anderen Ende mit der Brennerflamme (**B2**). Miss jeweils mit der Stoppuhr die Zeit bis zum Schmelzen des Wachs-tropfens.



**B2** Skizze zur Durchführung von V2

**AUSWERTUNG**

- a) Begründe die Notwendigkeit zur Verwendung von Topflappen bei Topfgriffen aus Metall.
- b) Ordne die untersuchten Metalle nach ihrer Fähigkeit, die Wärme zu leiten.
- c) Überprüfe deine Hypothese mit den Versuchsergebnissen und beantworte die Einstiegsfrage.

**V3 Die elektrische Leitfähigkeit**



Stromkabel bestehen meist aus einer Kunststoffhülle und Metalldrähten im Inneren. Warum werden bei Stromkabeln diese beiden Materialien kombiniert?

**DURCHFÜHRUNG**

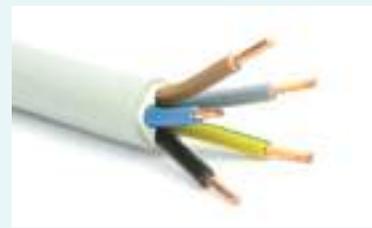
Stelle eine Hypothese zur Eingangsfrage auf. Berücksichtige dabei beide genannten Materialien.

Plane mithilfe der folgenden Materialien ein Experiment zur Überprüfung deiner Hypothese und führe es durch.

Materialien: Batterie, Stromkabel, Schere, Lämpchen, Krokodilklemmen.

**AUSWERTUNG**

- a) Erstelle ein vollständiges Versuchsprotokoll.
- b) Deute die Versuchsbeobachtungen und gib an, ob deine Hypothese bestätigt oder widerlegt wurde.
- c) Beantworte die Eingangsfrage anhand der Versuchsbeobachtungen.



**B3** Stromkabel

**Eine glänzende Welt voller Metalle**

Ob Aluminiumfolie oder Kupferkabel, Edelstahlpfannen oder Hartgeld, Fahrräder oder Werkzeuge – eine Welt ohne Metalle kann man sich kaum vorstellen. Mit Kupfer oder Zink werden ganze Dächer verkleidet, Metalle wie Silber, Gold oder Platin sind sehr teuer und werden oft zu Schmuck verarbeitet.

Bis auf das flüssige Quecksilber sind alle Metalle bei Raumtemperatur Feststoffe. Einige Metalle glänzen, andere sehen stumpf aus. Nach dem Schmirgeln erkennt man aber bei allen Materialien aus Metall einen **metallischen Glanz**.



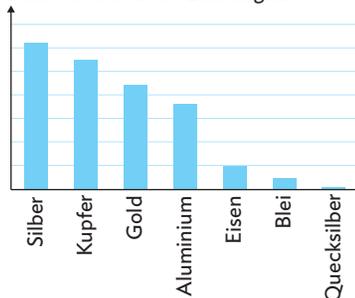
**B4** Glänzende Edelmetalle als Basis für Schmuck



## Info

Einige wenige Metalle sind magnetisch. Neben Eisen sind das nur Cobalt und Nickel. Man kann sich diese mit dem Akronym **EiCoNi** merken.

Relative elektrische Leitfähigkeit



**B5** Relative elektrische Leitfähigkeit einiger Metalle

## Einfach in Form zu bringen

Einige Metalle sind sehr hart, z. B. Wolfram, Osmium und Platin. Blei und Zinn sind dagegen verhältnismäßig weich. Trotz der unterschiedlichen Härte können Metalle **mechanisch verformt** werden, ohne zu brechen. Deshalb können Metalle so vielseitig eingesetzt werden. In der Industrie wird diese Eigenschaft genutzt, um z. B. durch Walzen Bleche und Folien (z. B. Aluminiumfolie) oder Drähte herzustellen. Durch das Erwärmen der Metalle kann der Schmied diese einfacher verarbeiten.

## Die Leitfähigkeit der Metalle

Berührt man Metalle, fühlen sie sich zunächst kalt an. Da die meisten Metalle eine gute **Wärmeleitfähigkeit** besitzen, nehmen sie die Körperwärme schnell auf und transportieren sie weiter, sodass die Haut sich abkühlt. Ein Metallblech, das man an einem Ende erhitzt, leitet die Wärme schnell bis zum anderen Ende weiter, sodass man das Blech schließlich nicht mehr mit der Hand festhalten kann (**V2**). Metalle werden aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit u. a. für die Herstellung von Kochtöpfen und Heizkörpern verwendet.

Metalle leiten nicht nur Wärme, sie sind auch sehr gute **Leiter** für den **elektrischen Strom**. Wenn ein Metall in einen Stromkreis geschaltet wird, ist der Stromkreis geschlossen und das Lämpchen leuchtet (**V3**). Die elektrische Leitfähigkeit von verschiedenen Metallen ist unterschiedlich gut (**B5**).

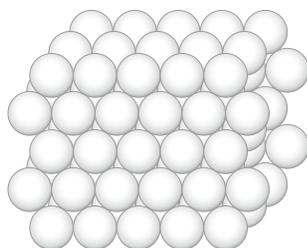
Allgemein können Stoffe in metallische Leiter und Isolatoren eingeteilt werden. Das macht man sich bei der Herstellung von Stromkabeln zunutze. Häufig befinden sich im Inneren Drähte aus Kupfer, da dieses Metall den elektrischen Strom besonders gut leitet. Viele Kunststoffe leiten den elektrischen Strom nicht. Sie unterbrechen den Stromfluss und werden daher als Isolatoren bezeichnet. Zum Schutz vor dem elektrischen Strom werden Kabel deshalb mit einem Kunststoff als Isolator ummantelt (**B3**).

Die typischen Eigenschaften von Metallen sind metallischer Glanz, mechanische Verformbarkeit, gute Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit.

## Der Aufbau der Metalle auf Teilchenebene

Um die Eigenschaften von Metallen erklären zu können, betrachtet man deren Aufbau auf Teilchenebene (vgl. Gegenstandsbereiche der Chemie S. 238): Die Atome der Metalle ordnen sich im festen Aggregatzustand in großen Atomverbänden an, die aufgrund ihrer regelmäßigen Struktur **Metallgitter** (**B6**) genannt werden. Innerhalb dieser regelmäßigen, dreidimensional aufgebauten Gitterstruktur herrschen zwischen den einzelnen Metall-Atomen **ungerichtete Anziehungskräfte**.

Zwischen Metall-Atomen herrschen ungerichtete Anziehungskräfte. Sie ordnen sich daher im festen Zustand in regelmäßigen Metallgittern an.



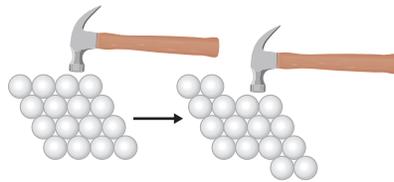
**B6** Metallgitter

Manche Metalle unterscheiden sich in der Anordnung ihrer Atome im Metallgitter. So sind die Atome in einem Stück Kupfer anders angeordnet als die Atome in einem Aluminiumblech.

## Die Erklärung der Eigenschaften von Metallen

**Wärmeleitfähigkeit:** Die Atome im Metallgitter befinden sich nicht unbewegt auf ihren Gitterplätzen, sondern schwingen bei Raumtemperatur leicht. Erhitzt man ein Metall, führt man den außenliegenden Atomen Energie in Form von Wärme zu. Dadurch bewegen sie sich stärker, stoßen aneinander und übertragen so die Energie an ihre nächsten Nachbarn. Auf diese Weise wird die Wärme über das gesamte Metallgitter weitergeleitet.

**Verformbarkeit:** Die Anordnung der Metall-Atome in einem Metallgitter ist auch die Ursache für die mechanische Verformbarkeit von Metallen. Beim Biegen, Hämmern oder Schmieden werden die Atome innerhalb des Metallgitters aneinander vorbeigeschoben (**B7**). Die Metall-Atome haben sich zwar gegeneinander verschoben, halten aber aufgrund der ungerichteten Anziehungskräfte immer noch in einem Atomverband zusammen.



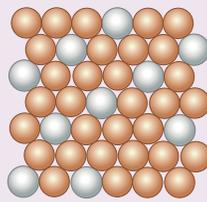
**B7** Modelldarstellung zur Druckeinwirkung auf ein Stück Metall.

### Info

Nicht alle Eigenschaften von Metallen lassen sich mit der Atomvorstellung von DALTON erklären. Beispielsweise liefert das Atommodell keine Erklärung dafür, dass Metalle glänzen und den elektrischen Strom leiten. Das Modell stößt hier also an seine Grenzen. Im Laufe der Zeit haben Chemiker und Chemikerinnen Modelle daher immer weiterentwickelt, so auch das Atommodell von DALTON (weitere Atommodelle siehe Kap. 6).

## EK Legierungen

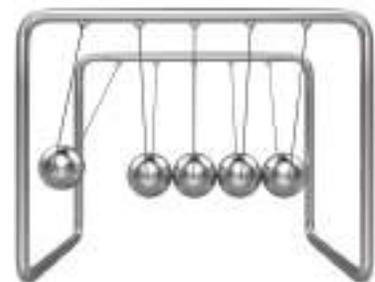
Um optimale Werkstoffeigenschaften zu erhalten, verwendet man Metalle häufig nicht als Reinstoff, sondern als Stoffgemische, sogenannte Legierungen. Dazu schmilzt man ausgewählte Metalle und mischt sie in bestimmten Mengenverhältnissen miteinander. Beim Abkühlen bilden die verschiedenen Atomsorten der Metalle gemeinsame Metallgitter (**B8**). Die so entstandenen Legierungen haben andere Werkstoffeigenschaften als die Reinstoffe, aus denen sie bestehen. Eine der wichtigsten Legierungen ist Stahl, der hauptsächlich Eisen, Kohlenstoff, Chrom und Nickel enthält. Andere Beispiele sind Bronze (Zinn und Kupfer) oder Messing (Zink und Kupfer).



**B8** Legierung auf Teilchenebene

## AUFGABEN

- A1** Erstelle eine Mindmap zum Thema Metalle.
- A2** Bügeleisen bestehen aus einem Kunststoffgriff und einer Metallplatte. Begründe diesen Aufbau.
- A3** Erkläre die Wärmeleitfähigkeit von Metallen anhand ihres Aufbaus auf Teilchenebene und vergleiche den Prozess der Wärmeübertragung modellhaft mit einem schwingenden Kugelpendel (**B9**).
- A4** Beschreibe die Darstellung in **B8** und erkläre damit den Aufbau von Legierungen auf Teilchenebene.



**B9** Schwingendes Kugelpendel

## FACHBEGRIFFE

metallischer Glanz, mechanische Verformbarkeit, Wärmeleitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Metallgitter, ungerichtete Anziehungskräfte



## 3.4 Molekular aufgebaute Stoffe

Aus Bausteinen kann man vielfältige Bauwerke errichten. Nur einige dieser Bauwerke sind stabil und fallen nicht bei der ersten Berührung auseinander. Doch was hat das mit Chemie zu tun?

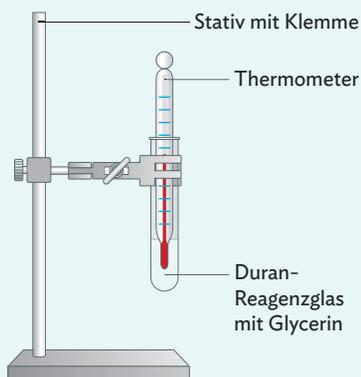
### V1 Eigenschaften molekular aufgebauter Stoffe



Metalle erkennt man anhand charakteristischer Eigenschaften. Was unterscheidet sie von molekular aufgebauten Stoffen?

#### DURCHFÜHRUNG

Fülle in ein schwer schmelzbares Reagenzglas etwa 10 cm hoch Glycerin und verschließe es mit einem Stopfen. Stelle das Reagenzglas in den Gefrierschrank bis das Glycerin erstarrt ist. Befestige es danach im Versuchsaufbau (B1) und stecke das Thermometer vorsichtig senkrecht in das Glycerin. Beobachte die Temperatur und notiere die Temperatur, bei der sich das Glycerin verflüssigt.

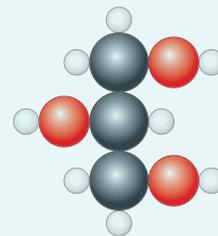


B1 Versuchsaufbau zu V1

#### AUSWERTUNG

a) Vergleiche die Schmelztemperatur von Glycerin mit den Schmelztemperaturen von Metallen wie Kupfer, Platin und Eisen (vorderer Buchdeckel).

b) Glycerin besteht aus vielen kleinen Atomverbänden, den Glycerin-Molekülen (B2). Innerhalb der Moleküle sind die Atome fest miteinander verbunden. Zwischen den einzelnen Molekülen wirken dagegen nur schwächere Anziehungskräfte. Vergleiche den Aufbau von Glycerin mit dem von Metallen auf Teilchen-ebene.



B2 ein Glycerin-Molekül

c) Erkläre mit deinen Erkenntnissen aus b) die Unterschiede in den Schmelztemperaturen.

d) Erstelle ein vollständiges Versuchsprotokoll zu V1.

**M2 Atome verbinden**

Nichtmetall-Atome verbinden sich durch gerichtete Anziehungskräfte und bilden so Moleküle. Mithilfe von Bausteinen, die symbolisch für einzelne Atome stehen, kann man das nachvollziehen.

Wasserstoff-Atom:    Sauerstoff-Atom:    Kohlenstoff-Atom:



**DURCHFÜHRUNG**

Baue jeweils folgende Bausteine zu Bauwerken zusammen. Kombiniere die Bausteine dabei so, dass jedes Bauwerk aus zwei Reihen mit Steinen besteht und die beiden Reihen jeweils gleich lang sind.

1. ein schwarzer und vier weiße Steine
2. zwei rote Steine
3. ein roter und zwei weiße Steine

**AUSWERTUNG**

- a) Zeichne die Bauwerke als chemische Teilchenverbände. Stelle dafür die Atome nicht als Bausteine, sondern als Kugeln in der entsprechenden Farbe dar (vgl. Info).
- b) Notiere nun für jede Atomsorte das entsprechende Elementsymbol und schreibe die Elementsymbole eines Teilchenverbands nebeneinander.
- c) Bestimme für jede Atomsorte die Anzahl der Atome in einem Teilchenverband. Schreibe diese Zahl tiefgestellt hinter das entsprechende Elementsymbol.
- d) Vergleiche eure Bauwerke, Zeichnungen und Abkürzungen innerhalb der Klasse.
- e) Recherchiere die Namen der Stoffe, deren Moleküle du im Bausteinmodell nachgebaut hast.

**Eigenschaften molekular aufgebauter Stoffe**

Stoffe wie Zucker, Wasser und Sauerstoff gehören zu den sogenannten **molekular aufgebauten Stoffen**. Es gibt eine sehr große Vielfalt molekular aufgebauter Stoffe, sodass auch deren Eigenschaften stark variieren. Im Vergleich zu Metallen haben die meisten von ihnen eine geringe Dichte, eine niedrige Schmelz- und eine niedrige Siedetemperatur. Viele molekular aufgebaute Stoffe sind daher bei Raumtemperatur flüssig oder gasförmig.

**Die Moleküle**

Ein molekular aufgebauter Stoff besteht aus zahlreichen kleinen Atomverbänden, den **Molekülen**. Die Moleküle eines Reinstoffes sind alle exakt gleich aufgebaut (**B3**). Moleküle bestehen aus Nichtmetall-Atomen, die durch **gerichtete Anziehungskräfte** zusammenhalten. Anders als Metall-Atome bilden Nichtmetall-Atome daher keine gitterartigen Strukturen, sondern meist kleinere Atomverbände.

Ein Molekül ist ein Atomverband aus mindestens zwei Nichtmetall-Atomen.

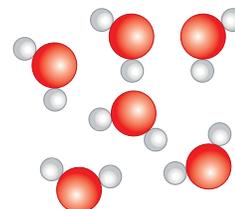
**Erklärung der Eigenschaften auf Teilchenebene**

Mit dem Aufbau auf Teilchenebene kann man typische Eigenschaften molekular aufgebauter Stoffe erklären: Zwischen den einzelnen Molekülen wirken nur sehr geringe Anziehungskräfte. Schon bei einer niedrigen Wärmezufuhr entfernen sich die Moleküle daher voneinander. Im Vergleich dazu muss man viel Wärme zuführen, um die Anziehungskräfte in einem Metallgitter zu überwinden, sodass das Metall schmilzt. Die Schmelztemperaturen molekular aufgebauter Stoffe sind daher meist niedriger als die von Metallen.

**Info**

Um verschiedene Atomsorten in Abbildungen einheitlich darstellen zu können, hat man sich für die wichtigsten Atomsorten auf eine Farbsymbolik geeinigt:

- ein Kohlenstoff-Atom
- ein Sauerstoff-Atom
- ein Wasserstoff-Atom
- ein Stickstoff-Atom
- ein Chlor-Atom
- ein Schwefel-Atom



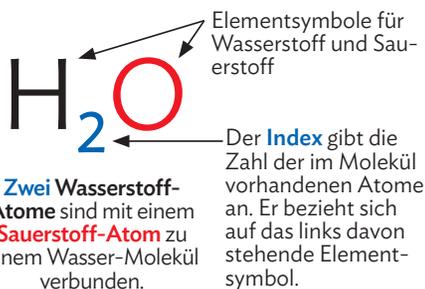
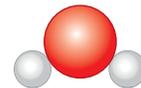
**B3** Ein Schluck Wasser besteht aus einer Vielzahl einzelner Wassermoleküle, die untereinander nicht verbunden sind.

**Info**

Mithilfe des Akronyms **HONCIBrIF** kann man sich die chemischen Elemente merken, die als zweiatomige Moleküle in der Natur vorkommen: Wasserstoff  $H_2$ , Sauerstoff  $O_2$ , Stickstoff  $N_2$ , Chlor  $Cl_2$ , Brom  $Br_2$ , Iod  $I_2$  und Fluor  $F_2$ .

**Bindigkeit**

Nichtmetall-Atome verbinden sich nicht willkürlich miteinander. Stattdessen kann jedes Atom nur eine ganz bestimmte Anzahl weiterer Atome binden. Diese Anzahl wird durch die **Bindigkeit** angegeben (**B5**). Beispielsweise besitzt ein Sauerstoff-Atom (●) die Bindigkeit II und kann somit zwei Bindungen mit anderen Atomen eingehen. Ein Wasserstoff-Atom (○) besitzt die Bindigkeit I und kann nur eine Bindung mit einem anderen Atom eingehen. Somit können sich zwei Wasserstoff-Atome mit einem Sauerstoff-Atom über gerichtete Anziehungskräfte zu einem Molekül verbinden. Der Stoff, der aus solchen Molekülen besteht, ist Wasser. Die Bindigkeit von Atomen kann aus dem Periodensystem herausgelesen werden (siehe **FM**). Daneben gibt es jedoch auch Ausnahmen. So ist die Bindigkeit eines Schwefel-Atoms zum Beispiel im Schwefeldioxid IV, im Schwefeltrioxid dagegen VI.

