

**DUDEN**

**BASISWISSEN**  
**SCHULE**



**CHEMIE**

**Abitur**

# Duden

**BASISWISSEN SCHULE**

# CHEMIE

ABITUR

5., überarbeitete und aktualisierte Auflage

Dudenverlag  
Berlin

## Herausgeber

Prof. Dr. Erhard Kemnitz, Dr. Rüdiger Simon

## Autoren

Arno Fishedick, Dr. Lutz Grubert, Dr. Annett Hartmann, Dr. Horst Hennig, Dr. Bernd Kaiser, Dr. Günter Kauschka, Prof. Dr. Erhard Kemnitz, Frank Liebner, Ute Lilienthal, Prof. Dr. Andreas Link, Dr. Gabriele Mederow, Prof. Dr. Sabine Müller, Dr. Cordula Riederer, Dr. Ullrich Riederer, Dr. Sven Scheurell, Dr. Martin Schönherr †, Dr. Rüdiger Simon, Dr. Hartmut Vogt

## Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Das Wort **Duden** und der Reihentitel **Basiswissen Schule** sind für den Verlag Bibliographisches Institut GmbH als Marke geschützt.

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

Für die Inhalte der im Buch genannten URLs, deren Verknüpfungen zu anderen Internetangeboten und Änderungen der Internetadresse übernimmt der Verlag keine Verantwortung und macht sich diese Inhalte nicht zu eigen. Ein Anspruch auf Nennung besteht nicht.

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

© Duden 2020

D C B A

Bibliographisches Institut GmbH, Mecklenburgische Straße 53, 14197 Berlin

## Redaktionelle Leitung

David Harvie

## Redaktion

Claudia Fahlbusch, Dr. Angelika Fallert-Müller,  
Michael Venhoff

## Herstellung

Uwe Pahnke

## Layout

Britta Scharffenberg

## Umschlaggestaltung

Büroeco, Augsburg

## Satz

LemmeDESIGN, Berlin

## Druck und Bindung

mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Printed in Germany

ISBN 978-3-411-04595-2



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig  
bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten  
Quellen.

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

## Inhaltsverzeichnis

|            |   |            |               |
|------------|---|------------|---------------|
| <b>1</b>   | <b>Die Chemie – eine Naturwissenschaft</b>                          | <b>7</b>   |               |
| <b>1.1</b> | <b>Die Chemie im Kanon der Naturwissenschaften</b>                  | <b>8</b>   |               |
| <b>1.2</b> | <b>Denk- und Arbeitsweisen in der Chemie</b>                        | <b>11</b>  |               |
| 1.2.1      | Begriffe und Größen   | 11         |               |
| 1.2.2      | Gesetze, Modelle und Theorien in der Chemie                         | 14         |               |
| 1.2.3      | Erkenntnisgewinn in der Chemie                                      | 16         |               |
| 1.2.4      | Vorbereitung, Durchführung und Auswertung<br>chemischer Experimente | 22         |               |
| <b>1.3</b> | <b>Stöchiometrie</b>  | <b>27</b>  |               |
| 1.3.1      | Molare und Zusammensetzungsgrößen                                   | 27         |               |
| 1.3.2      | Berechnungen zu chemischen Reaktionen                               | 31         |               |
| <b>2</b>   | <b>Kernchemie und Entstehung der Elemente</b>                       | <b>33</b>  |               |
| <b>2.1</b> | <b>Kernchemie</b>   | <b>34</b>  |               |
| 2.1.1      | Kernbausteine – Nukleonen   | 34         |               |
| 2.1.2      | Stabilität von Atomkernen und Kernreaktionen                        | 35         |               |
| <b>2.2</b> | <b>Entstehung der Elemente</b>                                      | <b>44</b>  |               |
| 2.2.1      | Kernsynthese der Elemente   | 44         |               |
| 2.2.2      | Häufigkeit der Elemente   | 46         | Überblick 48  |
| <b>3</b>   | <b>Atombau und Periodensystem</b>                                   | <b>49</b>  |               |
| <b>3.1</b> | <b>Atombau</b>  | <b>50</b>  |               |
| 3.1.1      | Historische Entwicklung des Atommodells                             | 50         |               |
| 3.1.2      | Das Atommodell nach Bohr und Sommerfeld                             | 52         |               |
| 3.1.3      | Das moderne quantenmechanische Atommodell                           | 55         | Überblick 63  |
| <b>3.2</b> | <b>Das Periodensystem der Elemente</b>                              | <b>64</b>  |               |
| 3.2.1      | Historie  | 64         |               |
| 3.2.2      | Ordnungsprinzip im Periodensystem                                   | 65         |               |
| 3.2.3      | Periodizität der Eigenschaften                                      | 67         | Überblick 76  |
| <b>4</b>   | <b>Chemische Bindung</b>  | <b>77</b>  |               |
| <b>4.1</b> | <b>Hauptbindungsarten</b>   | <b>78</b>  |               |
| 4.1.1      | Überblick   | 78         |               |
| 4.1.2      | Atombindung   | 79         |               |
| 4.1.3      | Ionenbindung  | 96         |               |
| 4.1.4      | Metallbindung   | 102        |               |
| <b>4.2</b> | <b>Besondere Wechselwirkungen zwischen Molekülen</b>                | <b>105</b> |               |
| 4.2.1      | Van-der-Waals-Kräfte  | 105        |               |
| 4.2.2      | Wasserstoffbrückenbindungen   | 106        | Überblick 108 |
| <b>5</b>   | <b>Grundzüge der physikalischen Chemie</b>                          | <b>109</b> |               |
| <b>5.1</b> | <b>Chemische Thermodynamik</b>                                      | <b>110</b> |               |
| 5.1.1      | Energie und Energieerhaltung  | 110        |               |
| 5.1.2      | Der erste Hauptsatz der Thermodynamik                               | 114        |               |
| 5.1.3      | Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik                              | 119        |               |
| 5.1.4      | Die freie Enthalpie   | 123        | Überblick 127 |
| <b>5.2</b> | <b>Chemische Kinetik</b>  | <b>128</b> |               |
| 5.2.1      | Zeitlicher Ablauf chemischer Reaktionen                             | 128        |               |
| 5.2.2      | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit                 | 134        |               |