**B4** Molekülformel von Wasser**Molekülformeln**

Um zu beschreiben, wie viele Atome welcher Atomsorte in einem Molekül verbunden sind, verwendet man **Molekülformeln**. Diese setzen sich aus den Elementsymbolen der enthaltenen Atomsorten und tiefgestellten Zahlen, dem **Index**, zusammen. Der Index hinter einem Elementsymbol gibt die Anzahl der entsprechenden Atome in einem Molekül an (**B4**). Der Index 1 wird in der Symbolsprache weggelassen.

Die Zusammensetzung von Molekülen ergibt sich aus der Bindigkeit der Atome und wird durch Molekülformeln dargestellt.

Im Laufe der Jahrhunderte sind viele Stoffe nach anderen Regeln benannt worden. Sehr häufig werden diese historischen Begriffe auch heute noch benutzt. So wird  $NH_3$  nicht als Triwasserstoffmononitrid bezeichnet, sondern als Ammoniak oder  $H_2O$  als Wasser. Solche Begriffe heißen Trivialnamen.

**FM****Molekülformeln aufstellen**

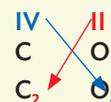
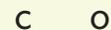
Hauptgruppe	Bindigkeit
I	I
II	-
III	III
IV	IV
V	III
VI	II
VII	I
VIII	-

**B5** Bindigkeit der Hauptgruppen

Bestimme die Formel für die Moleküle aus Kohlenstoff- und Sauerstoff-Atomen.

**So geht's**

- Notiere die Elementsymbole der Nichtmetall-Atome, die sich miteinander verbinden.
- Bestimme die Bindigkeit anhand der Hauptgruppe (**B5**).
- Bestimme den jeweiligen Index, indem du über Kreuz die Bindigkeit notierst.
- Kürze, falls möglich.
- Lasse den Index 1 in der Molekülformel weg.



**FM Molekular aufgebaute Stoffe benennen**

Aus der Molekülformel lässt sich der Name eines Stoffes ermitteln.  
Benenne die Stoffe, deren Moleküle die Formeln a)  $\text{PCl}_3$  und b)  $\text{N}_2\text{O}$  haben.

**So geht's**

- Stelle den **Namen des Nichtmetalls**, dessen Atome den **niedrigeren Elektronegativitätswert** haben, als ersten Wortteil voran. Die Elektronegativitätswerte EN findest du im Periodensystem der Elemente (hinterer Buchdeckel) jeweils rechts unten am entsprechenden Element.
  - a)  $EN(\text{Phosphor}): 2,1 < EN(\text{Chlor}): 3,0$       **Phosphor-**
  - b)  $EN(\text{Stickstoff}): 3,0 < EN(\text{Sauerstoff}): 3,5$       **Stickstoff-**
- Füge den **Namen des Nichtmetalls mit höherem Elektronegativitätswert** sowie die Endung **-id** an. Einige Nichtmetalle werden hier mit griechischem bzw. lateinischem Namen genannt. Diese findest du in der Tabelle **B6**.
  - a) **-chlorid**
  - b) **-oxid**
- Wenn die Molekülformel Indizes enthält, ergänze das entsprechende **griechische Zahlwort** (**B7**) vor dem Namen des entsprechenden Nichtmetalls. Ein „Mono-“ am Anfang des Gesamtens entfällt.
  - a) (~~Monophosphor~~trichlorid) → **Phosphortrichlorid**
  - b) **Distickstoffmonooxid**

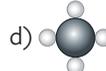
Nichtmetall	Bezeichnung
Sauerstoff	-oxid
Schwefel	-sulfid
Stickstoff	-nitrid
Phosphor	-phosphid
Kohlenstoff	-carbid

**B6** Bezeichnung der Nichtmetalle im zweiten Wortteil des Stoffnamens

Zahl	griech. Zahlwort
1	mono
2	di
3	tri
4	tetra
5	penta

**B7** Zahlwörter in der Molekülformel

**AUFGABEN**

- A1** Notiere folgende Darstellungen als Molekülformeln:  
 a)  b)  c)  d) 
- A2** Zeichne folgende Moleküle auf Teilchenebene: a) Chlor-Molekül, b) Stickstoffdioxid-Molekül, c) Schwefeltrioxid-Molekül.
- A3** Übertrage nachfolgende Tabelle in dein Heft und vervollständige sie.
- | Molekül aus ...                    | Molekülformel | Molekülname    |
|------------------------------------|---------------|----------------|
| Brom-Atomen                        |               |                |
|                                    | CO            |                |
|                                    |               | Diiodpentaoxid |
| Wasserstoff- und Schwefel-Atom(en) |               |                |
- A4** Vergleiche den Aufbau der Elemente Natrium und Chlor auf Teilchenebene. Notiere Gemeinsamkeiten und Unterschiede.
- A5** Unter anderem bei den Elementen Helium, Neon und Magnesium gibt man keine Bindigkeit an. Begründe dies.

**FACHBEGRIFFE**

molekular aufgebauter Stoff, Molekül, gerichtete Anziehungskräfte, Bindigkeit, Molekülformel, Index



## 3.5 Salze

Salzkristalle sind nicht nur schön anzusehen, einige Salze übernehmen im Körper von Lebewesen wichtige Aufgaben. Kochsalz ist unter anderem an der Regulation des Wasserhaushaltes beteiligt und für die Nervenfunktion unablässig. Welche Eigenschaften haben Salze und wie hängen diese mit ihrem Aufbau auf Teilchenebene zusammen?

### V1 Eigenschaften von Salzen



„Brauchst du Kochsalz oder Salz?“ „Egal! Verhält sich eh alles gleich.“ Kann man Salze an bestimmten Eigenschaften erkennen?

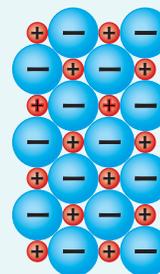
#### DURCHFÜHRUNG

- 1.1 Fülle ein Reagenzglas zur Hälfte mit Wasser und eines zur Hälfte mit Öl. Gib je eine Spatelspitze Kochsalz dazu und schüttle kräftig.
- 1.2 Teste Kochsalz und destilliertes Wasser jeweils auf ihre elektrische Leitfähigkeit (vgl. FM S. 17). Gib nun beides zusammen in ein Becherglas, rühre um und teste erneut.
- 1.3 Gib einen Spatel voll Kochsalz in ein schwer schmelzbares Reagenzglas. Erhitze über der Brennerflamme.
- 1.4 Lasse einen Kochsalzkristall aus großer Höhe auf den Tisch fallen und klopfe einmal fest mit einem Pistill oder einem Hammer auf den Kristall.
- 1.5 Wiederhole alle Tests mit den Salzen Kaliummononitrat und Kupfermonosulfat.

#### AUSWERTUNG

- a) Fasse die in den Versuchen gefundenen Eigenschaften der Stoffe tabellarisch zusammen.
- b) Erkläre den Unterschied zwischen den Begriffen „Salz“ und „Kochsalz“.
- c) B1 zeigt zweidimensional einen Kochsalzkristall auf Teilchenebene. Skizziere eine Bildergeschichte, die deine Beobachtungen aus V1.4 auf Teilchenebene erklärt. Verfasse einen passenden Text dazu.

*Hinweis:* Beachte bei deinen Überlegungen, dass sich gleiche Ladungen abstoßen.



B1 Kochsalz auf Teilchenebene

## Es gibt nicht nur Kochsalz

Kochsalz ist sicherlich das bekannteste aller Salze und in jeder Küche zu finden. Es wird seit Jahrhunderten in Salzbergwerken abgebaut oder durch Eindampfen aus Solequellen gewonnen.

Es ist ein weißer Feststoff mit typisch „salzigem“ Geschmack. Bei genauer Betrachtung lassen sich stets würfelförmige **Kristalle** erkennen. Kochsalzkristalle sind sehr **hart**: Lässt man sie aus großer Höhe fallen, gehen sie nicht kaputt. Schlägt man aber mit einem Hammer auf einen Kochsalzkristall gezielt ein, zerbricht der **spröde** Kristall. Es ist gut **wasserlöslich**, in Öl dagegen löst es sich nicht. Im kristallinen Zustand gehört es zu den **Isolatoren**, es leitet den elektrischen Strom nicht. Eine Kochsalzlösung ist dagegen elektrisch leitfähig. Es hat mit 801 °C eine relativ **hohe Schmelztemperatur**.

Ganz ähnlich verhält es sich auch mit anderen Salzen. Sie bilden harte und spröde Kristalle in unterschiedlichen geometrischen Formen. Sie haben hohe Schmelztemperaturen, sind meist wasserlöslich, aber stets unlöslich in Öl. Zudem sind sie im kristallinen Zustand Isolatoren, leiten aber Strom, sobald sie in Wasser gelöst sind. Alle Stoffe, die sich in diesen Eigenschaften stark ähneln, werden in der Stoffgruppe der Salze zusammengefasst. Der Begriff „Salz“ meint in der Chemie daher nicht nur Kochsalz, sondern eine ganze Stoffgruppe (B2).

Salze bilden harte, spröde Kristalle, sind meist wasserlöslich, haben hohe Schmelztemperaturen und sind im kristallinen Zustand Isolatoren.

## Der Aufbau von Salzen auf Teilchenebene

Lässt man eine Kochsalzlösung unbedeckt stehen, bilden sich nach einiger Zeit Kristalle. Kochsalz, chemisch Natriummonochlorid genannt, besteht aus positiv geladenen Natrium-**Kationen**  $\text{Na}^+$  und negativ geladenen Chlorid-**Anionen**  $\text{Cl}^-$ . Verdunstet das Wasser aus der Kochsalzlösung, verringert sich der Abstand der Ionen zunehmend. Durch ihre entgegengesetzte Ladung ziehen sich die Kationen und Anionen gegenseitig an. Da diese Anziehungskräfte **ungerichtet** sind, platzieren sich um jedes Anion so viele Kationen, wie räumlich möglich ist, und umgekehrt. Ein Natrium-Kation wird daher von sechs Chlorid-Anionen umgeben und ein Chlorid-Anion von sechs Natrium-Kationen (B3). Die Anziehung der Ionen setzt sich immer weiter fort, bis sich alle vorhandenen Ionen angelagert haben. So entsteht eine regelmäßige Struktur, das **Ionengitter**, in dem Kationen und Anionen immer abwechselnd dreidimensional angeordnet sind.

Der Aufbau auf Teilchenebene hat Auswirkungen auf die Erscheinung auf Stoffebene: Kochsalz bildet weiße, quadratische Kristalle. Will man bunte Kristalle mit anderen Formen züchten, muss man andere Salze benutzen. Da diese ebenfalls aus Metall-Kationen und Nichtmetall-Anionen bestehen, bilden auch sie Ionengitter. Die jeweilige Kristallform (z. B. Oktaeder, Rauten oder Nadeln) und die genauen Eigenschaften hängen dabei von Ladung und Größe der Ionen ab.

Salze bestehen aus Metall-Kationen und Nichtmetall-Anionen, die sich aufgrund ungerichteter Anziehungskräfte zu Ionengittern anordnen.

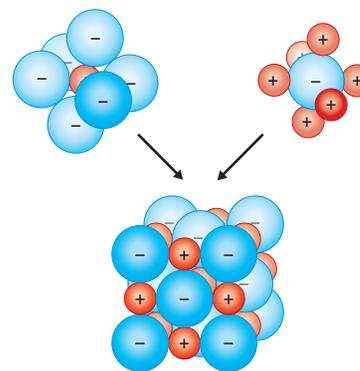
### STECKBRIEF

#### Salze

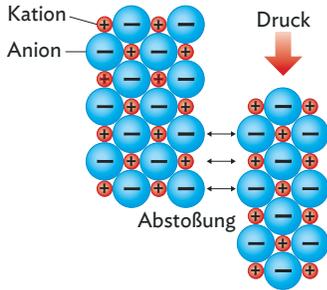
- **Stoffebene:**  
kristallin, hart, spröde, hohe Schmelztemperaturen, meist wasserlöslich, nur als Lösung oder Schmelze elektrisch leitfähig
- **Teilchenebene:**  
aus Ionengittern aufgebaut, die sich aus Metall-Kationen und Nichtmetall-Anionen zusammensetzen



B2 Steckbrief zu Salzen und Foto bunter Salze



B3 Ionengitter von Natriummonochlorid im Modell



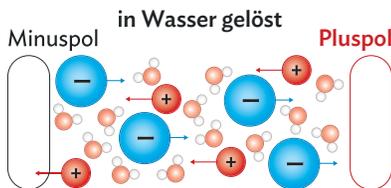
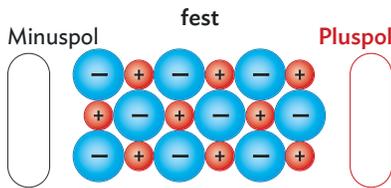
**B4** Erklärung der Sprödigkeit von Kochsalz auf Teilchenebene

### Erklärung einiger Stoffeigenschaften auf Teilchenebene

**Sprödigkeit und Härte:** Bearbeitet man einen Salzkristall mit einem Hammer, bricht dieser. Im Gegensatz zu Metallen sind Salze spröde. Sobald die Ionen im Ionengitter durch eine äußere Krafteinwirkung verschoben werden, treffen gleiche Ladungen aufeinander und stoßen sich gegenseitig ab (B4). Der Kristall bricht. Ohne gezielte Krafteinwirkung befinden sich im Ionengitter immer entgegengesetzt geladenen Ionen nebeneinander. Sie ziehen sich gegenseitig stark an. Salze sind daher sehr hart.

**Schmelztemperatur:** Aufgrund der starken Anziehungskraft zwischen den Anionen und den Kationen im Salzkristall benötigt man viel Energie, um die Ionen aus ihrem Gitterverband zu lösen. Kochsalz und viele weitere Salze schmelzen daher erst bei sehr hohen Temperaturen.

**Elektrische Leitfähigkeit:** Im kristallinen Zustand sind Salze Nichtleiter (B5 oben). Löst man sie in Wasser, leitet die Lösung den elektrischen Strom (B5 unten). Die einzelnen Ionen sind dann nicht mehr auf festen Gitterplätzen gebunden, sondern frei beweglich. Das gilt genauso für geschmolzene Salze. Bei freier Beweglichkeit können die Ionen die elektrischen Ladungen von einem Pol zum anderen Pol transportieren.



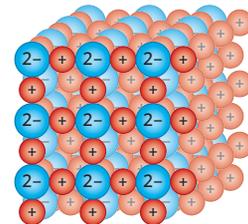
- Kation
- Anion
- Wasser-Molekül

**B5** Nur bewegliche Ionen können im elektrischen Feld wandern und leiten so den elektrischen Strom.

### Die Verhältnisformel von Salzen

Alle 17 Nichtmetalle lassen sich mit über 90 Metallen zu Salzen kombinieren. Daher ist es wichtig, jedes Salz eindeutig und international verständlich zu bezeichnen. Bei molekular aufgebauten Stoffen geschieht das über Molekülformeln, in denen die genaue Anzahl aller Atome eines Moleküls angegeben ist. Salzkristalle enthalten aber je nach Größe unterschiedlich viele Ionen. Ein kleiner, würfelförmiger Kochsalzkristall mit einer Kantenlänge von 0,4 mm enthält ca. 1.425.000.000.000.000 Anionen und ebenso viele Kationen. Da es für die Stoffeigenschaften keine Rolle spielt, wie viele Ionen ein Ionengitter tatsächlich enthält, ist es unnötig von jedem Kristall die genaue Ionenanzahl zu bestimmen und diese als Index in die Formel zu schreiben. Stattdessen verwendet man **Verhältnisformeln**, die das Mengenverhältnis von Kationen zu Anionen beschreiben. Für Kochsalz ist das Verhältnis von Natrium-Kationen  $\text{Na}^+$  zu Chlorid-Anionen  $\text{Cl}^-$  1 : 1, die Verhältnisformel lautet  $(\text{Na}^+)_1(\text{Cl}^-)_1$ . Wie in der Mathematik wird die Zahl 1 weggelassen, man schreibt  $(\text{Na}^+)(\text{Cl}^-)$  und sagt Natriummonochlorid.

Ist die Ladungszahl der Kationen und Anionen in einem Salz verschieden, muss die elektrische Ladung durch die Anzahl der Ionen ausgeglichen werden. Das Verhältnis von Kationen zu Anionen verändert sich: Ein Dinatriummonosulfidkristall bildet ein Ionengitter mit doppelt so vielen Natrium-Ionen  $\text{Na}^+$  wie Sulfid-Ionen  $\text{S}^{2-}$  (B6). Zum Ausgleich der Ladung für ein zweifach negativ geladenes Sulfid-Ion  $\text{S}^{2-}$  sind zwei einfach positiv geladene Natrium-Ionen  $\text{Na}^+$  nötig. Das Verhältnis ist 2 : 1 und die Formel lautet  $(\text{Na}^+)_2(\text{S}^{2-})$ .



**B6** Salz mit doppelt so vielen Kationen wie Anionen: Formel  $\text{A}_2\text{B}$

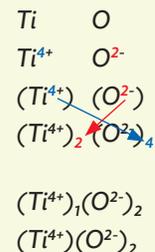
Verhältnisformeln geben das Verhältnis der Ionen im Ionengitter an. Sie geben nicht die tatsächliche Anzahl der Ionen im Kristall an.

**FM** **Verhältnisformeln von Salzen aufstellen**

Salze lassen sich mit der Verhältnisformel beschreiben. Stelle die Verhältnisformel zu einem Salz aus Titan- und Sauerstoff-Ionen auf.

**So geht's**

1. Finde die beteiligten Ionen im Ordnungssystem der Atome und Ionen (S. 58).  
Welches Elementsymbol für welches Element steht, kannst du im vorderen Buchdeckel nachschauen.
2. Notiere das Elementsymbol für das Kation vor dem für das Anion.
3. Notiere die jeweilige Ionenladung als hochgestellte Ziffer hinter dem Elementsymbol.
4. Setze das Elementsymbol mit Ladung jeweils in eine Klammer.
5. Schreibe die Ladungszahl des einen Ions als Index (ohne Vorzeichen) hinter die Formel des anderen Ions.
6. Kürze den Index, wenn möglich.
7. Lasse eine 1 als Index weg.



**Benennung von Salzen**

Im Alltag begegnen uns viele Salze mit teils seltsamen Namen, z. B. Steinsalz, Natron, Pottasche oder Hirschhornsalz, die in der Back- oder Putzmittelabteilung zu finden sind. Die Namen gehen oft auf historische Gewinnungsverfahren zurück und sind nicht eindeutig. Während am Esstisch oder in der Küche mit Salz klar Kochsalz, Natriummonochlorid, gemeint ist, ist es im Labor nötig, sich präziser auszudrücken. Daher gibt es für jeden Stoff einen Namen, der es ermöglicht, die chemische Formel aus dem Namen abzuleiten und umgekehrt. Hat man die Verhältnisformel eines Salzes, ist auch der Name eindeutig: Zuerst nennt man den Namen des Metall-Kations. Dann folgt der Name des Nichtmetall-Anions auf lateinisch bzw. griechisch, wobei bei einsilbigen Elementnamen nur die Endung -id angehängt wird und längere Namen zusätzlich verkürzt werden (**B7**). Ist ein Index vorhanden, so wird dieser (vgl. **FM** S. 67) dem Ionennamen vorausgestellt. Ein „Mono“ vor dem Kation entfällt. So heißt beispielsweise das Salz mit der Formel  $(\text{Ca}^{2+})(\text{F}^-)_2$  korrekt **Calciumdifluorid**.