|                 |            |  |            |
|-----------------|------------|--|------------|
|                 | 5.2.3      | Mechanismus chemischer Reaktionen                        | 137        |
|                 | 5.2.4      | Katalysatoren und Katalyse                               | 140        |
| ■ Überblick 143 | <b>5.3</b> | <b>Elektrochemische Prozesse</b>                         | <b>144</b> |
|                 | 5.3.1      | Elektrische Leitung und Elektrolyte                      | 144        |
|                 | 5.3.2      | Elektroden und Elektrodenpotenziale                      | 145        |
|                 | 5.3.3      | Elektrochemische Zellen und Zellspannung                 | 151        |
| ■ Überblick 166 | 5.3.4      | Elektrolytische Prozesse                                 | 162        |
|                 | <b>6</b>   | <b>Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz</b> | <b>167</b> |
|                 | <b>6.1</b> | <b>Das chemische Gleichgewicht</b>                       | <b>168</b> |
|                 | 6.1.1      | Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen                      | 168        |
|                 | 6.1.2      | Einstellung des chemischen Gleichgewichts                | 169        |
|                 | 6.1.3      | Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante         | 170        |
|                 | <b>6.2</b> | <b>Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts</b>       | <b>174</b> |
|                 | 6.2.1      | Einfluss der Temperatur und des Drucks                   | 174        |
|                 | 6.2.2      | Einfluss weiterer Reaktionsbedingungen                   | 176        |
|                 | <b>6.3</b> | <b>Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes</b>            | <b>178</b> |
|                 | 6.3.1      | Gleichgewichtsreaktionen in der Industrie                | 178        |
| ■ Überblick 182 | 6.3.2      | Löslichkeitsgleichgewichte von Salzen                    | 179        |
|                 | <b>7</b>   | <b>Protonen- und Elektronenübertragungsreaktionen</b>    | <b>183</b> |
|                 | <b>7.1</b> | <b>Säuren und Basen</b>                                  | <b>184</b> |
|                 | 7.1.1      | Säure-Base-Theorie nach Brönsted                         | 184        |
|                 | 7.1.2      | Säure-Base-Gleichgewichte                                | 186        |
|                 | 7.1.3      | Amphoterie   | 197        |
|                 | 7.1.4      | Neutralisationsreaktionen                                | 198        |
|                 | 7.1.5      | Säure-Base-Theorie nach Lewis                            | 204        |
| ■ Überblick 207 | 7.1.6      | Säuren und Basen im Alltag                               | 205        |
|                 | <b>7.2</b> | <b>Redoxreaktionen</b>                                   | <b>208</b> |
|                 | 7.2.1      | Redoxreaktionen als Donator-Akzeptor-Reaktionen          | 208        |
|                 | 7.2.2      | Oxidationszahlen   | 210        |
|                 | 7.2.3      | Entwickeln von Redoxgleichungen                          | 212        |
|                 | 7.2.4      | Standardredoxpotenziale und Redoxgleichgewichte          | 213        |
| ■ Überblick 218 | 7.2.5      | Anwendungen von Redoxreaktionen                          | 216        |
|                 | <b>8</b>   | <b>Grundzüge der anorganischen Chemie</b>                | <b>219</b> |
|                 | <b>8.1</b> | <b>Hauptgruppenelemente und Verbindungen</b>             | <b>220</b> |
| ■ Überblick 232 | 8.1.1      | Vorkommen und Darstellung der Elemente                   | 220        |
|                 | 8.1.2      | Verbindungen der Hauptgruppenelemente                    | 224        |
|                 | <b>8.2</b> | <b>Chemie der Nebengruppenelemente</b>                   | <b>233</b> |
|                 | 8.2.1      | Vorkommen und Darstellung der d-Block-Elemente           | 233        |
|                 | 8.2.2      | Eigenschaften und Verwendung von d-Block-Elementen       | 236        |
| ■ Überblick 245 | 8.2.3      | Nanotechnologie  | 243        |
|                 | <b>8.3</b> | <b>Komplexchemie</b>                                     | <b>246</b> |
|                 | 8.3.1      | Aufbau und Nomenklatur von Komplexen                     | 246        |
|                 | 8.3.2      | Struktur und Eigenschaften von Komplexverbindungen       | 248        |
|                 | 8.3.3      | Stabilität von Komplexverbindungen                       | 252        |
|                 | 8.3.4      | Darstellung und Bedeutung von Komplexen                  | 254        |
| ■ Überblick 258 | 8.3.5      | Komplexometrie   | 257        |