Elementnamen (griechisch)	Anion
Sauerstoff (Oxygenium)	-oxid
Schwefel (Sulfur)	-sulfid
Stickstoff (Nitrogenium)	-nitrid
Kohlenstoff (Carbonium)	-carbid
Phosphor (Phosphoros)	-phosphid
Chlor (Chloros)	-chlorid
Fluor (Fluores)	-fluorid
Brom (Bromos)	-bromid
Iod (Ioeides)	-iodid

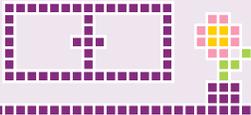
**B7** Bezeichnung der Nichtmetall-Anionen in Salzen

**AUFGABEN**

- A1** Entscheide begründet, ob es sich bei folgenden Stoffen um Salze oder Moleküle handelt: Diwasserstoffmonooxid, Magnesiumdibromid, Stickstofftrichlorid, Trilithiummonophosphid, Zinntetraiodid.
- A2** Ordne die Namen den Formeln richtig zu: Dieisentrioxid, Kupferdichlorid, Magnesiummonooxid, Dinatriummonosulfid  $(\text{Cu}^{2+})(\text{Cl}^-)_2$ ,  $(\text{Fe}^{3+})_2(\text{O}^{2-})_3$ ,  $(\text{Na}^+)_2(\text{S}^{2-})$ ,  $(\text{Mg}^{2+})(\text{O}^{2-})$
- A3** Benenne die folgenden Salze fachsprachlich korrekt:  
a)  $(\text{Mg}^{2+})(\text{F}^-)_2$ , b)  $(\text{Al}^{3+})(\text{Br}^-)_3$ , c)  $(\text{K}^+)_3(\text{P}^{3-})$ , d)  $(\text{Li}^+)_2(\text{S}^{2-})$ , e)  $(\text{Pb}^{4+})(\text{O}^{2-})_2$
- A4** Stelle jeweils die Verhältnisformel auf: a) Salz aus Magnesium- und Phosphid-Ionen, b) Salz aus Silber- und Chlorid-Ionen, c) Salz aus Lithium- und Oxid-Ionen.

**FACHBEGRIFFE**

Kristall, Härte, Sprödigkeit, Wasserlöslichkeit, Isolator, hohe Schmelztemperatur, Kation, Anion, ungerichtete Anziehungskraft, Ionengitter, Salz, Verhältnisformel



## Die Nebengruppenelemente

**Der Begriff „Nebengruppe“ vermittelt uns das Gefühl, dass die Elemente darin unwichtig wären. Doch in Wahrheit sind diese Elemente alles andere als nebensächlich.**

In den Nebengruppen des Ordnungssystems der Elemente befinden sich ausschließlich Metalle. Hier finden sich auch viele Elemente, die im Alltag wichtig sind, beispielsweise Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zink und Platin. Die Nebengruppenelemente findet man im Ordnungssystem der Elemente ab der 4. Periode immer zwischen der zweiten und dritten Hauptgruppe eingeordnet. Die Eigenschaften der Nebengruppenelemente einer Periode sind weniger unterschiedlich als die der Hauptgruppenelemente einer Periode. Wie für Metalle üblich liegen sie meist als positiv geladene Metall-Kationen vor. Besonders ist, dass viele von ihnen unterschiedliche Ladungszahlen haben können. Mangan-Ionen können mit der Ladungszahl +2, +4 und +7 auftreten.

Viele Schwermetalle wirken in höheren Dosen zellschädigend, ja sogar tödlich. Dagegen sind einige in niedrigen Konzentrationen lebensnotwendig für den menschlichen Körper. Zu diesen essentiellen „Spurenelementen“ gehören die Ionen der Nebengruppenelemente Eisen, Mangan, Kupfer, Chrom und Zink.

Eisen bildet Ionen mit der Ladungszahl +2 oder +3. Erstere sorgen als Bestandteil des roten Blutfarbstoffes Hämoglobin der roten Blutkörperchen für den Sauerstofftransport. Ein Mangel an Eisen-Ionen führt daher zur Anämie (Blutarmut), die wiederum für Müdigkeit, Schwindel und Konzentrationsstörungen verantwortlich ist. Auch die Immunabwehr ist dann geschwächt.



**B1** Allergietest

Eisen-Ionen werden über rotes Fleisch, Hülsenfrüchte, grünes Gemüse und Getreide aufgenommen. Eine erwachsene Person hat 2,5 bis 4 g Eisen-Ionen im Körper.

Die verschiedenen Ionen von Mangan sind Bestandteil vieler Enzyme und an der Blutgerinnung sowie am Insulinaufbau beteiligt. Durch Getreide, Hülsenfrüchte und Reis wird der tägliche Bedarf gesichert.

Zink-Ionen sind im Körper bedeutsam für den Zucker-, Fett- und Eiweißstoffwechsel. Zudem sind sie am Aufbau der Erbsubstanz und am Zellwachstum beteiligt und spielen für das Immunsystem und die Wirkung von Hormonen eine Rolle. Über Fleisch, Eier und Käse nehmen wir Zink-Ionen auf.

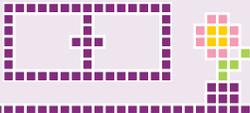
Auf Edelmetalle wie Gold und Platin reagiert fast niemand allergisch. Das liegt daran, dass diese Metalle schwer in Lösung gehen, also beim normalen Gebrauch keine Ionen bilden. Gold wird häufig für Zahnersatz genutzt.

Manche Metalle bilden durch den Kontakt mit salzhaltigem, säuerlichem Körperschweiß Ionen und lösen sich darin langsam auf. Manche dieser Metalle rufen dadurch Kontaktallergien hervor. Besonders auf Nickel-Ionen reagieren viele Menschen allergisch (**B1**). Beim ersten Kontakt deutet das körpereigene Immunsystem Nickel-Ionen als gefährliche Fremdstoffe und wehrt sich dagegen, indem es Antikörper bildet. Da dies Zeit braucht, zeigt sich die allergische Reaktion erst bei wiederholtem Kontakt. So bilden sich teilweise erst nach mehreren Wochen und häufigem Kontakt Hautstellen mit roten, meist juckenden Punkten bis hin zu nässenden Bläschen.

Nickel ist häufig in Modeschmuck, Gürtelschnallen, Reißverschlüssen und Metallknöpfen zu finden. Bei der 1-Euro-Münze besteht der Ring aus nickelhaltigem Messing. Beim Kern ist eine Nickelschicht beidseitig von einer Nickel-Kupfer-Legierung eingehüllt.

### AUFGABEN

- A1** „Allein die Dosis macht es, dass ein Ding kein Gift ist“. Erkläre diesen berühmten Satz vom Arzt Paracelsus mithilfe des Textes.
- A2** Nimm Stellung zu der Aussage: Auf den ersten Stich einer Biene kann man nicht allergisch reagieren.



## Salz – ein wichtiger Alltagsstoff

**Salz ist in unserem Alltag fast allgegenwärtig. Aber wo kommt dieser lebenswichtige Stoff eigentlich her?**

Etwa sechs Gramm Kochsalz täglich braucht der menschliche Körper zum Überleben. Salz ist beispielsweise unverzichtbar für die Weitergabe von Nervenimpulsen an Muskeln. Tiere in freier Wildbahn haben oft Schwierigkeiten, ihren Salzbedarf zu decken, und fressen bei Salzangel salzhaltigen Lehm. Die meisten Menschen überschreiten durch ungesunde Ernährung die empfohlene Salzmenge dagegen deutlich. Besonders viel Salz liefern Pommes, Salami, Chips und Salzstangen. Überschüssiges Salz müssen die Nieren über den Urin wieder ausscheiden. Dafür brauchen sie viel Wasser, was den erhöhten Durst nach dem Genuss salziger Lebensmittel erklärt.

Je nach Herkunft wird unser Kochsalz anders bezeichnet. So wird Meersalz hauptsächlich an der Mittelmeerküste in Salzgärten gewonnen (B2). Dazu wird das Meerwasser in mehrere hintereinanderliegende Verdunstungsteiche gepumpt. Durch die Verdunstung des Wassers erhöht sich von Becken zu Becken die Salzkonzentration. Das mit Kochsalz gesättigte Wasser (Sole) wird dann in Kristallisierteiche gepumpt, in denen die restliche Verdunstung erfolgt. Aus einem Kubikmeter Meerwasser (1000 Liter) können so ca. 23 Kilo-



**B2** Salzgärten



**B1** Salzstollen im Bergwerk

gramm Meersalz gewonnen werden.

Steinsalz, das geschätzt etwa 70 % unseres Speisesalzes ausmacht, wird in Bergwerken (B1) abgebaut. Es ist jedoch auch Meersalz, das auf natürlichem Weg aus hochkonzentriertem Meerwasser im Laufe der Erdgeschichte auskristallisiert ist, als diese Landschaften noch im Meer versunken waren. Während der Salzabbau im Mittelalter Schwerarbeit war, werden heute auch unter Tage Maschinen eingesetzt. Früher mussten die Steinsalzbrocken mit dem Hackebeit abgeschlagen und mit Pferdewagen zum handbetriebenen Aufzug transportiert werden. Heute nutzt man dazu Sprengstoff, Bagger und Förderbänder.

In Deutschland sind immerhin noch sieben Salzbergwerke in Betrieb. Eine andere Herkunftsart von Salz sind Solequellen. So wurde

bereits im Mittelalter das Salz mit Wasser aus dem salzhaltigen Gestein gelöst und an die Oberfläche gespült. Anschließend verkochte man das Wasser in großen Eisen- oder Bleipfannen. Beim Kochprozess gab man Flüssigkeiten wie Blut, Eiweiß oder Bier zu, um grobe Verunreinigungen zu entfernen.

Himalayasalz enthält neben den für alle Kochsalztypen üblichen Verunreinigungen mit Gips, Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat auch noch Eisen-Ionen und ist daher etwas rötlich gefärbt. Der Abbau erfolgt größtenteils im Salzbergwerk Khehra, das im Salzgebirge, einem Mittelgebirge etwa 200 Kilometer südwestlich des Himalayagebirges, liegt. Himalayasalz wird eine besonders gesundheitsfördernde Wirkung nachgesagt. In klinischen Studien konnte das jedoch bisher nicht belegt werden.

### AUFGABEN

- A1** Fasse Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Kochsalze zusammen.
- A2** Stelle die verschiedenen Gewinnungsarten in Schaubildern dar.

## Zum Üben und Weiterdenken

**A1** Überprüfe folgende Aussage mithilfe des stoffbezogenen Ordnungssystems (vorderer Buchdeckel): „Elemente einer Hauptgruppe besitzen ähnliche Stoffeigenschaften.“

**A2** Schreibe eine Rekordliste zu den Elementen im Ordnungssystem, z. B. höchste Schmelztemperatur, höchste Dichte, höchster Preis, gefährlichstes Element. Nutze dazu das Ordnungssystem im vorderen Buchdeckel und Informationen aus dem Internet.

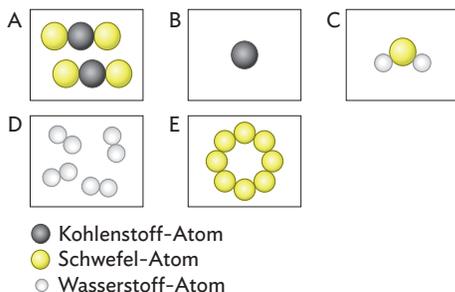
**A3** Stelle mithilfe von Knetkugeln die Kernaussagen des Atommodells von DALTON nach. Nutze ggf. Knetkugeln mit unterschiedlichen Farben und Größen. (gestufte Hilfen unter QR-/Mediencode)



05511-12

**A4** Erstelle mithilfe der folgenden Begriffe eine übersichtliche Mindmap zum Thema Bausteine der Materie: *Atom, Anion, gerichtete Anziehungskräfte, Salze, molekular aufgebaute Stoffe, Ionen-gitter, Moleküle, ungerichtete Anziehungskräfte, Kation, Metalle, Ion, Metallgitter*

**A5** Entscheide begründet, ob in den folgenden Abbildungen Atome oder Moleküle abgebildet sind. Stelle dazu die Molekülformeln zu den Bildern auf.



**A6** Benenne die fünf Teilchen aus A5.

**A7** Ordne folgende Stoffe begründet den Metallen, molekular aufgebauten Stoffen oder Salzen zu: Wasser, Kupfer, Silber, Schwefeldioxid, Natriummonochlorid.

**A8** Um Schwerter zu schmieden, werden diese erst erhitzt, dann mit einem Hammer bearbeitet und schließlich abgekühlt. Erkläre die ablaufenden Vorgänge auf Teilchenebene. (gestufte Hilfen unter QR-/Mediencode)



05511-13

**A9** Zwei Schüler diskutieren: „Kochsalz leitet elektrischen Strom.“ – „Nein, Kochsalz ist ein Isolator.“  
a) Finde Argumente für beide Aussagen.  
b) Stütze eines deiner Argumente mit der Beschreibung eines passenden Versuchs.

**A10** Die Stoffe A, B und C sind weiße Feststoffe aus der Küche. A und B sind gut wasserlöslich, C ist nicht gut wasserlöslich. Stoff B erweist sich in Wasser gelöst als elektrisch leitfähig, die Stoffe A und C leiten in Wasser gelöst den elektrischen Strom nicht. Stoff A schmilzt in der Kerzenflamme und wird dann bräunlich. Stoff C wird beim Versuch, ihn anzuzünden, schwarz. Stoff B verändert sich bei Kontakt mit Feuer nicht. Stelle begründete Vermutungen auf, um welche Stoffe es sich handeln könnte.

**A11** a) Benenne die Stoffe:  $P_2O_5$ ,  $(Cu^{2+})(Br^-)_2$ ,  $(K^+)_2(S^{2-})$ ,  $SO_3$ .  
b) Ordne die Stoffe begründet den Salzen oder den molekular aufgebauten Stoffen zu.

**A12** Um einen großen Salzkristall zu züchten, wird ein kleiner Kristall einige Tage in einer Salzlösung gelagert. Im Abstand von mehreren Tagen wird er immer wieder in eine frische Salzlösung überführt. Skizziere deine Vorstellung vom Wachsen des Kristalls auf Teilchenebene. *Tipp:* Bedenke dabei den Aufbau von Salzen auf der Teilchenebene.

**A13** Ein Begriff in jeder Reihe passt nicht. Finde diesen und begründe.

- Natriummonochlorid, Calciumdifluorid, Wasser, Magnesiummonooxid
- Silber, Messing, Gold, Titan, Zinn
- Ammoniak ( $NH_3$ ), Methan ( $CH_4$ ), Kohlenstoffdioxid, Kaliummonobromid
- Argon, Wasserstoff, Chlor, Sauerstoff

## M1 Lebensnotwendige Salze

### Marathonläufer stirbt im Ziel

Bei einem Marathonlauf ist ein 30-Jähriger im Ziel zusammengebrochen, weil er während des Laufs sehr viel Wasser getrunken hatte.

„Offenbar hatte der Mann zu viel salzarmes Wasser getrunken und dabei keine nennenswerten Mengen an Mineralsalzen zu sich genommen. Man spricht dann von einer Wasservergiftung“, so ein Sprecher des Veranstalters.

An den Verpflegungsstationen seien genügend isotonische Getränke oder „Salzsticks“, also Salze in Pulverform, angeboten worden.

Ausdauersportler und -sportlerinnen verlieren während eines Wettkampfs ein bis zwei Liter Wasser über den Schweiß und scheiden damit auch etwa 2 g Natrium-Ionen, 0,5 g Kalium-Ionen, 0,05 g Calcium-Ionen und kleinere Mengen an Magnesium-, Zink- und Eisen-Ionen aus. Nach einem Wettkampf muss dieser Verlust

an Ionen bzw. Salzen wieder ausgeglichen werden, da es sonst zu lebensbedrohlichen Folgen kommen kann. Isotonische Getränke enthalten die benötigten Salze in geeigneter Konzentration.

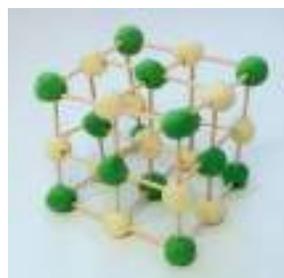
- A1** Erkläre in eigenen Worten, wie es zum Tod des Mannes gekommen ist.
- A2** Recherchiere die Funktion der genannten Ionen im menschlichen Körper. Nenne eine wichtige Eigenschaft von Ionen, die für die Reizweiterleitung im Körper verantwortlich ist.
- A3** Erkläre den Nutzen von isotonischen Getränken im Vergleich zu Leitungswasser bei sportlichen Betätigungen. Beachte den jeweiligen Gehalt an Mineralien und informiere dich über die Zusammensetzung des Trinkwassers deiner Stadt.
- A4** Bei Trinkwasser gibt es Grenzwerte für Mineralien. Informiere dich über die Grenzwerte und erläutere ihren Sinn.

## M2 Vergleich verschiedener Modelle

In der Chemie verwendet man Modelle, um einen Sachverhalt zu veranschaulichen. Warum gibt es unterschiedliche Modelle, die ein und denselben Kristall beschreiben?

Baue Ausschnitte aus dem Gittermodell und dem Kugelpackungsmodell eines Natriummonochloridkristalls (**B1**). Verwende dafür Zahnstocher und Knete zweier unterschiedlicher Farben.

- A1** Beschreibe, was durch die Zahnstocher bzw. Knetmassekugeln jeweils dargestellt wird.
- A2** Betrachte deine Modelle und **B1** und gib die Anzahl der Natrium-Ionen an, die ein Chlorid-Ion umgeben und umgekehrt.
- A3** Vergleiche die Aussagekraft des Gittermodells mit der des Kugelpackungsmodells. Gehe hierbei auf folgende Aspekte ein: Ionenradius, Abstand der Ionen, Darstellung der Anziehung zwischen den Ionen, Übersichtlichkeit der Ionenanordnung.



**B1** Gittermodell (oben) und Kugelpackungsmodell (unten) von Natriummonochlorid



## Alles im Blick

### Das stoffbezogene Ordnungssystem der Elemente

Reinstoffe, die sich nicht weiter in andere Reinstoffe zerlegen lassen, nennt man Elemente. Sie sind im **Ordnungssystem der Elemente** zusammengefasst. Anhand ihrer Eigenschaften unterteilt man sie in zwei Stoffklassen, die **Metalle** und die **Nichtmetalle**.