|             |   |            |               |
|-------------|---|------------|---------------|
| <b>9</b>    | <b>Strukturen und Reaktionen organischer Verbindungen</b>       | <b>259</b> |               |
| <b>9.1</b>  | <b>Allgemeine Grundlagen der organischen Chemie</b>             | <b>260</b> |               |
| 9.1.1       | Namen, Formeln und Strukturen . . . . .                         | 260        |               |
| 9.1.2       | Elektronische Effekte in organischen Verbindungen . . . . .     | 262        | Überblick 264 |
| 9.1.3       | Isomerie organischer Verbindungen . . . . .                     | 265        |               |
| 9.1.4       | Reagenzien, Substrate, Reaktionen . . . . .                     | 271        |               |
| 9.1.5       | Reaktionstypen in der organischen Chemie . . . . .              | 273        | Überblick 288 |
| <b>9.2</b>  | <b>Aliphatische Kohlenwasserstoffe</b>                          | <b>289</b> |               |
| 9.2.1       | Nomenklatur aliphatischer Kohlenwasserstoffe . . . . .          | 289        |               |
| 9.2.2       | Gesättigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe . . . . .           | 292        |               |
| 9.2.3       | Ungesättigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe . . . . .         | 295        |               |
| <b>9.3</b>  | <b>Aromatische Kohlenwasserstoffe</b>                           | <b>298</b> |               |
| 9.3.1       | Der aromatische Zustand . . . . .                               | 298        |               |
| 9.3.2       | Substituierte Benzene . . . . .                                 | 302        |               |
| 9.3.3       | Biologische Aktivität aromatischer Verbindungen . . . . .       | 304        | Überblick 306 |
| <b>9.4</b>  | <b>Organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen</b>        | <b>307</b> |               |
| 9.4.1       | Funktionelle Gruppen . . . . .                                  | 307        |               |
| 9.4.2       | Halogenalkane . . . . .   | 308        |               |
| 9.4.3       | Amine . . . . .   | 310        |               |
| 9.4.4       | Alkohole und Phenole . . . . .                                  | 312        |               |
| 9.4.5       | Ether . . . . .   | 318        |               |
| 9.4.6       | Carbonylverbindungen . . . . .                                  | 319        |               |
| 9.4.7       | Carbonsäuren und Carbonsäurederivate . . . . .                  | 322        | Überblick 328 |
| <b>9.5</b>  | <b>Naturstoffe</b>  | <b>329</b> |               |
| 9.5.1       | Kohlenhydrate . . . . .   | 329        |               |
| 9.5.2       | Fette . . . . .   | 337        |               |
| 9.5.3       | Aminosäuren, Peptide und Proteine . . . . .                     | 340        | Überblick 350 |
| <b>9.6</b>  | <b>Chemie in Biosystemen</b>                                    | <b>351</b> |               |
| 9.6.1       | Stoffwechsel und Biokatalyse . . . . .                          | 351        |               |
| 9.6.2       | Autotrophe Assimilation – Fotosynthese . . . . .                | 355        |               |
| 9.6.3       | Heterotrophe Assimilation . . . . .                             | 357        |               |
| 9.6.4       | Dissimilation – Atmung . . . . .                                | 359        |               |
| 9.6.5       | Dissimilation – Gärung . . . . .                                | 362        |               |
| 9.6.6       | Nucleinsäuren . . . . .   | 366        | Überblick 368 |
| <b>10</b>   | <b>Ausgewählte Anwendungen in der Chemie</b>                    | <b>369</b> |               |
| <b>10.1</b> | <b>Werkstoffe</b>   | <b>370</b> |               |
| 10.1.1      | Aufbau und Bildung synthetischer organischer Polymere . . . . . | 370        |               |
| 10.1.2      | Struktur und Eigenschaften von Kunststoffen . . . . .           | 380        |               |
| 10.1.3      | Verarbeitung von Kunststoffen . . . . .                         | 384        |               |
| 10.1.4      | Maßgeschneiderte synthetische Polymere . . . . .                | 385        |               |
| 10.1.5      | Verwertung von Kunststoffen . . . . .                           | 389        | Überblick 393 |
| 10.1.6      | Metallische Werkstoffe . . . . .                                | 394        |               |
| 10.1.7      | Silicone, Silicate und Gläser . . . . .                         | 398        |               |
| <b>10.2</b> | <b>Farbstoffe</b>   | <b>403</b> |               |
| 10.2.1      | Grundlagen der Farbigkeit . . . . .                             | 403        |               |
| 10.2.2      | Natürliche Farbstoffe . . . . .                                 | 406        |               |
| 10.2.3      | Synthetische Farbstoffe . . . . .                               | 407        |               |
| 10.2.4      | Färbeverfahren . . . . .  | 408        |               |
| <b>10.3</b> | <b>Tenside und Waschmittel</b>                                  | <b>410</b> |               |
| 10.3.1      | Tenside als grenzflächenaktive Stoffe . . . . .                 | 410        |               |

|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
|                 | 10.3.2 Anwendungen von Tensiden . . . . .  | 412        |
|                 | 10.3.3 Waschmittel . . . . .   | 414        |
| ■ Überblick 417 | <b>10.4 Arzneimittel</b>   | <b>418</b> |
|                 | 10.4.1 Entwicklung von Arzneimitteln . . . . .   | 418        |
|                 | 10.4.2 Wirkungsweise von Arzneistoffen . . . . .   | 419        |
|                 | 10.4.3 Arzneistoffsynthese. . . . .  | 422        |
|                 | <b>10.5 Ausgewählte chemisch-technische Verfahren</b>  | <b>423</b> |
|                 | 10.5.1 Technische Herstellung von Ammoniak . . . . .   | 423        |
|                 | 10.5.2 Technische Herstellung von Salpetersäure. . . . .   | 426        |
|                 | 10.5.3 Technische Herstellung von Schwefelsäure . . . . .  | 428        |
|                 | 10.5.4 Technische Herstellung von Chlor und Natronlauge –<br>Chloralkali-Elektrolyse nach dem Membranverfahren . . . . . | 430        |
|                 | 10.5.5 Aluminiumgewinnung durch Schmelzflusselektrolyse . . . . .  | 432        |
| ■ Überblick 440 | 10.5.6 Erdölverarbeitung – Gewinnung von Treibstoffen und<br>Rohstoffen für die chemische Industrie . . . . .            | 434        |
|                 | <b>10.6 Umweltbezogene Chemie</b>  | <b>441</b> |
|                 | 10.6.1 Der Kreislauf des Kohlenstoffs . . . . .  | 441        |
|                 | 10.6.2 Der Kreislauf des Stickstoffs . . . . .   | 443        |
|                 | 10.6.3 Belastungen der Atmosphäre . . . . .  | 444        |
|                 | 10.6.4 Belastungen der Gewässer . . . . .  | 450        |
|                 | 10.6.5 Belastungen des Bodens . . . . .  | 454        |
| ■ Überblick 456 | <b>11 Analyseverfahren</b>   | <b>457</b> |
|                 | <b>11.1 Klassische Analyseverfahren</b>  | <b>458</b> |
|                 | 11.1.1 Qualitative anorganische Analyse . . . . .  | 458        |
|                 | 11.1.2 Analyse organischer Verbindungen . . . . .  | 462        |
|                 | <b>11.2 Instrumentelle Analyseverfahren</b>  | <b>466</b> |
|                 | 11.2.1 Elektrochemische Analysemethoden . . . . .  | 466        |
|                 | 11.2.2 Chromatografische Analysemethoden . . . . .   | 472        |
|                 | 11.2.3 Spektroskopische Analysemethoden . . . . .  | 477        |
| ■ Überblick 482 | <b>A Anhang</b>  | <b>483</b> |
|                 | PSE . . . . .  | 484        |
|                 | Register . . . . .   | 485        |
|                 | Bildquellenverzeichnis . . . . .   | 496        |

Die Chemie –  
eine Naturwissenschaft

1



## 1.1 Die Chemie im Kanon der Naturwissenschaften

Bereits ein flüchtiger Blick auf unsere Umgebung zeigt uns die alltägliche Gegenwart chemischer Prozesse und Strukturen: Fast alle Gegenstände, die uns umgeben, sind in ihrer Entstehung an chemische Vorgänge geknüpft, seien es metallische Objekte, Kunststoffe, Farben oder ganze Bauwerke. Müssen wir nach Medikamenten greifen, so ist deren Herstellung und Wirkungsweise an chemische Strukturen und Reaktionen gebunden (↗ S. 419 ff.). Nutzen wir ein Transportmittel, so wird hier in den meisten Fällen chemische Energie in mechanische umgewandelt. Treibstoffe müssen in chemischen Prozessen synthetisiert und in Motoren effektiv verbrannt werden. Die entstandenen Abgase werden zu einer chemischen Belastung unserer Umwelt.



Auch unser Planet Erde ist in seiner heutigen Erscheinungsform das Ergebnis des Zusammenwirkens physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse. Eine wesentliche Grundlage für die Entstehung der Erde war die kosmologische Entwicklung der chemischen Elemente durch kernchemische Reaktionen (↗ S. 44 ff.). Wir befinden uns hier in einem Grenzgebiet, das von der Kosmologie, der **Physik** und der **Chemie** beschrieben wird.

Die chemischen Elemente mit ihrer Eigenschaft, Verbindungen einzugehen, bilden die Grundlage chemischer Vorgänge. Solche Vorgänge der Stoffumwandlung, bei denen chemische Bindungen (↗ S. 78 ff.) zwischen Teilchen gelöst und neu gebildet werden, bezeichnet man als chemische Reaktionen.

► Bereits beim Erkalten der Erdoberfläche fanden unzählige **chemische Reaktionen** statt, die u. a. zu verschiedenen Gesteinen, Oxiden, Salzen, Wasser und zur Ausbildung einer Gashölle führten.

Einige im Urozean gelöste Substanzen wurden mithilfe der Sonnenenergie, von Gewitterentladungen und anderen natürlichen Energieformen zu komplexeren chemischen Strukturen umgewandelt, die schließlich die Fähigkeit zur Selbstreproduktion erlangten. Aus den anfangs primitiven Lebensformen entwickelten sich höhere – bis schließlich zum Menschen. Die Entstehung und Entwicklung des Lebens ist an biochemische Prozesse wie die Bildung von Aminosäuren und Kohlenhydraten (↗ S. 329 ff.), die Speicherung der Erbinformation in der DNA oder die Herausbildung der Fotosynthese (↗ S. 355) gebunden.

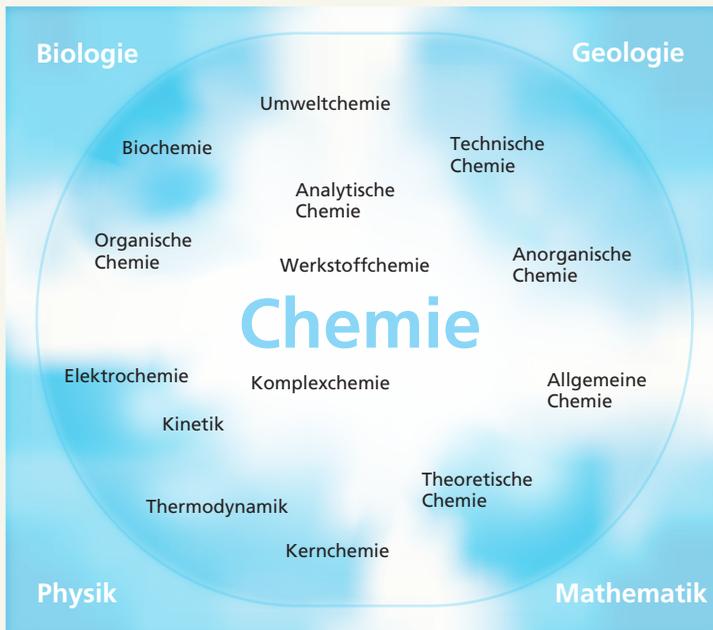
Jede Nahrung, die wir aufnehmen, besteht aus unterschiedlichen chemischen Verbindungen oder Stoffgemischen; in unserem Körper laufen **biochemische Reaktionen** ab, ohne die wir nicht lebensfähig wären. Selbst das Lesen dieses Texts ist ohne chemische Veränderungen im Auge und innerhalb des Gehirns nicht möglich.



► Das komplexe **Zusammenwirken chemischer Reaktionen und biologischer Vorgänge** ist die Grundlage des Lebens.

Die modernen Naturwissenschaften erforschen und beschreiben häufig gleiche Objekte aus unterschiedlichem Blickwinkel. Zur Natur zählen alle materiellen Gegenstände, Strukturen und Prozesse in der unendlichen Mannigfaltigkeit ihrer Erscheinungsformen. Aus dieser Tatsache ergeben sich zwei wichtige Hinweise: Erstens ist eine absolute Abgrenzung der Naturwissenschaften voneinander nicht möglich; zweitens bedarf es für die Erforschung eines Objekts häufig des kooperativen Zusammenwirkens verschiedener Wissenschaften. Dennoch hat jede Wissenschaft ihre Spezifik – so auch die Chemie.

Die Naturwissenschaft **Chemie** untersucht den Aufbau, die Eigenschaften und die Umwandlung von Stoffen, insbesondere die stofflichen und energetischen Veränderungen, die mit der Lösung und Neubildung chemischer Bindungen einhergehen.