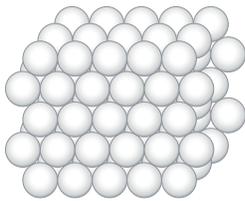
### Bausteine der Materie

Nach DALTON bestehen alle Stoffe aus kleinen, nicht mehr teilbaren, kompakten Kugeln, den **Atomen**. Neben diesen ungeladenen Teilchen existieren auch elektrisch geladene Teilchen, die **Ionen**. Positiv geladene Ionen nennt man **Kationen**, negativ geladene Ionen heißen **Anionen**.

Atome und Ionen bilden die Grundbausteine, aus denen alle Stoffe aufgebaut sind.

### Metallgitter

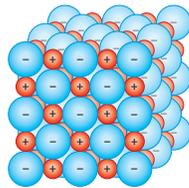
Metall-Atome verbinden sich durch **ungerichtete Anziehungskräfte** zu **Metallgittern**:



Die verschiedenen Metalle unterscheiden sich durch die Größe und Masse der jeweiligen Metall-Atome sowie durch die Anordnung der Atome.

### Ionengitter

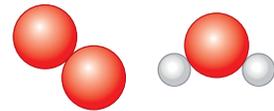
Negativ geladene Nichtmetall-Anionen verbinden sich mit positiv geladenen Metall-Kationen durch **ungerichtete Anziehungskräfte** zu **Ionengittern**.



Je nach Größe und Ladung der Ionen unterscheiden sich die Ionengitter. Das Zahlenverhältnis der Ionen in der salzartigen Verbindung gibt die **Verhältnisformel** wieder, z. B.  $(\text{Mg}^{2+})(\text{Cl}^-)_2$  für Magnesiumdichlorid.

### Moleküle

Zwischen Nichtmetall-Atomen wirken **gerichtete Anziehungskräfte**. Sie verbinden sich zu **Molekülen**, d. h. Atomverbänden aus mindestens zwei Nichtmetall-Atomen.



Die Anzahl der Bindungen, die ein Atom eingehen kann, wird über die **Bindigkeit** angegeben. **Molekülformeln** geben die Zusammensetzung der Moleküle wieder, z. B.  $\text{CO}_2$  für Kohlenstoffdioxid. Die Buchstaben sind dabei die Elementsymbole, der **Index** gibt die Anzahl der Atome im Molekül an.

### Auswirkungen des Aufbaus auf Teilchenebene auf die Stoffebene

Die Eigenschaften von Stoffen werden durch ihren Aufbau auf Teilchenebene bestimmt. Stoffe, die aus Ionengittern aufgebaut sind, heißen **Salze**. Sie sind spröde, hart und haben eine hohe Schmelztemperatur. Stoffe, die aus Metallgittern bestehen, heißen **Metalle**. Sie besitzen eine gute Wärmeleitfähigkeit, sind leicht verformbar und metallisch glänzend. Stoffe, die aus Molekülen bestehen, nennt man **molekular aufgebaute Stoffe**. Durch ihre große Vielfalt sind auch ihre Eigenschaften sehr verschieden. Im Vergleich zu Salzen und Metallen haben sie meist eine geringe Dichte und eine niedrige Schmelz- sowie Siedetemperatur. Metalle und Salzlösungen oder -schmelzen leiten elektrischen Strom, molekular aufgebaute Stoffe nicht.

### Edelgase

Die Elemente der achten Hauptgruppe des Ordnungssystems nennt man **Edelgase**. Sie bilden keine Anziehungskräfte aus und liegen daher atomar vor.

## Ziel erreicht?

**Hast du das Ziel dieses Kapitels erreicht?** Bearbeite die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode). Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 207. Bewerte dich mithilfe der untenstehenden Tabelle und lies falls nötig auf den angegebenen Seiten nochmal nach.



0 5 5 1 1 - 1 4

**A1** Ordne folgende Elemente mithilfe des stoffbezogenen Ordnungssystems (vorderer Buchdeckel) den Metallen bzw. Nichtmetallen zu:

Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Chlor, Argon, Brom, Calcium, Xenon, Barium, Magnesium, Lithium, Schwefel, Eisen, Phosphor.

**B1** Ordne den Teilchenverbänden aus den Atomen bzw. Ionen folgender Elemente begründet jeweils einen der Begriffe Metallgitter, Ionengitter oder Molekül zu:

- Aluminium und Chlor
- Wasserstoff und Fluor
- Stickstoff und Sauerstoff
- Natrium

**B2** Stelle folgende Stoffe mithilfe des Atommodells von DALTON dar und leite jeweils die herrschenden Anziehungskräfte ab: Wasser, Kochsalz und Kupfer.

**C1** Nenne Eigenschaften, anhand derer man Metalle, Salze und molekular aufgebaute Stoffe voneinander abgrenzen kann.

**C2** Grillzangen bestehen meist aus zwei Metallarmen und einem Holzgriff. Begründe dies auf Teilchenebene.

**C3** Prüfe die folgenden Aussagen und formuliere falsche in richtige Aussagen um:

- Alle Salze sind weiß.
- Alle Salze bestehen aus Ionengittern mit negativ geladenen Kationen und positiv geladenen Anionen.
- Die hohe Schmelztemperatur von Salzen kommt von der gegenseitigen Abstoßung der Ionen.
- Zerkleinerte Salzkristalle haben prinzipiell die gleiche Kristallform wie große Salzkristalle.

**C4** Im Gegensatz zu Salzen sind Metalle mechanisch verformbar. Erkläre diesen Unterschied anhand von zwei Skizzen auf Teilchenebene.

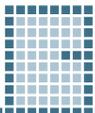
**D1** Erkläre den Sinn der Verhältnisformel von Salzen und grenze sie zur Molekülformel ab.

**D2** Erstelle die Formeln für die Teilchenverbände aus den Atomen bzw. Ionen folgender Elemente:

- Magnesium und Sauerstoff
- Natrium und Fluor
- Wasserstoff und Fluor
- Kohlenstoff und Schwefel

(Bindigkeiten: Wasserstoff I, Fluor I, Kohlenstoff IV, Schwefel II)

	Ich kann ...	lies nach auf Seite
<b>A</b>	Stoffe mithilfe des stoffbezogenen Ordnungssystems klassifizieren.	50 – 53
<b>B</b>	den Aufbau von Stoffen anhand der Grundbausteine der Materie und den dazwischen wirkenden Anziehungskräften unterscheiden.	55 – 57
<b>C</b>	Salze, Metalle und molekular aufgebaute Stoffe anhand ihrer Eigenschaften unterscheiden und ausgewählte Stoffeigenschaften auf Teilchenebene erklären.	61 – 71
<b>D</b>	die chemische Formelsprache anwenden.	66 – 67, 70 – 71



# 4

## Chemische Reaktionen



# Startklar?

**1. Schätze dich selbst ein.** Wie gut sind deine Kenntnisse in den Bereichen A bis D? Kreuze auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode) die entsprechenden Kästchen unten in der Tabelle an.



**2. Hast du dich richtig eingeschätzt?** Bearbeite die untenstehenden Aufgaben. Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 208 und kreise die erreichte Punktzahl in der Tabelle auf dem Arbeitsblatt ein. Vergleiche mit deiner Selbsteinschätzung.

**A1** Ein Wachsstück wird in eine Pfanne gelegt und die Herdplatte angeschaltet. Beschreibe die Veränderungen des Wachses auf Stoffebene und fertige eine Skizze auf Teilchenebene an. Berücksichtige Anordnung, Geschwindigkeit und Abstand der Teilchen sowie deren Anziehungskräfte untereinander.

**A2** Eine Zuckerlösung wird von 500 mL auf 100 mL eingekocht.  
 a) Beschreibe den Vorgang auf Teilchenebene.  
 b) Der süße Geschmack der Lösung verändert sich bei diesem Vorgang. Beschreibe und begründe die Veränderung.

**B1** Kreuze auf dem Arbeitsblatt die Stoffeigenschaften von Zucker und Kochsalz an, die für den jeweiligen Stoff charakteristisch sind:

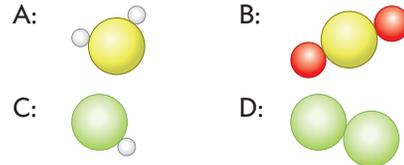
Kenneigenschaft	Zucker	Kochsalz
farblose Kristalle		
wasserlöslich		
schmilzt beim Erwärmen im Reagenzglas		

**B2** In einem Experiment sollen Wasser und Zuckerwasser voneinander unterschieden werden. Entwirf ein geeignetes Experiment (keine Geschmacksprobe!) und benenne alle benötigten Geräte.

**C1** Erkläre, wie man ein Stoffgemisch aus Sand, Zucker und Eisenspänen in die Reinstoffe trennen kann. *Hinweis:* Die Sandkörner, die Zuckerkristalle und die Eisenspäne haben ungefähr die gleiche Größe.

**C2** Begründe, ob es sich bei den folgenden Stoffen um Reinstoffe oder Stoffgemische handelt: Kochsalz, Zuckerwasser, Eisen, Kaffeepulver.

**D1** Nachfolgend sind die Modelle einiger Stoffe im Atommodell von DALTON abgebildet:



(weiß: Wasserstoff-Atome, gelb: Schwefel-Atome, rot: Sauerstoff-Atome, grün: Chlor-Atome)

a) Bestimme die Molekülformel für das jeweils dargestellte Molekül.  
 b) Benenne die zugehörigen Stoffe fachlich korrekt.

**D2** Zeichne die Moleküle der folgenden Stoffe im Atommodell von DALTON analog zu D1 (Kohlenstoff-Atome schwarz): Kohlenstoffdioxid, Schwefeltrioxid, Wasserstoff, Wasser

Ich kann ...		prima	ganz gut	mit Hilfe	lies nach auf Seite
<b>A</b>	Aggregatzustandsänderungen auf Teilchenebene erklären und darstellen.	13 – 10	9 – 5	4 – 1	33
<b>B</b>	Stoffe anhand ihrer Eigenschaften identifizieren.	12 – 10	9 – 5	4 – 1	19, 28 – 29, 40 – 41
<b>C</b>	Stoffgemische und Reinstoffe unterscheiden und Trennverfahren beschreiben.	10 – 9	8 – 4	3 – 1	34 – 41
<b>D</b>	das Atommodell von DALTON anwenden.	12 – 10	9 – 5	4 – 1	55, 66 – 67



## 4.1 Bildung und Zerlegung von Wasser: chemische Reaktionen

Feuer, Wasser, Erde, Luft – dass es sich hierbei nicht wie im Altertum angenommen um „Die vier Elemente“ handelt, ist bereits aus Kapitel 3 bekannt. Feuer ist eine Energieform, Erde und Luft sind Stoffgemische und Wasser lässt sich chemisch zerlegen. Doch was heißt das eigentlich? Und was entsteht aus dem Wasser, wenn man es chemisch zerlegt?

### LV1 Wasser unter Strom



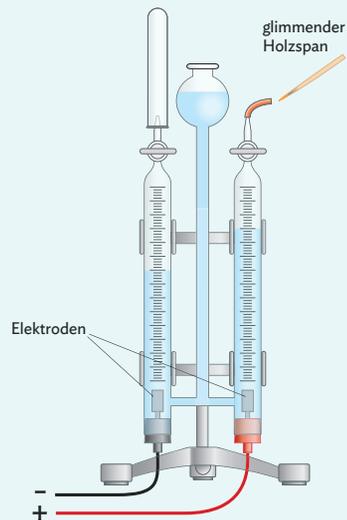
Das Erhitzen von Wasser ist ein physikalischer Vorgang. Durch die Zufuhr von Wärmeenergie ändert sich der Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig. Was passiert, wenn Energie in Form von elektrischem Strom zugeführt wird?

#### DURCHFÜHRUNG

Ein Zersetzungsapparat (B1) wird mit Wasser gefüllt und eine Spannung von ca. 10 V angelegt. Die Gasentwicklung wird beobachtet und die entstehenden Gase werden aufgefangen. Zur Identifizierung der Reaktionsprodukte werden mit dem Gas, das an der Elektrode entsteht, die mit dem Minuspol der Energiequelle verbunden ist, die Knallgasprobe durchgeführt. Mit dem Gas, das an der Elektrode entsteht, die mit dem Pluspol der Energiequelle verbunden ist, wird die Glimmspanprobe durchgeführt. Beide Proben fallen positiv aus. Ein Video dazu gibt es unter dem QR-/Mediencode.



05511-16



B1 HOFMANN'Scher Zersetzungsapparat

LV1 Wasser unter Strom (Auswertung)

AUSWERTUNG

- a) Notiere in einer Tabelle alle zwei Minuten jeweils das Volumen des am Plus- und des am Minuspol gebildeten Gases.
- b) Benenne jeweils das Gas, das sich am Plus- bzw. am Minuspol gebildet hat.
- c) Begründe, ob nach dem Versuch dieselben Stoffe vorliegen wie zu Beginn des Versuchs.
- d) Vergleiche die Vorgänge in dem Versuch mit den folgenden physikalischen Vorgängen: Änderung des Aggregatzustands, Entmischen eines Stoffgemisches.
- e) Beschreibe die Beobachtung, wenn der Strom abgeschaltet wird.
- f) Vergleiche die Volumina der beiden Gase nach Abschalten der elektrischen Spannung. Stelle einen Zusammenhang zur Molekülformel von Wasser  $H_2O$  her.

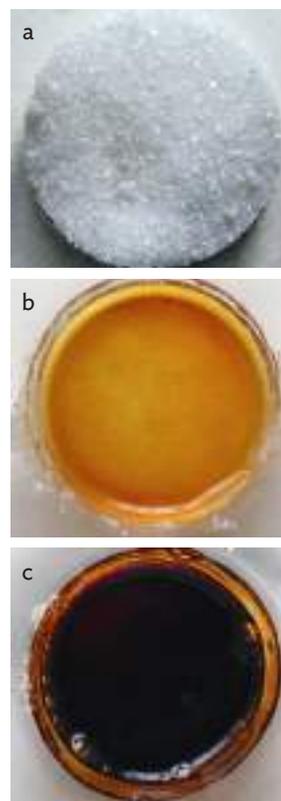
Umwandlung von Stoffen

Mehl, Eier, Zucker, Fett und Backpulver werden zu einem geschmeidigen Teig verrührt. Nach dem Backen kommt ein fertiger Kuchen aus dem Ofen, der ganz anders schmeckt und riecht als der rohe Teig. Aus den Zutaten sind neue Stoffe mit anderen Stoffeigenschaften entstanden. Beim Erhitzen von Zucker kann man das besonders gut beobachten. Aus dem weißen, kristallinen Zucker wird beim Erhitzen goldbraunes, flüssiges Karamell und schließlich schwarze Zuckerkohle (B2). Eine Geruchsprobe bestätigt diese **Stoffumwandlung**.

Erhitzt man Wasser, verändert sich nur der Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig. Die Stoffeigenschaften von Wasser bleiben dabei erhalten. Es liegt vor und nach dem Erhitzen derselbe Stoff vor. Eine Stoffumwandlung kann man herbeiführen, wenn man das Wasser einer elektrischen Spannung aussetzt. Die Energie in Form von elektrischem Strom sorgt dafür, dass sich aus dem Wasser neue Stoffe bilden. Es entstehen die Gase Wasserstoff und Sauerstoff, die ganz andere Stoffeigenschaften haben als das Wasser.

Eine Stoffumwandlung, bei der unter Energiebeteiligung neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen, nennt man eine **chemische Reaktion** (vgl. Gegenstandsbereiche S. 238). Die vor einer chemischen Reaktion vorliegenden Stoffe nennt man **Edukte**. Die neu entstehenden Stoffe sind die **Produkte**. Beim Erhitzen von Zucker reagiert also das Edukt Zucker zu dem Produkt Zuckerkohle. Setzt man Wasser einer elektrischen Spannung aus, reagiert das Edukt Wasser zu den Produkten Wasserstoff und Sauerstoff.

Bei einer chemischen Reaktion findet unter Energiebeteiligung eine Stoffumwandlung statt. Aus den ursprünglichen Stoffen, den Edukten, entstehen neue Stoffe mit anderen Stoffeigenschaften, die Produkte.



**B2** Aus Zucker (a) entsteht durch Erhitzen erst Karamell (b) und schließlich Zuckerkohle (c).



## Die Wortgleichung

Eine chemische Reaktion kann man als **Wortgleichung** darstellen. Die Edukte stehen links und die Produkte stehen rechts. Dazwischen schreibt man einen **Reaktionspfeil** ( $\longrightarrow$ ), der als „reagiert zu“ ausgesprochen wird.

Edukte  $\longrightarrow$  Produkte

Um eine Reaktion auf Stoffebene vollständig zu beschreiben, gibt man in der Wortgleichung hinter den Edukten und Produkten jeweils in Klammern den Aggregatzustand an, den der jeweilige Stoff während der Reaktion hat:

- **s** für fest (engl. *solid*)
- **l** für flüssig (engl. *liquid*)
- **g** für gasförmig (engl. *gaseous*)
- Liegt ein Stoff als wässrige Lösung vor, ergänzt man **aq** (engl. *aqueous*).

Auf der Stoffebene kann man die Reaktion von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff also mit folgender Wortgleichung beschreiben:



## Die Zerlegung von Wasser auf der Teilchenebene

Atome können weder verschwinden noch aus dem Nichts auftauchen. Bei einer chemischen Reaktion findet daher eine Umgruppierung von Atomen statt: Die Atome der Edukte können aus ihren bisherigen Teilchenverbänden getrennt werden und zu neuen Teilchenverbänden, den Produkten, umgruppiert werden.

Bei der Zerlegung von Wasser lässt sich auf der Stoffebene beobachten, dass die Gase Wasserstoff und Sauerstoff im Volumenverhältnis 2 : 1 entstehen (LV1). Auf der Teilchenebene entstehen somit Wasserstoff- und Sauerstoff-Moleküle im Verhältnis 2 : 1 (vgl. Info). Diese Moleküle entstehen durch Umgruppierung der Atome aus den Wasser-Molekülen. Folglich müssen die Wasser-Moleküle ebenfalls Wasserstoff- und Sauerstoff-Atome im Verhältnis 2 : 1 enthalten.

Tatsächlich besteht ein Wasser-Molekül aus zwei Wasserstoff-Atomen und einem Sauerstoff-Atom:



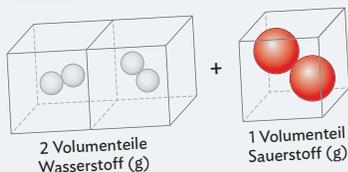
Auf der Teilchenebene lässt sich die Zerlegung von Wasser somit wie folgt darstellen:



Bei einer chemischen Reaktion findet auf der Teilchenebene eine Umgruppierung der Atome statt. Auf der Stoffebene bilden sich dadurch neue Stoffe mit anderen Stoffeigenschaften.