► Im Laufe der Zeit kristallisierten sich unterschiedliche **Teilgebiete der Chemie** heraus. Eine strikte Abgrenzung zwischen den verwandten Disziplinen ist jedoch ebenso wenig möglich wie die strikte Trennung der Chemie von den anderen Naturwissenschaften. Die Disziplinen Thermodynamik, Kinetik, Elektrochemie, theoretische und Kernchemie werden auch unter dem Oberbegriff physikalische Chemie zusammengefasst.

► Die historische **Entwicklung der Chemie als Wissenschaft** begann mit den Naturphilosophen in der Antike. Auf sie gehen noch heute genutzte Begriffe wie Atom, **Element** oder Verbindung zurück.

Physikalische, chemische und biologische Vorgänge laufen seit Urzeiten in der Natur ab, lange bevor es Menschen und die von ihnen hervorgebrachten Wissenschaften gab. Mit ihrer Hilfe erkannte der Mensch die Naturzusammenhänge und vermochte in zunehmendem Maße, chemische Prozesse zur Verbesserung seiner Lebensgrundlagen zu nutzen.



Man denke dabei an das Feuer, die Herstellung von Keramiken und Metallen oder die chemischen Veränderungen von Naturstoffen zu Wein (↗ Abb. oben), Essig u. a. m. Dabei nutzte man *empirisches* oder *Erfahrungswissen*, ohne die theoretischen Ursachen bzw. den Ablauf der chemischen Prozesse wirklich zu kennen.

Erst vor ca. 2 500 Jahren stellten sich einzelne Menschen die Frage nach den Ursachen der natürlichen Zusammenhänge. Hier liegt die eigentliche Wiege der Wissenschaften. Weitere Meilensteine der Herausbildung der Chemie waren die mittelalterliche Alchemie, die im 19. Jahrhundert von der klassischen Chemie revolutioniert wurde. Diese lieferte die Basis für die Entwicklung der modernen, heutigen Chemie.

► Auch die Erschließung alternativer Energiequellen ist ohne die Entwicklung geeigneter Materialien durch die Chemie nicht möglich.

Die mit dem Fortschritt der Naturwissenschaften einhergehende Entwicklung der Menschheit hat jedoch ihren Preis. Durch die zunehmende Industrialisierung wurden die Ressourcen der Natur in immer stärkerem Maße ausgebeutet. Außerdem wurden durch chemische Industrie, Energieerzeuger und Fahrzeugverkehr riesige Mengen an Schadstoffen freigesetzt, die unsere Umwelt nachhaltig belasten.



Überdüngung der Böden in der Landwirtschaft und die Nutzung von Phosphaten als Komplexbildner in Waschmitteln führten z. B. zur Eutrophierung der Gewässer (↗ S. 451). Verbindungen wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die als Kühlmittel oder Treibgas verwendet wurden, verursachen das Ozonloch über den Polkappen der Erde (↗ S. 448).

Chemiker sind zweifellos mitverantwortlich für diese Umweltschäden. Das Beispiel der Schwefeldioxidemissionen zeigt aber auch, dass die Folgen industrieller Umweltschäden nur mithilfe der Naturwissenschaften wieder minimiert werden können. So wurde durch die Entwicklung effektiver Abgasreinigungs- und Erdölentschwefelungsanlagen die Emission von Schwefeldioxid in Deutschland von mehr als 6 Mio. Tonnen im Jahr 1970 auf ca. 600 000 Tonnen im Jahr 2006 zurückgedrängt. Die ökologischen Folgen wie der saure Regen (↗ S. 446) und der Smog in Ballungsgebieten wurden deutlich reduziert.

Die Verantwortung der Chemiker liegt darin, ihren Beitrag zur effektiven Nutzung von Rohstoffen und Energie, zur Entwicklung von Recyclingverfahren und geschlossenen Stoffkreisläufen und damit zum nachhaltigen Schutz der Umwelt zu leisten.

## 1.2 Denk- und Arbeitsweisen in der Chemie

### 1.2.1 Begriffe und Größen

#### Begriffe in der Chemie

Ein Ziel der Chemie besteht darin, Zusammenhänge in der Natur zu erkennen, Naturerscheinungen zu erklären und ihre Ursachen zu finden. Dazu werden chemische Prozesse beobachtet und Experimente durchgeführt, über deren Ergebnisse sich die Chemiker untereinander verständigen. Zu diesem Zweck hat die Chemie in ihrem Entwicklungsverlauf ein spezifisches Begriffssystem herausgebildet.

Ein **Begriff** ist die gedankliche Widerspiegelung einer Klasse von Objekten (Stoffe, Vorgänge, Erscheinungen usw.) auf der Grundlage gemeinsamer, festgelegter Merkmale.

Manchmal wird ein und derselbe chemische Begriff durch verschiedene Wörter, sogenannte Synonyme, bezeichnet.

Merkmale sind hervorgehobene und damit festgelegte Eigenschaften. Auf der Grundlage gemeinsamer, invarianter Merkmale werden naturwissenschaftliche Begriffe eindeutig *definiert* und so von anderen Begriffen unterschieden.

Die einzelnen Fachbegriffe sind in ihrer inhaltlichen Aussage aufeinander abgestimmt und bilden in ihrer Gesamtheit ein wissenschaftliches Begriffssystem, welches die Grundlage für die Fachsprache einer Naturwissenschaft darstellt. Fachbegriffe knüpfen häufig an Alltagsbegriffe an. Die fachliche Definition ist aber exakter und unterscheidet sich oft von der Bedeutung, die Fachbegriffe im Alltag haben.

Die **Definition** eines Begriffs erfolgt in den einzelnen Wissenschaften danach, welches gemeinsame Merkmal von Objekten als wesentlich festgelegt wird. Deshalb können Fachbegriffe in den verschiedenen Naturwissenschaften durchaus unterschiedlich definiert werden.

**Moleküle** sind Teilchen, die aus mindestens zwei gleichen oder unterschiedlichen Atomen aufgebaut sind. Die Atome sind durch kovalente Bindungen (Atombindungen) miteinander verknüpft.