### Info

Der Physiker AMADEO AVOGADRO stellte anhand von Experimenten mit Gasen fest, dass gleiche Volumina verschiedener Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Druck gleich viele Teilchen enthalten. Zwei Volumenteile Wasserstoffgas enthalten somit doppelt so viele Wasserstoff-Moleküle, wie ein Volumenteil Sauerstoffgas Sauerstoff-Moleküle enthält.

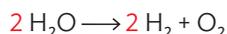


### Die Formelgleichung

Chemische Reaktionen lassen sich qualitativ durch Wortgleichungen darstellen. Die Sorte und das Verhältnis der daran beteiligten Atome lässt sich damit aber nicht wiedergeben. Auch die Darstellung von Reaktionen im Atommodell von DALTON ist nicht optimal, da es zwar einen üblichen, aber keinen festgelegten Farbcode zur Kennzeichnung der verschiedenen Atomsorten gibt. Die Darstellungen könnten somit missverständlich sein.

Die Darstellung von Molekülen als Molekülformeln ist eindeutig und international einheitlich. Aus den Molekülformeln der Edukte und Produkte kann man analog zur Wortgleichung eine sogenannte **Formelgleichung** aufstellen. Damit lassen sich Reaktionen exakt und weltweit verständlich beschreiben (B3). Das Verhältnis der miteinander reagierenden Moleküle wird mit **Koeffizienten** vor der jeweiligen Molekülformel angegeben. Da es keine „halben“ Moleküle gibt, müssen die Koeffizienten immer ganzzahlig sein. Der Koeffizient 1 wird nicht geschrieben.

Mit den Molekülformeln für Wasser H<sub>2</sub>O, Wasserstoff H<sub>2</sub> und Sauerstoff O<sub>2</sub> kann man die Formelgleichung für die Zerlegung von Wasser aufstellen:



Man liest: „Zwei Wasser-Moleküle reagieren zu zwei Wasserstoff-Molekülen und einem Sauerstoff-Molekül“. Die Formelgleichung sagt also dasselbe aus, wie die Darstellung der Reaktion im Atommodell von DALTON.

коэффициент показывает не а, но и число молекул (атомов) — брать невозможно, лучше удвоить все коэффициенты



как пример составления уравнения C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, содержащегося в то в результате этого процесса

**B3** Formelgleichungen sind international verständlich.

#### FM Formelgleichungen aufstellen

Mithilfe von Formelgleichungen kann man die Zusammensetzung und die Mengenverhältnisse der miteinander reagierenden Edukte und Produkte bei einer Reaktion exakt beschreiben.

Stelle die Formelgleichung für die Zerlegung von Wasser auf.

#### So geht's

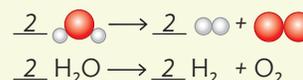
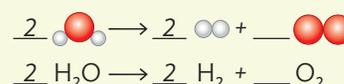
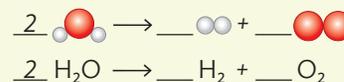
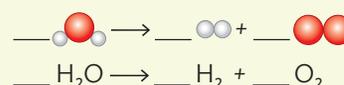
- Schreibe die Formeln der Edukte links und die der Produkte rechts neben einen Reaktionspfeil und lasse vor jeder Formel Platz frei. Beachte die „HONClBrIF-Regel“ (vgl. Info S. 66).
- Links und rechts vom Reaktionspfeil müssen von jeder Atomsorte gleich viele Atome stehen. Setze schrittweise Koeffizienten vor die Molekülformeln, um die Anzahl der Atome auszugleichen. Ergeben sich Koeffizienten mit Kommastellen, werden alle Koeffizienten mit 2 multipliziert, damit nur ganzzahlige Koeffizienten erscheinen.

*Auf der linken Seite steht ein Wasser-Molekül, das ein Sauerstoff-Atom enthält. Das Sauerstoff-Molekül auf der rechten Seite besteht aus zwei Sauerstoff-Atomen. Vor die Molekülformel des Wassers wird daher der Koeffizient 2 geschrieben.*

*Nun stehen auf der linken Seite zwei Wasser-Moleküle mit insgesamt vier Wasserstoff-Atomen. Um auf der rechten Seite auch auf vier Wasserstoff-Atome zu kommen, muss vor die Molekülformel des Wasserstoffs ebenfalls der Koeffizient 2 ergänzt werden.*

- Kontrolliere, ob links und rechts vom Reaktionspfeil jeweils gleich viele Atome einer Sorte stehen.

*Auf beiden Seiten des Reaktionspfeils liegen jeweils vier Wasserstoff- und zwei Sauerstoff-Atome vor.*





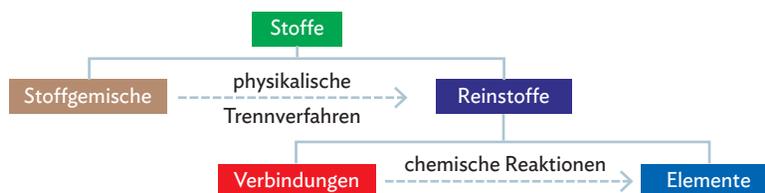
### Elemente und Verbindungen

Die Definition eines „Elements“ hat sich im Vergleich zu der aus dem Altertum (vgl. Einstiegstext, S. 80) stark verändert. Als **Element** bezeichnet man in der Chemie einen Reinstoff, der nicht in andere Stoffe zerlegt und auch nicht aus anderen Elementen hergestellt werden kann. Der Reinstoff Wasser lässt sich chemisch in die Reinstoffe Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Diese wiederum sind nicht weiter in andere Reinstoffe zerlegbar (vgl. Info). Wasserstoff und Sauerstoff sind somit Elemente. Wasser ist eine **Verbindung** aus den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff.

Während man Stoffgemische mit physikalischen Methoden, z. B. Destillation und Filtration, in die Reinstoffe trennen kann, lassen sich Verbindungen nur durch chemische Reaktionen in die Elemente zerlegen.

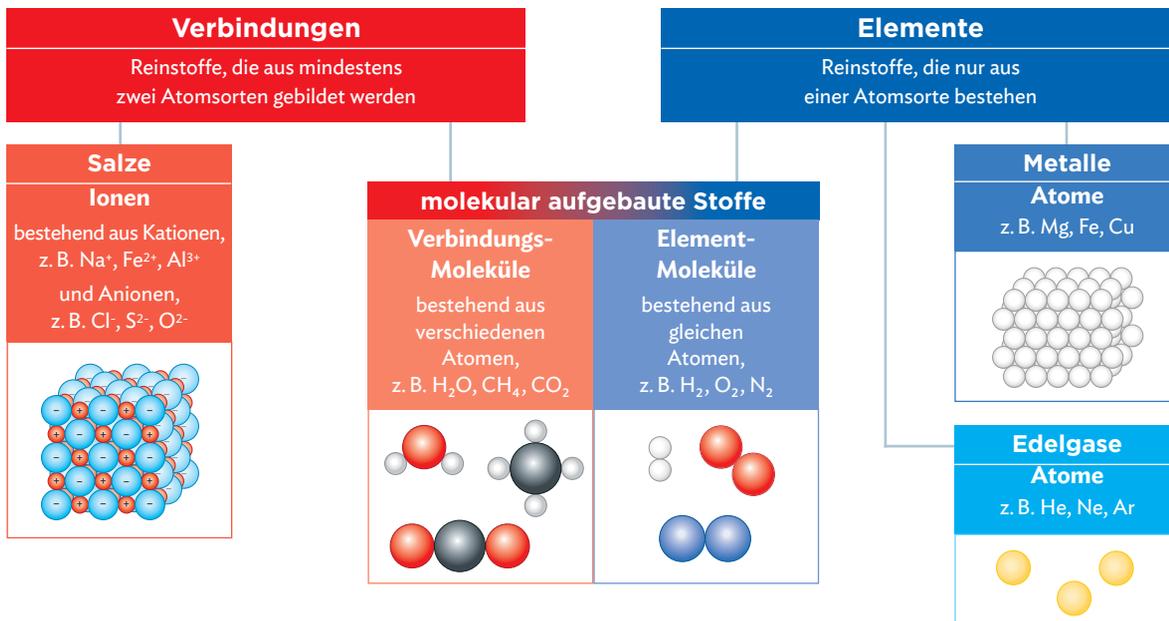
**Info**

Moleküle können aus Atomen derselben Atomsorte oder aus Atomen verschiedener Atomsorten aufgebaut sein. Ein Wasser-Molekül ist eine Verbindung aus Sauerstoff- und Wasserstoff-Atomen und kann daher auch Verbindungs-Molekül genannt werden. Ein Sauerstoff-Molekül stellt keine Verbindung dar, da es aus zwei gleichen Sauerstoff-Atomen besteht. Man spricht daher auch von einem Element-Molekül (B4).



Mithilfe des Atommodells von DALTON wird schnell klar, warum sich Verbindungen zerlegen lassen, Elemente aber nicht. Die Verbindung Wasser besteht aus Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen und lässt sich somit in die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Diese bestehen wiederum jeweils nur aus einer Atomsorte und sind somit nicht weiter in andere Stoffe zerlegbar.

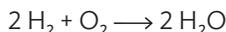
Elemente bestehen aus einer Atomsorte, Verbindungen bestehen aus mindestens zwei verschiedenen Atomsorten (B4).



B4 Schema zur Unterscheidung von Verbindungen und Elementen

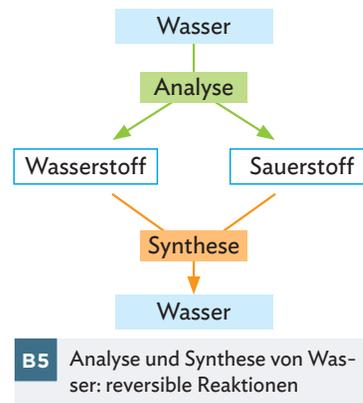
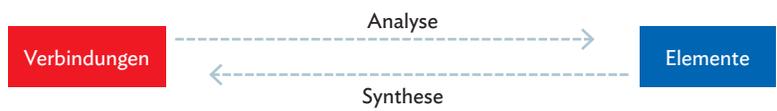
### Die Bildung von Wasser aus den Elementen

Wasser kann man nicht nur in die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Umgekehrt kann man Wasser auch aus den beiden Elementen herstellen:



Bei der Knallgasprobe findet genau diese Reaktion statt. Wasserstoff reagiert unter Hitzeeinwirkung mit dem Sauerstoff aus der Luft zu gasförmigem Wasser. Eine Reaktion, bei der eine Verbindung aus den Elementen gebildet wird, nennt man **Synthese**. Eine Reaktion, bei der eine Verbindung in die Elemente zerlegt wird, nennt man **Analyse**. Die Synthese von Wasser verläuft genau in umgekehrter Richtung ab wie die Analyse von Wasser (B5). Die Reaktionen sind also **reversibel**.

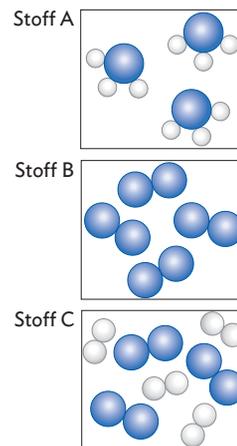
■ ■ ■ ■ ■ Kann man eine Verbindung in einer Synthese aus den Elementen bilden und diese Verbindung in einer Analyse wiederum in die Elemente zerlegen, spricht man von reversiblen Reaktionen.



**B5** Analyse und Synthese von Wasser: reversible Reaktionen

### AUFGABEN

- A1** Ordne die folgenden Alltagsaktivitäten tabellarisch der chemischen Reaktion bzw. dem physikalischen Vorgang zu und begründe deine Entscheidung: a) ein Blech wird verbogen, b) Kuchenteig wird gerührt, c) Kuchenteig wird gebacken, d) Kaffee wird gemahlen, e) Milch wird sauer, f) ein Lagerfeuer brennt, g) Papier wird geschnitten, h) Tee wird gesüßt, i) ein Obstsalat gärt.
- A2** Formuliere mit den folgenden Stoffen drei Wortgleichungen: Sauerstoff, Sauerstoff, Chlor, Schwefel, Stickstoff, Phosphor, Schwefeltrioxid, Distickstoffmonoxid, Phosphortrichlorid.  
Ordne den Stoffen jeweils die Begriffe Edukt bzw. Produkt zu und gib an, ob es sich bei der Reaktion jeweils um eine Analyse oder eine Synthese handelt.
- A3** Bestimme, ob es sich bei den in B6 dargestellten Stoffen A bis C um Elemente, Verbindungen oder Stoffgemische handelt und begründe auf Teilchenebene.
- A4** Stelle die Formelgleichung zur Synthese von Wasser auf.
- A5** Stelle mithilfe der abgebildeten Moleküle eine sinnvolle Synthese dar. Formuliere zu dieser Reaktion die Formelgleichung.
- A6** Stelle die folgende Reaktion im Atommodell von DALTON dar (Sauerstoff rot, Stickstoff blau) und formuliere anschließend die Formelgleichung: Sauerstoff (g) + Stickstoff (g) → Stickstoffdioxid (g).
- A7** Stelle die Formelgleichung für die Synthese von Schwefeldioxid auf. *Hinweis:* Ein Schwefel-Molekül besteht aus acht Schwefel-Atomen.



**B6** Element, Verbindung oder Stoffgemisch?

### FACHBEGRIFFE

Stoffumwandlung, chemische Reaktion, Edukt, Produkt, Wortgleichung, Reaktionspfeil, Formelgleichung, Koeffizient, Element, Verbindung, Analyse, Synthese, reversible Reaktion



## 4.2 Masse und Energie bei chemischen Reaktionen

Eine Kerze hat eine bestimmte Brenndauer, danach ist das Wachs aufgebraucht. Auch die Kohle im Grill ist nach dem Abbrennen nicht mehr zu sehen und die Wärme verfliegt. Nur ein kleiner, viel leichter Rest graue Asche bleibt übrig. Können Masse und Energie vernichtet werden?

### V1 Die Masse bei chemischen Reaktionen



Ein abgebranntes Streichholz ist leichter als ein unbenutztes. Direkt nach dem Auspusten sieht man aber noch Rauch aufsteigen. Kann es sein, dass ein Teil der Masse „in die Luft gegangen ist“?

#### DURCHFÜHRUNG

- 1.1 Gib vier Streichhölzer mit den Köpfchen nach unten in ein Reagenzglas. Wiege und notiere die Gesamtmasse. Erhitze das Reagenzglas mit einem Teelicht, bis die Hölzchen zünden. Wenn die Streichholzköpfe runtergebrannt sind, lass das Reagenzglas abkühlen und bestimme die Masse erneut.
- 1.2 Wiederhole V1.1 und verschließe diesmal die Öffnung des Reagenzglas mit einem Luftballon (B1). Bestimme ebenfalls jeweils vor und nach der Reaktion die Masse.

- b) Beim Verbrennen der Streichhölzer entstehen die Gase Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Beschreibe und erkläre die Beobachtung am Luftballon in V1.2.
- c) Vergleiche die Gewichtsänderung in V1.1 vor und nach der Reaktion mit der Gewichtsänderung in V1.2. Erkläre die unterschiedlichen Messergebnisse mit Bezug auf den Versuchsaufbau und die entstehenden Produkte.



Video zu einem ähnlichen Versuch unter QR-/Mediencode



05511-17

#### AUSWERTUNG

- a) Begründe, ob in V1.1 und V1.2 jeweils eine chemische Reaktion stattgefunden hat.

B1 Versuchsaufbau zu V1.2

LV2 Leuchtende Kohle



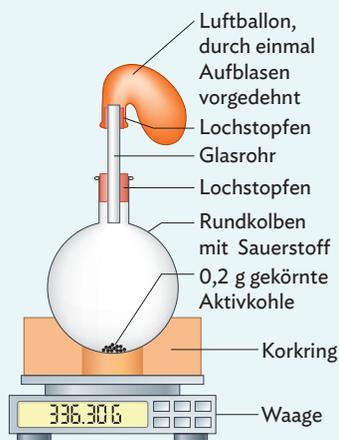
Wo ist die Masse eines Stoffes geblieben, wenn nach der Reaktion nichts mehr von dem Stoff zu sehen ist?

DURCHFÜHRUNG

0,2 g Aktivkohle werden in einen Rundkolben gegeben. Dieser wird mit Sauerstoff gespült, luftdicht mit einem präpariertem Stopfen verschlossen (B2) und anschließend gewogen. Die Gesamtmasse wird notiert.

Nun wird der Kolben mit einer Stativklemme gefasst und gleichmäßig über der Brennerflamme erwärmt. Anschließend wird der Bereich mit den Kohlestückchen stark erhitzt, bis alle Stücke glühen, und der Kolben dann aus der Flamme genommen.

Der Kolbeninhalt wird nun so lange im Kreis geschwenkt, bis alle Kohlestückchen verglüht sind (evtl. vorher verdunkeln). Nachdem der Kolben abgekühlt ist, wird erneut gewogen.



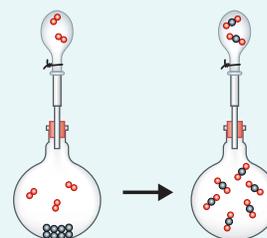
B2 Versuchsaufbau zu LV2

AUSWERTUNG

a) Formuliere die Wortgleichung für die stattfindende Reaktion.

Hinweis: Kohle besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff, der hier mit Sauerstoff aus dem Kolben reagiert. Das bei der Reaktion entstehende Gas kann man mit der Kalkwasserprobe nachweisen.

b) Beurteile begründet, ob die Darstellung des Versuchs auf Teilchenebene korrekt ist oder nicht. Korrigiere falls nötig in deinem Heft.



Hinweis: Sauerstoff-Atome werden rot, Kohlenstoff-Atome schwarz dargestellt.

c) Formuliere die Formelgleichung für die stattgefundenene Reaktion. Hinweis: Kohlenstoff-Atome bilden große Atomverbände. In der Formelgleichung verwendet man die Formel C ohne Index.

d) Begründe mithilfe des Atommodells von DALTON, dass die Masse auf der Waage vor und nach der Reaktion gleich bleibt.

e) Begründe, ob die Masse sich verändern würde, wenn man den Versuch ohne Stopfen und Luftballon durchführen würde. Erstelle dazu eine Zeichnung auf Teilchenebene.

LV3 Lilafarbene Dämpfe



Hat man Kohle mit einem Gasbrenner zum Glühen gebracht, brennt sie selbstständig weiter und gibt Energie in Form von Wärme ab. Ist das bei jeder Reaktion so?

DURCHFÜHRUNG

Eine Spatelspitze Diiodpentaoxid wird in ein Reagenzglas gegeben und dieses mit einem Absorptionsröhrchen verschlossen. Das Diiodpentaoxid wird kurz mit dem Gasbrenner erhitzt. Sobald eine sichtbare Veränderung eintritt, wird das Reagenzglas aus der Flamme genommen.

Nachdem das Reagenzglas etwas abgekühlt ist, wird es erneut in die Flamme gehalten, bis kein Diiodpentaoxid

im Reagenzglas mehr zu sehen ist. Nach dem Abkühlen wird das Absorptionsröhrchen entfernt und eine Glimmspanprobe durchgeführt (vgl. FM S. 27).

AUSWERTUNG

a) Nenne die Molekülformel von Diiodpentaoxid und stelle eine begründete Vermutung zu den Produkten der Reaktion auf.

b) Formuliere die Wort- und die Formelgleichung der Reaktion.

c) Beschreibe den Reaktionsverlauf von LV2 und LV3 jeweils mit den Begriffen Energieaufnahme und Energieabgabe. Finde Unterschiede zwischen den Versuchen.



## Info

Der Hauptbestandteil von Kohle ist Kohlenstoff. Vereinfachend kann also angenommen werden, dass bei der Verbrennung von Kohle Kohlenstoff mit Sauerstoff reagiert. Holz stellt vereinfacht eine Kohlenstoffverbindung dar.



## EK Die Forscher LOMONOS-SOW und LAVOISIER

Die Forscher der Frühzeit konnten sich den Masseverlust beim Verbrennen von Holz zu Asche im Kamin nicht erklären. MICHAÏL LOMONOSOW (1711 – 1765) war vermutlich der erste moderne Forscher in der Geschichte der Chemie. Er führte Versuche mit Metallen in geschlossenen Glasampullen durch und konnte so als Erster die Massenerhaltung beobachten.

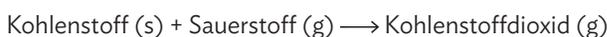


ANTOINE LAVOISIER (1743 – 1794) führte später exaktere Wägungen bei Verbrennungen im geschlossenen System durch und stellte schließlich den Satz von der Erhaltung der Masse auf.

Die Forscher der Frühzeit konnten sich den Masseverlust beim Verbrennen von Holz zu Asche im Kamin nicht erklären.

## Die Masse bei chemischen Reaktionen

Bei der Verbrennung von Holz, Kohle oder Wachs reagieren die Stoffe jeweils mit dem Sauerstoff aus der Luft (s. Info). Dabei wird Energie in Form von Wärme freigesetzt. Als neue Stoffe, also als Produkte, entstehen vor allem die Gase Kohlenstoffdioxid und in manchen Fällen Wasserdampf:



Die Gase entweichen in die Luft und von dem ursprünglichen Feststoff bleibt kaum etwas übrig. Lässt man eine solche chemische Reaktion auf einer Waage stattfinden, kann man beobachten, wie die Masse abnimmt. Da die Produkte als Gase entweichen, können sie nicht mitgewogen werden.

Verschließt man das Reaktionsgefäß z. B. mit einem Luftballon, findet kein Stoffaustausch mit der Umgebung statt. Die gasförmigen Produkte können aus einem solchen **geschlossenen System** im Gegensatz zur Reaktion im **offenen System** nicht mehr entweichen. Auf einer Waage werden sie daher mitgewogen. Bei einer Reaktion in einem geschlossenen System zeigt die Waage vor und nach der Reaktion immer dasselbe Gewicht an (**V1.2** und **LV2**). Für alle chemischen Reaktionen gilt, wie für physikalische Vorgänge auch, das **Gesetz von der Erhaltung der Masse**:

Die Gesamtmasse aller beteiligten Stoffe ändert sich während einer chemischen Reaktion nicht.

## Bestätigung der Atomhypothese von DALTON

Das Gesetz von der Erhaltung der Masse lässt sich auf der Teilchenebene erklären. Bei der Verbrennung von Kohle (Kohlenstoff) reagiert jeweils ein Kohlenstoff-Atom (vgl. Info) mit einem Sauerstoff-Molekül zu einem Kohlenstoffdioxid-Molekül. Im Atommodell von DALTON kann das wie folgt dargestellt werden:



Bei der Reaktion gruppieren sich Kohlenstoff- und Sauerstoff-Atome um und bilden Kohlenstoffdioxid-Moleküle. Die Anzahl und Sorte der Atome vor der Reaktion entspricht der Anzahl und Sorte der Atome nach der Reaktion. Laut der Atomhypothese von DALTON haben Atome der gleichen Sorte die gleiche Masse (vgl. S. 55). Da vor einer chemischen Reaktion exakt dieselben Atome vorliegen wie nach der Reaktion, bleibt auch die Gesamtmasse der Edukte und Produkte bei einer Reaktion konstant.

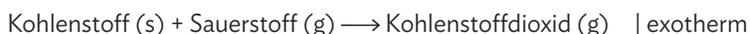
## Info

Anders als bei Nichtmetall-Atomen üblich, verbinden sich Kohlenstoff-Atome zu großen Atomverbänden, in denen die Atome ganz unterschiedlich angeordnet sein können. Je nach Anordnung der Atome liegt Kohlenstoff auf der Stoffebene z. B. als Graphit oder Diamant vor. Kohle ist ein Stoffgemisch, in dem Kohlenstoff den Hauptbestandteil ausmacht.

### Energieabgabe bei chemischen Reaktionen

Beim Verbrennen von Holz und Kohle wird Energie in Form von Wärme und Licht frei. Wie beim Gesetz von der Erhaltung der Masse kann auch Energie weder geschaffen noch vernichtet werden. Die Gesamtenergie bleibt bei einer chemischen Reaktion immer gleich. Wo kommen die Wärme und das Licht bei einer Lagerfeuer dann her?

Alle Stoffe enthalten einen gewissen Betrag an Energie, der als **innere Energie** der Stoffe bezeichnet wird. Bei manchen chemischen Reaktionen wird ein Teil der inneren Energie der Edukte in Wärme und Licht umgewandelt und freigesetzt (**B3**). Bei der Verbrennung von Kohle ist in den Edukten Kohlenstoff und Sauerstoff somit mehr innere Energie gespeichert als in dem Produkt Kohlenstoffdioxid. Eine solche Reaktion nennt man **exotherm**:



### Energieaufnahme bei chemischen Reaktionen

Bei manchen Reaktionen gibt das Reaktionsgemisch keine Energie ab, sondern man muss ständig Energie hinzufügen, damit die Reaktion überhaupt stattfindet. Eine solche Reaktion nennt man **endotherm**. Ein Beispiel ist die Analyse von Diiodpentaoxid (**LV3**):

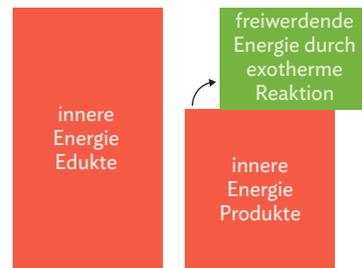


Die Energie in Form von Wärme aus der Umgebung wird in innere Energie der Produkte umgewandelt. Bei einer endothermen Reaktion ist die innere Energie der Edukte somit geringer als die innere Energie der Produkte (**B4**).

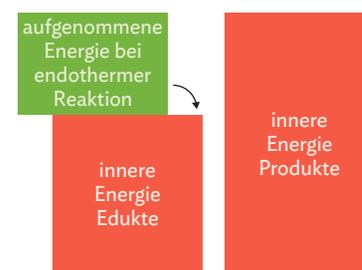
Bei chemischen Reaktionen finden eine Stoffumwandlung und eine Energieumwandlung statt (vgl. Gegenstandsbereiche S. 238). Wird dabei Energie aus den Edukten freigesetzt, spricht man von einer exothermen Reaktion. Nehmen die reagierenden Stoffe Energie aus der Umgebung auf, handelt es sich um eine endotherme Reaktion.

### AUFGABEN

- ✦ **A1** Stelle die Analyse von Wasser auf Teilchenebene einmal in einem offenen und einmal in einem geschlossenen System dar. Erläutere anhand deiner Skizzen das Gesetz von der Erhaltung der Masse.
- A2** Nenne Beispiele für chemische Reaktionen aus dem Alltag, bei denen elektrische Energie oder Energie in Form von Licht oder Wärme aufgenommen oder abgegeben wird.
- A3** Erstelle eine Tabelle zum Vergleich der exothermen und der endothermen Reaktion.
- A4** a) Notiere die innere Energie deines heutigen Mittagessens, indem du die inneren Energien der Zutaten addierst (vgl. Info).  
 b) Vergleiche die inneren Energien der Zutaten miteinander.  
 c) In deinem Alter benötigt ein Mädchen täglich zwischen 2000 und 2600 kcal, ein Junge zwischen 2600 und 3400 kcal. Berechne, wie viel Prozent deines Tagesbedarfs du mit dem Mittagessen abgedeckt hast.



**B3** Energie bei exothermen Reaktionen



**B4** Energie bei endothermen Reaktionen

**Info**  
 Auf Lebensmittelverpackungen wird der Energiegehalt meist in kcal/g und in kJ/g angegeben. Durch die Nahrung wird der Körper mit Energie versorgt. Die Nährstoffe reagieren in den Körperzellen. Dabei wird ein Teil der Energie aus den Stoffen in Wärme umgewandelt. Ein anderer Teil der Energie wird z. B. für die Arbeit der Muskeln eingesetzt.

### FACHBEGRIFFE

offenes System, geschlossenes System, Gesetz von der Erhaltung der Masse, innere Energie, exotherm, endotherm



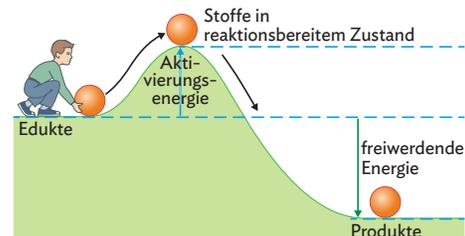
### Aktivierungsenergie bei exothermen Reaktionen

Beim Verbrennen von Holz in einer Lagerfeuer findet eine exotherme Reaktion statt, bei der Energie freigesetzt wird. Damit das Holz brennt, muss man es zunächst anzünden. Es muss also erst Energie zugeführt werden, damit die Reaktion starten kann.

Es gibt viele weitere Reaktionen, die nicht spontan ablaufen. Beispielsweise kann man die Gase Chlor und Wasserstoff mischen, ohne dass eine Reaktion stattfindet. Fügt man aber Energie in Form eines Lichtblitzes hinzu, kommt es zu einer stark exothermen Reaktion (LV1). Die Energie, die man zuführen muss, um eine Reaktion zu starten, nennt man **Aktivierungsenergie**.

Die Aktivierungsenergie ist die Energie, die zugeführt werden muss, um eine Reaktion zu starten.

Die Aktivierung einer chemischen Reaktion kann man sich wie in B2 vorstellen: Damit der Ball den Anstieg überwinden kann, muss Energie aufgebracht werden. Dann rollt er den Hügel aber selbstständig hinab.



**B2** Modellvorstellung zum Ablauf einer exothermen Reaktion, für die Aktivierungsenergie benötigt wird

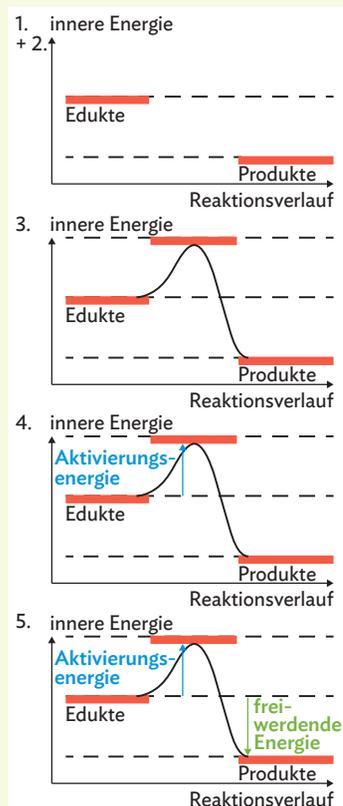
FM

### Ein Energiediagramm erstellen

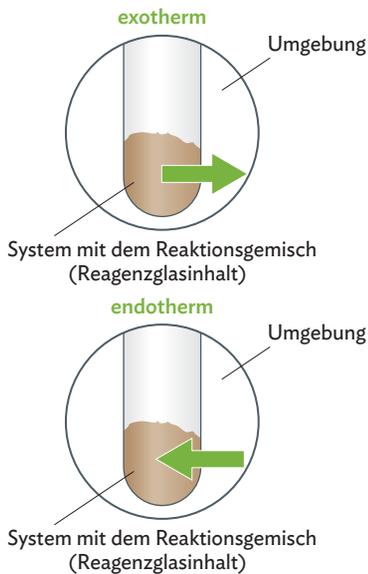
In einem Energiediagramm werden die relativen Energieumsätze bei chemischen Reaktionen dargestellt. Exotherme und endotherme Reaktionen (B4) lassen sich damit schnell unterscheiden.

#### So geht's

1. Zeichne ein Koordinatensystem und beschrifte die x-Achse mit „Reaktionsverlauf“ und die y-Achse mit „innere Energie“.
2. Trage links die innere Energie der Edukte und rechts die innere Energie der Produkte jeweils als waagerechten Balken ein.
  - Bei **endothermen Reaktionen** ist der Eduktbalken niedriger als der Produktbalken. (Die innere Energie der Edukte ist geringer.)
  - Bei **exothermen Reaktionen** ist der Eduktbalken höher als der Produktbalken. (Die innere Energie der Edukte ist größer.)
3. Beschrifte die Balken mit den jeweiligen Edukten und Produkten, sodass sich die Wortgleichung der Reaktion ablesen lässt.
4. Trage die innere Energie der Stoffe im reaktionsbereiten Zustand als waagerechten Balken ein. Dieser liegt im zeitlichen Reaktionsverlauf (x-Achse) zwischen den Balken der Edukte und Produkte und in Bezug auf die innere Energie (y-Achse) oberhalb der Balken der Edukte und Produkte. Verbinde alle drei Balken mit einer geschwungenen Linie.
5. Zeichne einen senkrechten Pfeil vom Energieniveau der Edukte bis zum Energieniveau der Stoffe im reaktionsbereiten Zustand ein. Dieser stellt die Aktivierungsenergie dar. Zeichne einen senkrechten Pfeil vom Energieniveau der Edukte bis zum Energieniveau der Produkte ein. Verläuft dieser von oben nach unten, stellt er die freiwerdende Energie einer **exothermen Reaktion** dar. Verläuft der Pfeil von unten nach oben, stellt er die aufgenommene Energie einer **endothermen Reaktion** dar.



**B3** Erstellen eines Energiediagramms am Beispiel einer exothermen Reaktion



**B4** Schemata zum Energiefluss zwischen reagierendem System und Umgebung bei einer exothermen (oben) und einer endothermen Reaktion (unten)

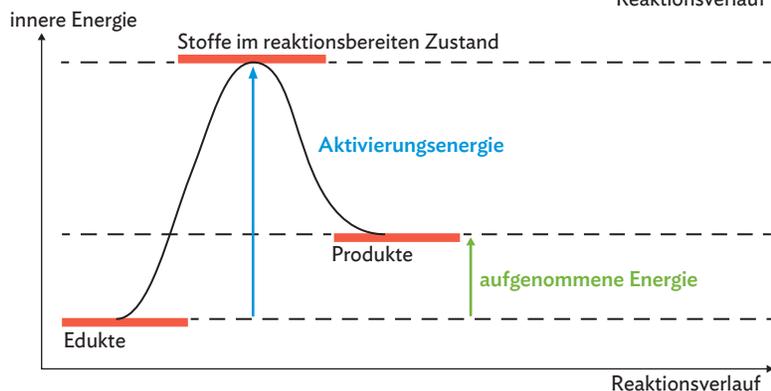
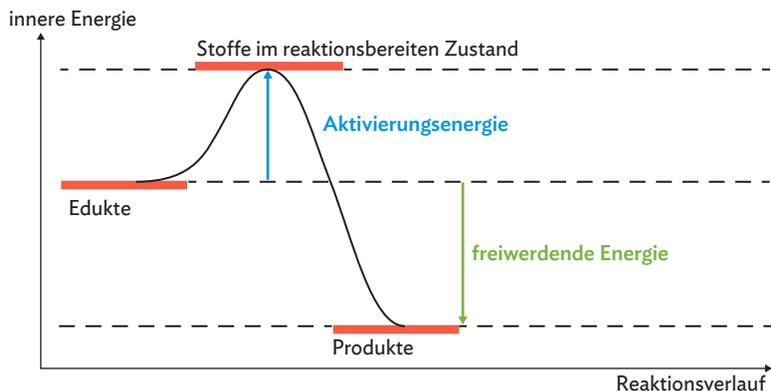
### Aktivierungsenergie bei endothermen Reaktionen

Auch bei endothermen Reaktionen muss Aktivierungsenergie aufgewendet werden, um die Reaktion zu starten. Anders als bei exothermen Reaktionen wird anschließend nur ein kleiner Teil der inneren Energie der Edukte in andere Energieformen, z. B. Wärme, umgewandelt. Diese Energie wird vollständig dafür benötigt, die Reaktion am Laufen zu halten. Während der gesamten Reaktion muss sogar noch zusätzliche Energie zugeführt werden, da die endotherme Reaktion sonst stoppen würde (B4).

### Energiediagramme

Um Energieumsätze bei chemischen Reaktionen zu veranschaulichen, nutzt man **Energiediagramme**. Die Summe der **inneren Energien** der Edukte und die Summe der inneren Energien der Produkte werden jeweils durch einen waagerechten Balken dargestellt (B5). Die **Aktivierungsenergie** bewirkt, dass die innere Energie der Edukte kurzfristig erhöht wird. Die Edukte werden in einen **reaktionsbereiten Zustand** versetzt. Die innere Energie der Stoffe im reaktionsbereiten Zustand wird ebenfalls als waagerechter Balken in das Energiediagramm eingezeichnet. Eine Kurve zwischen diesen drei Balken stellt den Hergang der Reaktion dar.

Die insgesamt bei exothermen Reaktionen **freiwerdende Energie** bzw. bei endothermen Reaktionen **aufgenommene Energie** kann man aus einem Energiediagramm ablesen: Die **Reaktionsenergie** ist die Änderung der inneren Energie, also die Differenz zwischen der inneren Energie der Edukte und der inneren Energie der Produkte.



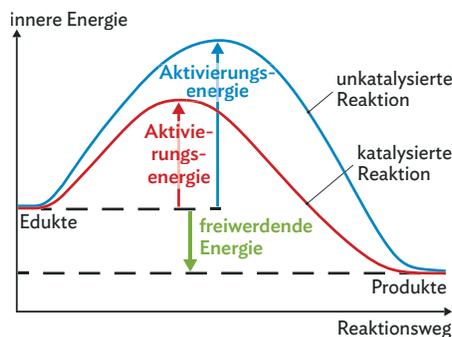
**B5** Energiediagramme einer exothermen (oben) und einer endothermen (unten) Reaktion

## Katalysatoren und ihre Eigenschaften



Katalysatoren kennt man als Abgaskatalysatoren aus dem Auto. In der Industrie werden Katalysatoren genutzt, um chemische Prozesse kostengünstiger durchführen zu können. Im Alltag verwenden manche Kontaktlinsenträger einen Katalysator bei der Reinigung ihrer Linsen.