**Oberbegriff:** Teilchen

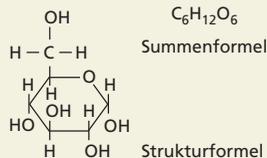
**Merkmale:** Art der Teilchen und der chemischen Bindung

Die **Summenformel** ist eine chemische Formel, die die Art und die Anzahl der Atome in einem Molekül angibt, jedoch keine Angaben über die Bindung zwischen den Atomen enthält.

**Oberbegriff:** chemische Formel

**Merkmale:** Art und Anzahl der Atome pro Molekül

#### Glucosemolekül



Die Summenformel enthält im Gegensatz zur Strukturformel keine Aussagen zur Struktur eines Moleküls. Glucose kann in unterschiedlichen Strukturen vorkommen (S. 330).



- $S_{N2}$ -Reaktionen 276 ff.  
 SOMMERFELD, ARNOLD 54  
 Sonnenstrahlung 445  
 Sorbit 315  
 Spannungsreihe 150  
 Spektralanalyse 52  
 Spektroskopie 477 ff.  
 Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 477  
 Spezialwaschmittel 416  
 Spiegelbildisomere 268  
 Spinpaarungsenergie 68  
 Spinquantenzahl 57  
 Sprengstoffe 426  
 Spritzgießen 384  
 Spurengase 444  
 SSS-Regel 302  
 Stabilisatoren 385  
 Stabilität  
   – kinetische 252  
   – thermodynamische 123, 252  
 Stahl 239, 394  
 Stahlerzeugung 395  
 Stahllegierungen 239  
 Standardbedingungen 115, 147, 149  
 Standardelektrodenpotential 147  
 Standardreaktionsenthalpie 116 ff.  
 Standardreaktionsentropie 121 ff.  
 Standardredoxpotenziale 213  
 Standardwasserstoffelektrode 149  
 Standardzustand 115  
 Stärke 335  
 Stärke von Säuren und Basen 189  
 Startreaktion 274, 374  
 STAUDINGER, HERMANN 370  
 Steamcracken 438  
 Steamreforming 424  
 Stellungsisomerie 266  
 Stereochemie 278  
 Stereoisomerie 268, 330, 382  
 Stickstoffdioxid 228, 446  
 Stickstoffdüngemittel 426, 443  
 Stickstoffkreislauf 443  
 Stickstoffoxide 446  
 Stöchiometrie 27, 31  
 Stoffkreisläufe 441 ff.  
 Stoffmenge 27  
 Stoffmengenanteil 28  
 Stoffmengenkonzentration 29  
 Stoff-Teilchen-Konzept 18  
 Stoffwechsel 351, 368  
 Stoßtheorie 134  
 STRASSMANN, FRITZ 41  
 Stratosphäre 444, 448  
 Stromschlüssel 151  
 Strukturanalyse 480  
 Strukturauflklärung 482  
 Struktur-Eigenschafts-Konzept 18  
 Strukturformeln 15, 260, 264  
 Strukturprotein 347  
 Styropor 386  
 Substituenteneffekt 263  
 Substitution 274 ff.  
   – nucleophile 276 ff., 292  
   – radikalische 274 f., 292  
 Substrat 271, 279, 352  
 Substratspezifität 352  
 Summenformel 11, 15, 260, 264  
 s- und p-Block-Elemente  
   – Darstellung 221  
   – Eigenschaften 223  
   – Verbindungen 224  
 Süßwasser 450  
 Synthese von  
   – Aluminium 432  
   – Ammoniak 423  
   – Chlor und Natronlauge 430  
   – Eisen und Stahl 234  
   – Hauptgruppenelementen 221  
   – Nebengruppenelementen 224  
   – Salpetersäure 426  
   – Schwefelsäure 142, 428  
 Synthesegaserzeugung 424  
 synthetische Farbstoffe 407  
 synthetische Polymere 370
- T
- Taktizität 382  
 technische Arbeitsprinzipien 440  
 Teilgebiete der Chemie 9  
 temporärer Dipol 106  
 Tenside 410 ff., 417  
 Terephthalsäure 326  
 tertiäre Alkohole 312  
 Tertiärstruktur 345, 380, 383  
 Tetraeder 86, 294, 401  
 Theorien 16  
 Thermodynamik 110 ff.  
 thermodynamische Systeme 111  
 Thermoplaste 371, 381, 384, 385, 393  
 THOMSON, JOSEPH 50  
 THOMSON, WILLIAM (LORD KELVIN) 119
- Titration 201  
   – konduktometrische 469  
   – potenziometrische 468  
   – einer schwachen Säure mit einer starken Base 201  
   – einer starken Säure mit einer starken Base 199  
 Titrationskurve 201  
 Tollens-Probe 463  
 Toluol (Toluol, Methylbenzen) 302, 439  
 Ton 401  
 Trägererelektrophorese 470  
 Treibhauseffekt 445  
   – anthropogener 445  
   – natürlicher 445  
 Treibhausgase 445  
 Trinkwasser 450, 452  
 Triphenylmethanfarbstoffe 407  
 Trivialnamen 260  
 Tropopause 444  
 Troposphäre 444  
 Tyndall-Effekt 413
- U
- Übergänge 478  
 Übergangszustand 136  
 Überlappung 84  
 Überspannung 162, 430  
 Umgebung 111  
 Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen 168 ff.  
 Umschmelzen 389  
 Umweltbereiche 441, 456  
 unedle Metalle 150  
 Unschärferelation 55  
 unverzweigte Alkane 261, 289  
 Uran 41  
 Urknall 44  
 UV-Fotometer 479  
 UV-Licht 445  
 UV-Strahlung 448  
 UV-VIS-Spektroskopie 478 f.
- V
- Vakuumdestillation 435  
 Valence-Bond-Theorie (VB-Theorie) 84 ff.  
 Valenzband 103  
 Valenzbindungstheorie 81  
 Valenzelektronen 62, 248  
 Valenzelektronenkonfiguration 62, 224, 245  
 18-Valenzelektronenregel 258  
 Valenzelektronenzahl 210  
 Valenzisomerie 267

Valenzstrichformeln 80  
 Vanadium 236  
 Van-der-Waals-Kräfte 105, 345, 383  
 Vanillin 320  
 VAN'T HOFF, JACOBUS 135  
 Verbindungen 220  
 – ionische 232  
 – kovalente 232  
 – höherer Ordnung 248  
 Verbrennung fossiler Brennstoffe 446  
 Verbrennungsenthalpie 117  
 Verbundwerkstoffe 388  
 vereinfachte Ionengleichung 212  
 vereinfachte Strukturformeln 260, 264  
 Veresterung 287, 325  
 Vergaserkraftstoff 437  
 Vergleichen 21  
 Verhältnisformel 465  
 Verpackungen 386, 396  
 Verseifung 337  
 Verteilungsgleichgewicht 472  
 Verwertung von Kunststoffen 389f.  
 unverzweigte Alkane 261, 290  
 Vitamine 349  
 Volumenanteil 28  
 Volumenarbeit 113  
 Volumeneffekt 243  
 Voraussagen 21  
 Vorproben 458  
 VSEPR-Modell (EPA-Modell) 93

**W**  
 WAAGE, PETER 170  
 Wanderungsgeschwindigkeit 470  
 Wärme 110, 111, 112  
 Wärmekapazität 112  
 Wärmetauscher 425, 440  
 waschaktive Substanzen 412  
 Waschmittel 414  
 Waschvorgang 412  
 Wasser  
 – Anomalie 106  
 – Ionenprodukt 186  
 – Reaktionen 72, 185, 220  
 – Struktur 92, 94  
 Wasserenthärter 401, 414  
 Wasserhärte 257  
 Wasserkreislauf 450  
 Wasserschadstoffe 452  
 Wasserstoff 223  
 Wasserstoffbrückenbindungen 106  
 – Alkohole 313  
 – Cellulose 336  
 – DNA 367  
 – Phenole 316,  
 – Proteine 344  
 – Makromoleküle 383  
 – nucleophile Substitution 280  
 WATSON, JAMES 366  
 Weichmacher 326, 385  
 Wein 363  
 Wellenfunktion 56  
 Welle-Teilchen-Dualismus 55

Werkstoffe 370ff.  
 werkstoffliche Verwertung 389  
 WERNER, ALFRED 246  
 Wertigkeit 71  
 WILLSTÄTTER, RICHARD 355  
 wirksamer Zusammenstoß 134  
 Wirkungsspezifität 352  
 Wolfram 237

**X**  
 Xylene 439

**Z**  
 ZEEMAN, PIETER 57  
 Zellatmung 359, 361  
 Zellspannung 152, 166  
 Zement 401  
 Zentralatom 246  
 Zentralteilchen 258  
 Zeolithe 414  
 Zersetzungsspannung 166  
 ZIEGLER, KARL 383  
 Zink 242, 397  
 Zinn 397  
 Zucker 329  
 Zusammensetzungsgrößen 28  
 Zustandsgleichung der idealen Gase 14, 113  
 Zustandsgrößen 13, 115  
 zwischenmolekulare Wechselwirkungen 105, 336, 344, 367, 381  
 Zwitterionen 342, 411w

## Bildquellenverzeichnis

**Legende:** Ol=Oben links, Om=Oben mittig, Or=oben rechts, Ml=Mitte links, Mm=Mitte mittig, Mr=Mitte rechts, Ul=Unten links, Um=Unten mittig, Ur=Unten rechts

**Hinweis:** Die Seitenzahl steht immer an erster Stelle, danach folgt die Positionsangabe (z.B. 075Or = Seite 75 Oben rechts). Falls keine konkrete Position angegeben ist, stammen alle urheberrechtlich relevanten Abbildungen vom selben Urheber.

**Adobe:** Akova/stock.adobe.com 373Ur; by-studio/stock.adobe.com 241Ur; Cozine/stock.adobe.com 334Ur; digitalstock/stock.adobe.com 369; drubig-photo/stock.adobe.com 305; Esther Hildebrandt/stock.adobe.com 395; fineart-collection/stock.adobe.com 206; Flad & Flad Communication Group/stock.adobe.com 244Ol; Kaspars Grinvalds/stock.adobe.com 409; Kay Ransom/stock.adobe.com 49; Kirill/stock.adobe.com 334Or; Morphat/stock.adobe.com 56Or; nehopelon/stock.adobe.com 9; Nomad\_Soul/stock.adobe.com 374; PhotoSG/stock.adobe.com 375; PhotoSG/stock.adobe.com 413; SENTELLO/stock.adobe.com 390Ol; Slavko Sereda/stock.adobe.com 392Ol; Stefan\_Weis/stock.adobe.com 402Ul; Stocksnapper/stock.adobe.com 394Ul; suzannmeer/stock.adobe.com 483; Swapan/stock.adobe.com 156Ul; Tanguy de Saint Cyr/stock.adobe.com 441; taviphoto/stock.adobe.com 231; Thomas Aumann/stock.adobe.com 364Ol; Udo Werner/stock.adobe.com 387Ur; vulcanus/stock.adobe.com 387Or;

**akg-images:** akg-images 43; De Agostini Picture Lib./M. Caffo/akg-images 8Ml; Werner Forman/akg-images 10Or;

**Z. Arghan, Berlin:** 400;

**Bibliographisches Institut GmbH:** 406, 467;

**Bibliographisches Institut GmbH/Jürgen Cullmann, Schwollen:** 242Or;

**Bibliographisches Institut GmbH/Harald Lange:** 452, 455;

**Bibliographisches Institut GmbH/Evelyn Knörr:** 403;

**Bibliographisches Institut GmbH/Heinrich Kordecki:** 446Ur;

**Renate Diener/Wolfgang Gluszak:** 367;

**Christine Gebreyes, Berlin:** 52, 152, 442, 443, 444, 446Mm, 450, 451;

**Christiane Gottschlich:** 216Ol, 339, 420Ol;

**Marcel Grewe:** 38, 48, 50Ur, 51Ml, 51Ur, 58, 63Or, 63Mr, 90Mr, 90Ml, 134, 157Ml, 168, 235, 265Ur, 278, 317, 389Or, 391, 412, 427, 429, 431, 435, 436, 438, 439, 445, 447, 453, 470, 473, 476, 478, 479;