Viele Reaktionen laufen bei Raumtemperatur nur sehr langsam ab. Um eine Reaktion zu beschleunigen, kann man entweder Energie in Form von Wärme oder Licht zugeben oder einen Katalysator verwenden. Der Katalysator, z. B. ein Stück Platin, ermöglicht einen anderen Reaktionsweg, bei dem weniger Aktivierungsenergie aufgebracht werden muss (**B6**). Die Reaktion verläuft somit wahrscheinlicher als ohne Katalysator (vgl. Info). Das Herabsenken der Aktivierungsenergie mithilfe eines Katalysators bezeichnet man als **Katalyse**.



**B6** Energiediagramm einer katalysierten und einer unkatalysierten Reaktion

Katalysatoren gehen immer unverändert aus einer Reaktion hervor. In einer Formelgleichung werden Katalysatoren daher weder bei den Edukten noch bei den Produkten aufgeführt. Sie können über dem Reaktionspfeil notiert werden.

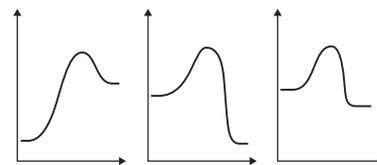
Katalysatoren ermöglichen einen anderen Reaktionsweg mit geringerer Aktivierungsenergie. Sie liegen nach der Reaktion unverändert vor.

### Info

Katalysatoren führen nicht immer zur Beschleunigung einer Reaktion. In einigen Fällen verlaufen die Reaktionen zwar langsamer, aber durch das Herabsenken der Aktivierungsenergie energetisch effizienter. Der Einsatz eines Katalysators kann sich in solchen Fällen daher ebenfalls lohnen.

## AUFGABEN

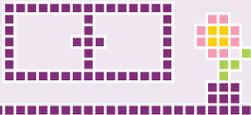
- A1** Schließe aus den Versuchsbeobachtungen bei **LV1**, ob eine endotherme oder eine exotherme Reaktion stattgefunden hat. Erstelle das passende Energiediagramm.
- A2** **B7** zeigt drei verschiedene vereinfachte Energiediagramme. Beschreibe Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Reaktionsverläufe.
- A3** Erläutere und diskutiere die modellhafte Analogie zur Überwindung der Aktivierungsenergie in **B2**.
- A4** Nenne die Eigenschaften eines Katalysators.
- A5** Beschreibe und erkläre die Kurvenverläufe in **B6**. Verwende dazu die Fachbegriffe aus der Abbildung.



**B7** Vereinfachte Energiediagramme

## FACHBEGRIFFE

Aktivierungsenergie, Energiediagramm, reaktionsbereiter Zustand, Reaktionsenergie, Katalysator, Katalyse



## Das kalte Leuchten

**Glühlampen werden warm, wenn sie leuchten. Knicklichter sowie manche Insekten, Meerestiere und Pilze leuchten – und bleiben kalt. Was steckt dahinter?**

Bei „Energie“ denken die meisten Menschen an Wärme und Bewegung. Aber auch Licht ist eine Form von Energie. Wird Licht bei chemischen Reaktionen ohne die Bildung von Wärme frei, nennt man sie Chemolumineszenz. Das Phänomen der Chemolumineszenz wird häufig in Form von Leuchtstäben, sogenannten Knicklichtern (B1), genutzt. Sie werden nicht nur im Schwarzlichttheater oder als Partyspaß eingesetzt, sondern dienen oft als Markierungs- und Orientierungshilfen in der Dunkelheit. So werden z. B. beim Angeln die Spitze der Angelrute und die Schwimmer, im Golf die Golfbälle und beim Bogenschießen die Ziele mit kleinen Leuchtstäben ausgestattet. Weitere Einsatzgebiete liegen im Militär- und Sicherheitsbereich, da sie als transportable Notbeleuchtung genutzt werden können.

Und so funktioniert es (B2): Ein Knicklicht besteht aus einem äußeren, flexiblen Kunststoffschlauch (1), der Diphenyloxalat als Lösungsmittel mit einer leuchtfähigen Verbindung (2) enthält. Im Inneren des Schlauchs befindet sich ein kleines Glasröhrchen mit einer reaktionsbereiten Chemikalie (3), häufig Wasserstoffperoxid. Beide Flüssigkeiten leuchten einzeln nicht. Wenn man das Knicklicht knickt, zerbricht das innere Glasröhrchen (4). Beide Stoffe können sich nun vermischen und reagieren miteinander, wobei kaltes Licht in verschiedenen Farben, je nach verwendeter leuchtfähiger Verbindung, abgegeben wird (5).

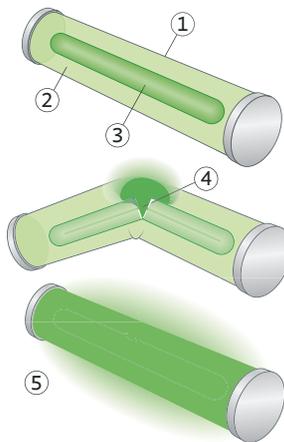


**B1** Knicklichter und Biolumineszenz bei einem Leuchtkäfer

Der größte Leuchtstab der Welt war drei Meter hoch und enthielt 88,6 Liter Flüssigkeit.

Auch in der Natur laufen chemische Reaktionen ab, bei denen kaltes Licht entsteht. Hier spricht man von Biolumineszenz. Das Meeresleuchten an vielen Küsten wird von

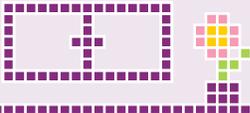
Einzellern (Plankton) hervorgerufen. Manche Insekten, z. B. Glühwürmchen, und einige Meeresbewohner, z. B. Leuchtqualen, einige Korallen und Tiefseefische, aber auch Pilze wie der Hallimasch zeigen Lumineszenz. Das Leuchten dient zur Kommunikation, zum Anlocken von Beute oder Partnern oder zur Abwehr von Feinden. Ruderfußkrebse z. B. stoßen bei Gefahr durch spezielle Drüsen leuchtende Wolken aus. Das blendet den Angreifer und ermöglicht die Flucht. Zerreibt man getrocknete Leuchtkrebchen im Mörser und gibt von dem Pulver einen kleinen Spatel in ein Reagenzglas mit einigen Tropfen Wasser, so kann man im abgedunkelten Raum ein blaues Leuchten erkennen. Lässt man einen Salzhering offen liegen, beginnt er im Dunkeln zu leuchten – aufgrund eines Bakteriums, das sich auf ihm vermehrt.



**B2** Aufbau eines Knicklichtes

### AUFGABEN

- A1** Beschreibe, was man unter Chemolumineszenz versteht und grenze sie zur Biolumineszenz ab.
- A2** Die in Knicklichtern heute verwendeten leuchtfähigen Verbindungen sind meist ungiftig. Informiere dich, weshalb dennoch Hautkontakt zu vermeiden ist.



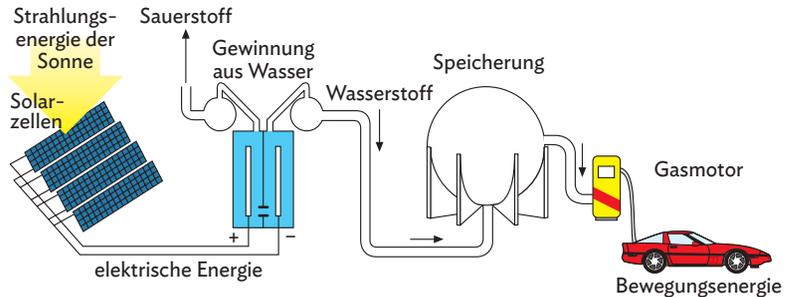
## Wasserstoff als Energieträger

Bis heute werden für den Antrieb von Fahrzeugen überwiegend Kraftstoffe auf Basis fossiler Energieträger, wie Diesel und Benzin, genutzt. Aus umweltpolitischer Sicht gilt Wasserstoff als eine sinnvolle Alternative und ist als Antriebsstoff für Autos immer mehr im Gespräch.

Wasserstoff  $H_2$  ist ein guter Energieträger, seine Verbrennung verläuft stark exotherm. Die dabei freiwerdende Energie kann zum Antrieb von Autos oder Raketen genutzt werden. Als Verbrennungsprodukt, also als „Abgas“, entsteht lediglich Wasser, das für Menschen und die Umwelt unschädlich ist. Wasserstoff gilt daher als umweltfreundlicher Energieträger.

Es gibt zwei Möglichkeiten, Autos mit Wasserstoff anzutreiben, entweder über Verbrennungsmotoren oder mithilfe von Brennstoffzellen. In den Motoren wird ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft gezündet. Bei der anderen Variante wird elektrischer Strom aus Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzellen für den Antrieb genutzt. In beiden Fällen müssen die Autos mit Wasserstoff betankt werden. Der für die Verbrennung nötige Sauerstoff wird der Umgebungsluft entnommen.

Wasserstoff kommt auf der Erde nicht elementar vor, sondern muss erst unter Einsatz von Energie gewonnen werden. Um zu beurteilen, ob Wasserstoff tatsächlich eine umweltfreundliche Alternative darstellt, muss man sich auch seine Gewinnung anschauen.



**B1** Von der Energie der Sonne bis zur genutzten Energie im Auto

Als Wasserstoffquelle ist Wasser ideal, da es nahezu unbegrenzt zur Verfügung steht. Wasser kann mithilfe von elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Entscheidend für die Umweltfreundlichkeit des Verfahrens ist nun, dass die notwendige elektrische Energie aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird. Dazu zählen z. B. Sonnenenergie und Windenergie, die über Solarzellen bzw. Windkraftträder nutzbar gemacht werden können. Ein großer Teil des Wasserstoffs wird aber in chemischen Re-

aktionen aus Erdgas erzeugt, einem fossilen Energieträger.

Ein weiterer Grund, warum sich Wasserstoff als umweltfreundlicher Energieträger noch nicht durchgesetzt hat, ist die Angst Verbraucher und Verbraucherinnen vor Explosionen. Wasserstoff kann mit Sauerstoff ein explosives Knallgasgemisch bilden. Inzwischen gibt es aber sichere Möglichkeiten, den Wasserstoff zu speichern und somit im Tank eines Autos zu lagern, z. B. Metallhydridspeicher.

### AUFGABEN

- A1** Beschreibe alle Energieumwandlungen, die im Text beschrieben sind. Gib dabei jeweils an, welche Energieformen ineinander umgewandelt werden und wo die Umwandlung stattfindet.
- A2** Entwickle jeweils die Wortgleichung mit Angabe der Aggregatzustände und die Formelgleichung a) für die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger und b) für die Gewinnung von Wasserstoff aus Wasser.
- A3** Diskutiert die Aussage: „Wasserstoff ist ein umweltfreundlicher Energieträger.“ Bezieht dabei andere Energieträger (Kraftstoffe) mit ein.



## Zum Üben und Weiterdenken

- A1** Entscheide jeweils begründet, ob es sich um eine chemische Reaktionen oder einen physikalischen Vorgang handelt:
- Traubensaft gärt zu Wein.
  - Früchte werden püriert.
  - Sahne wird sauer.
  - Wachs schmilzt.
  - Kaffee wird gekocht.
  - Bretter werden zersägt.
  - Kartoffeln werden gebraten.

- A2** Entscheide jeweils, ob die Aussage richtig oder falsch ist. Verbessere falsche Aussagen. Bei einer chemischen Reaktion ...
- ... verändern sich die Ausgangsstoffe nicht.
  - ... verändert sich die Atomanzahl nicht.
  - ... sind rechts vom Pfeil mehr Atome als links.
  - ... wird immer Energie frei oder aufgenommen.
  - ... wird keine Aktivierungsenergie gebraucht.
  - ... ändert sich immer die Farbe.

- A3** Nimm Stellung zu folgenden Aussagen:
- a) „Da aus 15 g Eis 15 g Wasser werden, ist die Erhaltung der Masse bei chemischen Reaktionen bewiesen.“
- b) „Wenn die Umgebungstemperatur kälter ist, wird weniger Aktivierungsenergie gebraucht.“
- (gestufte Hilfen: QR-/Mediencode)



05511-18

- A4** Übernimm die Tabelle unten in dein Heft. Ordne folgende Begriffe zu Dreiergruppen zusammen und sortiere sie wie das Beispiel in der Tabelle: Molekül, Ion, Aktivierungsenergie, Edelmetall, Reinstoff, Anion, Licht, Silber, Methan, Chlorid-Ion, Teilchen, Verbindung, Wasser-Molekül, Metall und Energie.
- (gestufte Hilfen: QR-/Mediencode)



05511-19

Pflanze	...	...	...	...	...
Baum	...	...	...	...	...
Eiche	...	...	...	...	...

- A5** Ordne folgenden Reaktionen jeweils den Begriff Analyse oder Synthese zu und erstelle die Formelgleichung.
- a) Aus Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) entsteht Wasser und Sauerstoff.

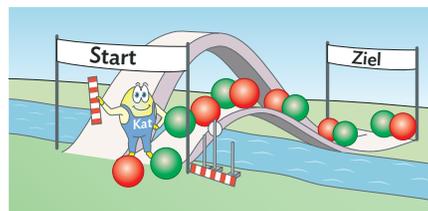
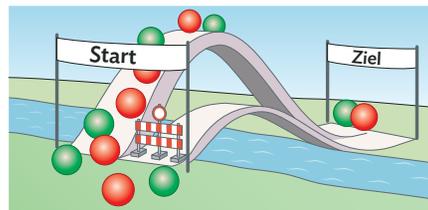
- b) Aus Stickstoff und Sauerstoff entsteht Stickstoffdioxid.
- c) Methan ( $CH_4$ ) wird in seine Elemente zerlegt.
- d) Ammoniak ( $NH_3$ ) wird aus den Elementen hergestellt.

- A6** Verbrennt man Eisen in einem offenen System, ist die Masse des entstehenden Produkts Eisenoxid höher als die des Edukts Eisen. Verbrennt man jedoch eine Kerze im offenen System, nimmt die Masse der Kerze ab.
- a) Beide Ergebnisse widersprechen scheinbar einem Grundgesetz der chemischen Reaktionen. Nenne dieses und beschreibe eine notwendige Änderung an den Versuchsvorschriften, damit es zutrifft.
- b) Erläutere die unterschiedlichen Ergebnisse.

- A7** Nenne den jeweiligen Gegenbegriff:
- endotherm
  - Synthese
  - Verbindung
  - Stoffgemisch
  - physikalischer Vorgang

- A8** Wasser wird im HOFMANN'schen Zersetzungsapparat unter ständiger Stromzufuhr in seine Elemente zerlegt. Zeichne das passende Energiediagramm.

- A9** Erläutere anhand der Abbildungen die Eigenschaften und die Funktionsweise eines Katalysators:



## M1 Animation zur Chlorknallgasreaktion

**A1** Die Chlorknallgasreaktion ist eine explosionsartig ablaufende Reaktion von Chlor und Wasserstoff. Führe den virtuellen Versuch unter dem QR-/Mediencode durch.



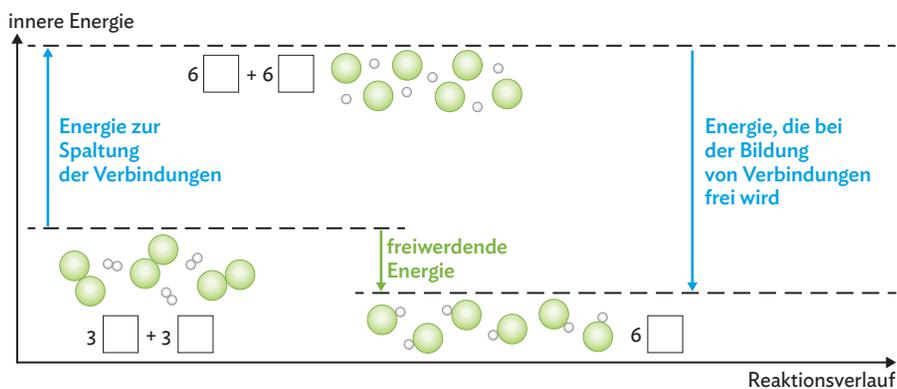
05511-20

**A2** Betrachte in der Animation den Unterpunkt „Teilchenebene“. Erstelle eine Legende für die einzelnen Teilchen.

**A3** Übernimm **B1** in dein Heft. Ordne den Kästchen in **B1** Molekülformeln und Elementsymbole zu.

**A4** Stelle die Wortgleichung und die Formelgleichung für die Reaktion auf.

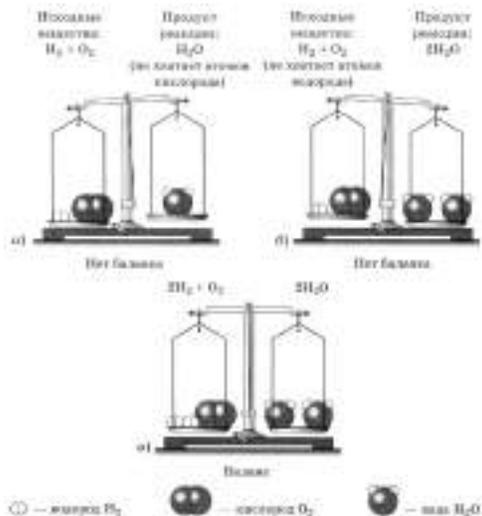
**A5** Leite aus dem Diagramm in **B1** ab, ob es sich um eine exotherme oder eine endotherme Reaktion handelt und markiere die Aktivierungsenergie. Gib an, wie die Aktivierungsenergie bei der Chlorknallgasreaktion zugeführt wird.



**B1** Energiediagramm der Chlorknallgasreaktion

## M2 Chemie international

In einem russischen Schulbuch findet man folgende Seite:



**A1** Beschreibe die drei Abbildungen aus dem russischen Schulbuch. Gib die Teilchen an, die abgebildet sind. Erkläre die Positionen der Waagschalen.

**A2** Stelle einen Bezug zum Aufstellen von Formelgleichungen her.

**A3** Erkläre, welche Bildelemente dir ein Verständnis ermöglichen, obwohl das Bild aus einem russischen Buch stammt.

**A4** Stelle jedes Bild in einer Formelgleichung dar und markiere darin jeweils mögliche Fehler. Hake die richtige Gleichung in deinem Heft ab.

**A5** Nenne das Kennzeichen der chemischen Reaktion, das mit den Bildern verdeutlicht werden soll.



## Alles im Blick

### Die chemische Reaktion

Bei einer chemischen Reaktion findet unter Energiebeteiligung eine Stoffumwandlung statt. Auf der Stoffebene werden aus den ursprünglichen Stoffen, den **Edukten**, neue Stoffe mit anderen Stoffeigenschaften gebildet, die **Produkte**. Auf der Teilchenebene findet eine Umgruppierung der Atome statt.



### Verbindungen und Elemente

Eine **Verbindung** ist ein Reinstoff, der mithilfe einer chemischen Reaktion weiter zerlegt werden kann.

Als **Element** bezeichnet man einen Reinstoff, der nicht weiter in andere Stoffe zerlegt werden kann.

Eine Reaktion, bei der eine Verbindung aus ihren Elementen gebildet wird, bezeichnet man als **Synthese**.