**Dr. Guido Hegasy:** 222, 240, 344, 363, 384Or, 384Ur, 475;

**Gerlinde Keller, München:** 14, 39, 50Ol, 53, 54, 56Ml, 64Ol, 85, 105, 123, 135Or, 135Ur, 140, 155Mr, 163, 204, 208, 356, 370Ul, 418Ml, 420Or, 423Mr, 423Ur, 424, 426;

**Dr. R. König, Preetz:** 219;

**Karin Mall:** 117, 128, 174, 203, 226, 298, 335, 343, 345, 347Or, 347Ur, 425, 433;

**mauritius-images:** Science Source/News Bureau, General Electric Co/mauritius.all.com 42;

**MEV Verlag GmbH, Augsburg:** 8Mr, 11, 156Ol, 161, 259, 371, 378Mr, 382, 388, 389Ur, 404, 418;

**Meyer, L., Potsdam:** 394 Mr;

**NASA:** 8Or, 47, 216Ul;

**picture alliance:** picture alliance/blickwinkel/M. Henning 417Ml;

**Walther-Maria Scheid:** 23, 112, 113, 122, 146, 149, 151, 153, 155Ml, 156Ml, 156Mr, 157Ur, 158, 165, 175, 179, 217Or, 165Or, 346, 364Um, 373Mm, 381Ol, 381Om, 381Or, 462, 463, 464, 466

**Science Photo Library:** Science Photo Library/Andy Davies 84; Science photo Library/Camazine, Scott 241; Science Photo Library/Chris Martin-Bahr 441; Science Photo Library/Emilio Segre Visual Archives/American Institut of Physics 64Ur; Science Photo Library/Graham J. Hills 18Ur; Science Photo Library/Library of Congress 41; Science Photo Library/Martyn F. Chillmaid 384Ol; Science Photo Library/Mikkel Juul Jensen 47; Science Photo Library/Molekuul 392Mm; Science Photo Library/Omikron 85; Science Photo Library/PEKKA PARVIAINEN 396; Science Photo Library/Siu 390;

**Shutterstock:** 3Dsculptor/Shutterstock.com 402Ml; Africa Studio/Shutterstock.com 217; Africa Studio/Shutterstock.com 350Or; Africa Studio/Shutterstock.com 402; Africa Studio/Shutterstock.com 416Mr; ajt/Shutterstock.com 217Ur; Akin Ozcan/Shutterstock.com 56Ol; Alter-ego/Shutterstock.com 334Mr; Anna Jurkowska/Shutterstock.com 242Ur; chinahbzyg/Shutterstock.com 239; chromatos/Shutterstock.com 392Mr; chromatos/Shutterstock.com 392Ur; Cristina Romero Palma/Shutterstock.com 436; Denis Belyaevskiy/Shutterstock.com 255Mr; Dirk Ercken/Shutterstock.com 483; Dmitry Galaganov/Shutterstock.com 216; Fedorov Oleksiy/Shutterstock.com 280; homydesign/Shutterstock.com 379Ul; ifong/Shutterstock.com 356; ImYanis/Shutterstock.com 401Ur; Jesus Cervantes/Shutterstock.com 392Ml; Kzenon/Shutterstock.com 421Or; Linda\_K/Shutterstock.com 346; lola1960/Shutterstock.com 354; Luciano Mortula - LGM/Shutterstock.com 402; MarkoBr/Shutterstock.com 350Ur; Matej Kastelic/Shutterstock.com 423; Melica/Shutterstock.com 406Ol; Microgen/Shutterstock.com 10; MikroKon/Shutterstock.com 259; MNStudio/Shutterstock.com 372Or; moreimages/Shutterstock.com 461; multiart/Shutterstock.com 350Mr; olrat/Shutterstock.com 390Ml; Borisov/Shutterstock.com 241Ml; SARA-L/Shutterstock.com 461; Sasa Prudkov/Shutterstock.com 335; science photo/Shutterstock.com 244Or; science photo/Shutterstock.com 33; Sergey Ryzhov/Shutterstock.com 394Or; sspopov/Shutterstock.com 234; Teerasak Ladnongkhun/Shutterstock.com 372Ul; Teun van den Dries/Shutterstock.com 10Ul; Thongsuk Atiwannakul/Shutterstock.com 10Ml; topseller/Shutterstock.com 379Ur; Tyler Olson/Shutterstock.com 421Ol; vinap/Shutterstock.com 378Ur; vipman/Shutterstock.com 18Mr; vladwel/Shutterstock.com 381Ur; Volkova Vera/Shutterstock.com 255Or; Wang An Qi/Shutterstock.com 401Or; weerasak saeku/Shutterstock.com 306; zhao jian kang/Shutterstock.com 242; Zhou Eka/Shutterstock.com 122;

**Thomas Seilnacht:** 72, 238, 329, 459Mm, 461;

**Volkswagen AG:** 165Ul

**Geprüftes Wissen –  
verlässlich gut!**

**BASISWISSEN SCHULE  
CHEMIE ABI**

- Themen und Inhalte aus dem Chemieunterricht der Sekundarstufe II
- Perfekt zur umfassenden Vorbereitung auf das Abitur
- Zahlreiche farbige Grafiken und Fotos zur Veranschaulichung

Ausführliche Kapitel zu allen relevanten Teilbereichen der Chemie – von der Kernchemie, dem Atombau und Periodensystem über chemische Gesetze, Reaktionen und Grundlagen der organischen und anorganischen Chemie bis hin zu Anwendungs- und Analyseverfahren.

Für alle weiterführenden Schulformen. Berücksichtigt die aktuellen Bildungspläne aller Bundesländer.

ISBN 978-3-411-04595-2  
20 € (D) · 20,60 € (A)



9 783411 045952

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