Eine Reaktion, bei der eine Verbindung in ihre Elemente zerlegt wird, bezeichnet man als **Analyse**.

### Massenerhalt

Die Gesamtmasse aller beteiligten Stoffe ändert sich während einer chemischen Reaktion nicht.

Auf der Teilchenebene kann der **Massenerhalt** mit der Umgruppierung von Atomen bei chemischen Reaktionen erklärt werden.

Atome können weder verschwinden, noch aus dem Nichts auftauchen. Da jedes Atom eine bestimmte Masse hat, bleibt die Gesamtmasse bei chemischen Reaktionen gleich.

### Wort- und Formelgleichungen

Chemische Reaktionen können als Gleichungen geschrieben werden. Auf der Stoffebene werden die Stoffe und ihre Aggregatzustände in einer **Wortgleichung** angegeben, auf der Teilchenebene die Formeln und die Anzahl der Teilchen in einer **Formelgleichung**. Dabei bezeichnet der Koeffizient die Anzahl der Teilchen und der Index die Atomanzahl im Molekül.

#### Wortgleichung:

Wasserstoff (g) + Sauerstoff (g) → Wasser (l)

Spricht: *Gasförmiger Wasserstoff reagiert mit gasförmigem Sauerstoff zu flüssigem Wasser.*

#### Formelgleichung:

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Spricht: *Zwei Wasserstoff-Moleküle reagieren mit einem Sauerstoff-Molekül zu zwei Wasser-Molekülen.*

### Energie bei chemischen Reaktionen

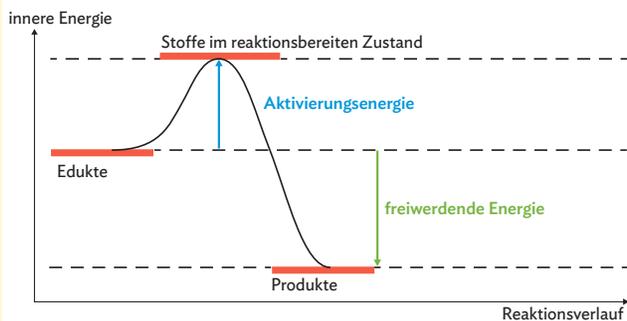
Bei chemischen Reaktionen findet neben der Stoffumwandlung auch immer eine Energieumwandlung statt. Wird dabei **innere Energie** aus den Edukten freigesetzt, spricht man von einer **exothermen** Reaktion. Nehmen die reagierenden Stoffe Energie aus der Umgebung auf, handelt es sich um eine **endotherme** Reaktion.

Die **Aktivierungsenergie** ist die Energie, die zugeführt werden muss, um eine Reaktion zu starten.

**Katalysatoren** setzen die Aktivierungsenergie herab und beschleunigen so die chemische Reaktion. Sie liegen nach der Reaktion unverändert vor.

### Energiediagramme

Um Energieumsätze bei chemischen Reaktionen zu veranschaulichen, nutzt man **Energiediagramme**. Daraus lässt sich auf einen Blick herauslesen ob eine exotherme oder eine endotherme Reaktion vorliegt.



# Ziel erreicht?

**Hast du das Ziel dieses Kapitels erreicht?** Bearbeite die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt (unter QR-/Mediencode). Vergleiche deine Antworten mit den Lösungen auf Seite 209. Bewerte dich mithilfe der untenstehenden Tabelle und lies falls nötig auf den angegebenen Seiten nochmal nach.



- A1** Entscheide und begründe jeweils, ob es sich um chemische Reaktionen handelt:
- Gären von Apfelsaft zu Cidre
  - Lösen von Zucker in Wasser
  - Sauerwerden von Milch
  - Schmelzen von Butter
  - Zucker bräunen
  - Aufbrühen von Tee

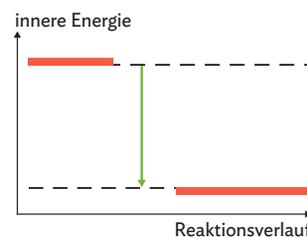
**A2** Ein Stoffgemisch aus Eisenspänen und Schwefelpulver könnte mit einem Magneten getrennt werden. Erhitzt man es, fängt es an zu glühen. Der entstandene Feststoff weist keine magnetischen Eigenschaften mehr auf. Beschreibe die Reaktion auf der Stoffebene unter Verwendung der Begriffe Element, Verbindung, Reinstoff und Stoffgemisch.

**B1** Stellt man eine brennende Kerze auf eine Digitalwaage, kann man eine Abnahme der Masse beobachten. Bei der Verbrennung von Eisenwolle auf einer feuerfesten Unterlage auf einer Digitalwaage kann man eine Massenzunahme beobachten. Erkläre beide Beobachtungen.

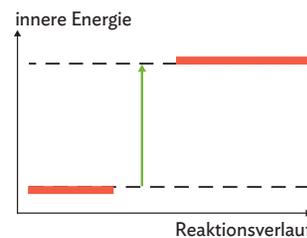
**B2** Die Darstellung zeigt die Reaktion von einem Methan-Molekül mit zwei Sauerstoff-Molekülen zu einem Kohlenstoffdioxid-Molekül und zwei Wasser-Molekülen. Begründe mit dem Satz von der Erhaltung der Masse, dass die Darstellung korrekt ist.



- C1** Beschrifte die Diagramme. Die folgenden Begriffe sind eine Hilfestellung: Produkte, Edukte, freiwerdende Energie, aufgenommene Energie, exotherm, endotherm.



**B1** Energiediagramm einer \_\_\_\_\_ Reaktion.



**B2** Energiediagramm einer \_\_\_\_\_ Reaktion.

- D1** Nenne Merkmale eines Katalysators.
- D2** Wenn Wasserstoffgas mit einer Platinoberfläche in Berührung kommt, entzündet es sich.
- Erkläre diesen Sachverhalt.
  - Zeichne in einem Energiediagramm die Knallgasreaktion mit und ohne Platineinsatz.

	Ich kann ...	lies nach auf Seite
<b>A</b>	chemische von physikalischen Vorgängen abgrenzen.	81
<b>B</b>	Stoffänderungen und Massenerhalt mit dem Atommodell von DALTON begründen.	88
<b>C</b>	auftretende Energieänderungen klassifizieren und grafisch darstellen.	89 – 92
<b>D</b>	den Ablauf einer katalysierten Reaktion erklären.	93

## BILDNACHWEIS

123RF / Ralf Maassen – S. 26; AdobeStock / abcmedia – S. 114; - / Africa Studio – S. 196; - / attilanova – S. 80; - / Richard Carey – S. 121; - / Stanislav Chub – S. 5, 124; - / fineart-collection – S. 15; - / fotofuerst – S. 192; - / fotografci – S. 61; - / fotomek – S. 160; - / Ihor95 – S. 69; - / kalpis – S. 11; - / Kanusommer – S. 14; - / Kellerkind – S. 11; - / Alexandr Mitiuc – S. 106; - / Neissl – S. 73; - / PictureArt – S. 38; - / PILL Mediendesign – S. 3, 24; - / Pixelwolf2 – S. 189; - / Hafiez Razali – S. 156; - / ruslan\_khismatov – S. 152; - / SciePro – S. 173; - / Sergey Surkov – S. 119; - / sveta – S. 54; - / VRD – S. 60; Claudia Bohrmann-Linde, Wuppertal – S. 27 (2), 28, 160, 175, 187; Anke Domrose, Meerbusch – S. 22; dpa Picture-Alliance / AP, Murray Becker – S. 43; Dreamstime / Isselee – S. 173; Fotolia / alonesdj – S. 5, 100; - / focusfinder – S. 169; - / Hayati Kayhan – S. 61; - / matteo – S. 37; - / nito – S. 189; - / Salixcaprea – S. 28; - / Gerhard Seybert – S. 121; - / Thaut Images – S. 90; - / Vista Photo – S. 30; Getty Images Plus / iStockphoto, 9chai – S. 37; - / iStockphoto, amnachphoto – S. 45; - / iStockphoto, AnatolyM – S. 238; - / iStockphoto, Annasunny – S. 126; - / iStockphoto, ArXOnt – S. 37; - / iStockphoto, Avoslo – S. 3, 10; - / iStockphoto, Bebenjy – S. 182; - / iStockphoto, bizoo\_n – S. 188; - / iStockphoto, Michael Burrell – S. 136; - / iStockphoto, by-studio – S. 102; - / iStockphoto, ChoochartSanson – S. 50; - / iStockphoto, chris\_29 – S. 45; - / iStockphoto, cody – S. 238; - / iStockphoto, Dafinchi – S. 68; - / iStockphoto, dgggg – S. 37; - / iStockphoto, debbiehelbing – S. 195; - / iStockphoto, dolunay\_sar zu – S. 60; - / iStockphoto, dragonnano – S. 42; - / iStockphoto, Eduardo\_Queiroz – S. 94; - / iStockphoto, expixel – S. 181; - / iStockphoto, FedBu – S. 168; - / iStockphoto, fotyma – S. 60; - / iStockphoto, gargantiopa – S. 156; - / iStockphoto, ginosphotos – S. 114; - / iStockphoto, herreae – S. 239; - / iStockphoto, humonia – S. 72; - / iStockphoto, IPGGutenbergUKLtd – S. 38; - / iStockphoto, JackF – S. 73; - / iStockphoto, kabVisio – S. 34; - / iStockphoto, Evgeny Karandaev – S. 37; - / iStockphoto, koosen – S. 60; - / iStockphoto, ktsimage – S. 140; - / iStockphoto, Kurgu128 – S. 197; - / iStockphoto, KvitaJan – S. 6, 150; - / iStockphoto, LeePeers – S. 94; - / iStockphoto, Lukasok – S. 60; - / iStockphoto, javi martin – S. 130; - / iStockphoto, Migrenart – S. 11; - / iStockphoto, mihtiander – S. 53; - / iStockphoto, Catalina-Gabriela Molnar – S. 184; - / iStockphoto, monkeybusinessimages – S. 12, 172; - / iStockphoto, Pavel Naumov – S. 55; - / iStockphoto, Nenov – S. 63 (2); - / iStockphoto, nito100 – S. 118; - / iStockphoto, Paket – S. 239; - / iStockphoto, petrroudry – S. 17; - / iStockphoto, Picsfive – S. 60; - / iStockphoto, Pict Rider – S. 7, 178; - / iStockphoto, Poike – S. 38; - / iStockphoto, pulsar75 – S. 180; - / iStockphoto, ra3rn – S. 88; - / iStockphoto, Rawpixel – S. 164; - / iStockphoto, repOrter – S. 239; - / iStockphoto, Viktoria Ruban – S. 28; - / iStockphoto, SARMDY – S. 4, 48; - / iStockphoto, scanrail – S. 37; - / iStockphoto, Serg\_Velusceac – S. 238; - / iStockphoto, SerrNovic – S. 4, 78; - / iStockphoto, st\_lux – S. 17; - / iStockphoto, uleiber – S. 108; - / iStockphoto, ulkan – S. 60; Ernst Hollweck, Stephanskirchen – S. 86 (3); images-of-elements.com/pse/- Vorsatz, S. 50, 51, 52; iStockphoto / dra\_schwartz – S. 16; - / xenotar – S. 145; Hans-Jürgen Jäger, Kaiserslautern – S. 16, 17; Anne-Kathrin Klaus, Würzburg – S. 55; Thomas Kohn, Tettngang – S. 75; Simone Kröger, Münster – S. 28; Klaus-Dieter Krüger, Friedland – S. 18 (2), 27 (2), 81 (3), 86, 105, 132 (6), 182, 184, 187, 197; Mauritius Images / Alamy Stock Photo, Nerthuz – S. 63, 152; Klaus Schneiderhan, Aulendorf-Blönried – S. 36 (2), 37; Peter Schwarz, Bobingen – S. 39; Shutterstock / Pressmaster – S. 234/235; Statistisches Bundesamt, Wiesbaden – S. 115; www.wikimedia.org / CCO – S. 137 (2)



# Periodensystem der Atomsorten (teilchenbezogen)

Periode	Hauptgruppen		Nebengruppen							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	
1	1 <b>H</b> Wasserstoff 1 2,1									
2	3 <b>Li</b> Lithium 1,0	4 <b>Be</b> Beryllium 1,5								
3	11 <b>Na</b> Natrium 0,9	12 <b>Mg</b> Magnesium 1,2								
4	19 <b>K</b> Kalium 0,8	20 <b>Ca</b> Calcium 1,0	21 <b>Sc</b> Scandium 1,3	22 <b>Ti</b> Titan 1,5	23 <b>V</b> Vanadium 1,6	24 <b>Cr</b> Chrom 1,6	25 <b>Mn</b> Mangan 1,5	26 <b>Fe</b> Eisen 1,8	27 <b>Co</b> Cobalt 1,8	28 <b>Ni</b> Nickel 1,9
5	37 <b>Rb</b> Rubidium 0,8	38 <b>Sr</b> Strontium 1,0	39 <b>Y</b> Yttrium 1,3	40 <b>Zr</b> Zirkonium 1,4	41 <b>Nb</b> Niob 1,6	42 <b>Mo</b> Molybdän 1,8	[98] <b>Tc*</b> Technetium 1,9	44 <b>Ru</b> Ruthenium 2,2	45 <b>Rh</b> Rhodium 2,2	46 <b>Pd</b> Palladium 2,2
6	55 <b>Cs</b> Caesium 0,7	56 <b>Ba</b> Barium 0,9		72 <b>Hf</b> Hafnium 1,3	73 <b>Ta</b> Tantal 1,5	74 <b>W</b> Wolfram 1,7	75 <b>Re</b> Rhenium 1,9	76 <b>Os</b> Osmium 2,2	77 <b>Ir</b> Iridium 2,2	78 <b>Pt</b> Platin 2,2
7	[223] <b>Fr*</b> Francium 0,7	226 <b>Ra*</b> Radium 0,9		[267] <b>Rf*</b> Rutherfordium 1,4	[268] <b>Db*</b> Dubnium 1,5	[271] <b>Sg*</b> Seaborgium 1,6	[272] <b>Bh*</b> Bohrium 1,7	[270] <b>Hs*</b> Hassium 1,8	[276] <b>Mt*</b> Meitnerium 2,3	[277] <b>Ds*</b> Darmstadtium 2,3

Nukleonenzahl **23**

≙ mittlere Atommasse in u

Elementsymbol **Na**

Elementname **Natrium**

Ordnungszahl **11**

≙ Protonenanzahl

≙ Elektronenanzahl

Elektronegativität **0,9**

## Lanthanoide 6. Periode

139 <b>La</b> Lanthan 57 1,1	140 <b>Ce</b> Cer 58 1,1	141 <b>Pr</b> Praseodym 59 1,1	144 <b>Nd</b> Neodym 60 1,2	[147] <b>Pm*</b> Promethium 61 1,2	152 <b>Sm</b> Samarium 62 1,2	63 <b>Eu</b> Europium 1,2
227 <b>Ac*</b> Actinium 89 1,1	232 <b>Th*</b> Thorium 90 1,1	231 <b>Pa*</b> Protactinium 91 1,5	238 <b>U*</b> Uran 92 1,7	[237] <b>Np*</b> Neptunium 93 1,3	[244] <b>Pu*</b> Plutonium 94 1,3	95 <b>Am</b> Americium 1,3

## Actinoide 7. Periode

\* radioaktives Element

[Atommasse eines wichtigen Isotops]

										Hauptgruppen					
										III	IV	V	VI	VII	VIII
															4 <b>He</b> Helium 2
										11 <b>B</b> Bor 5 2,0	12 <b>C</b> Kohlenstoff 6 2,5	14 <b>N</b> Stickstoff 7 3,0	16 <b>O</b> Sauerstoff 8 3,5	19 <b>F</b> Fluor 9 4,0	20 <b>Ne</b> Neon 10
										27 <b>Al</b> Aluminium 13 1,5	28 <b>Si</b> Silicium 14 1,8	31 <b>P</b> Phosphor 15 2,1	32 <b>S</b> Schwefel 16 2,5	35 <b>Cl</b> Chlor 17 3,0	40 <b>Ar</b> Argon 18
										I	II				
58 <b>Ni</b> Nickel 28 1,8	63 <b>Cu</b> Kupfer 29 1,9	64 <b>Zn</b> Zink 30 1,6	69 <b>Ga</b> Gallium 31 1,6	74 <b>Ge</b> Germanium 32 1,8	75 <b>As</b> Arsen 33 2,0	80 <b>Se</b> Selen 34 2,4	79 <b>Br</b> Brom 35 2,8	84 <b>Kr</b> Krypton 36							
106 <b>Pd</b> Palladium 46 2,2	107 <b>Ag</b> Silber 47 1,9	114 <b>Cd</b> Cadmium 48 1,7	115 <b>In</b> Indium 49 1,7	120 <b>Sn</b> Zinn 50 1,8	121 <b>Sb</b> Antimon 51 1,9	130 <b>Te</b> Tellur 52 1,9	127 <b>I</b> Iod 53 2,5	132 <b>Xe</b> Xenon 54							
195 <b>Pt</b> Platin 78 2,2	197 <b>Au</b> Gold 79 2,4	202 <b>Hg</b> Quecksilber 80 1,9	205 <b>Tl</b> Thallium 81 1,8	208 <b>Pb</b> Blei 82 1,8	209 <b>Bi</b> Bismut 83 1,9	[209] <b>Po*</b> Polonium 84 2,0	[210] <b>At*</b> Astat 85 2,2	[222] <b>Rn*</b> Radon 86							
[282] <b>Ds*</b> Darmstadtium 110	[280] <b>Rg*</b> Roentgenium 111	[285] <b>Cn*</b> Copernicium 112	[287] <b>Nh*</b> Nihonium 113	[285] <b>Fl*</b> Flerovium 114	[291] <b>Mc*</b> Moscovium 115	[293] <b>Lv*</b> Livermorium 116	[292] <b>Ts*</b> Tenness 117	[293] <b>Og*</b> Oganesson 118							

153 <b>Eu</b> Europium 63 1,2	158 <b>Gd</b> Gadolinium 64 1,1	159 <b>Tb</b> Terbium 65 1,2	164 <b>Dy</b> Dysprosium 66 1,2	165 <b>Ho</b> Holmium 67 1,2	166 <b>Er</b> Erbium 68 1,2	169 <b>Tm</b> Thulium 69 1,2	174 <b>Yb</b> Ytterbium 70 1,2	175 <b>Lu</b> Lutetium 71 1,2
[243] <b>Am*</b> Americium 95 1,3	[247] <b>Cm*</b> Curium 96 1,3	[247] <b>Bk*</b> Berkelium 97 1,3	[251] <b>Cf*</b> Californium 98 1,3	[252] <b>Es*</b> Einsteinium 99 1,3	[257] <b>Fm*</b> Fermium 100 1,3	[258] <b>Md*</b> Mendelevium 101 1,3	[259] <b>No*</b> Nobelium 102 1,3	[262] <b>Lr*</b> Lawrencium 103 1,3



T05511