

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

Inhaltsverzeichnis

1	Die Chemie – eine Naturwissenschaft	7	
1.1	Die Chemie im Kanon der Naturwissenschaften	8	
1.2	Denk- und Arbeitsweisen in der Chemie	11	
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 chemischer Experimente	22	
1.3	Stöchiometrie	27	
1.3.1	Molare und Zusammensetzungsgrößen	27	
1.3.2	Berechnungen zu chemischen Reaktionen	31	
2	Kernchemie und Entstehung der Elemente	33	
2.1	Kernchemie	34	
2.1.1	Kernbausteine – Nukleonen	34	
2.1.2	Stabilität von Atomkernen und Kernreaktionen	35	
2.2	Entstehung der Elemente	44	
2.2.1	Kernsynthese der Elemente	44	
2.2.2	Häufigkeit der Elemente	46	Überblick 48
3	Atombau und Periodensystem	49	
3.1	Atombau	50	
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
3.2	Das Periodensystem der Elemente	64	
3.2.1	Historie	64	
3.2.2	Ordnungsprinzip im Periodensystem	65	
3.2.3	Periodizität der Eigenschaften	67	Überblick 76
4	Chemische Bindung	77	
4.1	Hauptbindungsarten	78	
4.1.1	Überblick	78	
4.1.2	Atombindung	79	
4.1.3	Ionenbindung	96	
4.1.4	Metallbindung	102	
4.2	Besondere Wechselwirkungen zwischen Molekülen	105	
4.2.1	Van-der-Waals-Kräfte	105	
4.2.2	Wasserstoffbrückenbindungen	106	Überblick 108
5	Grundzüge der physikalischen Chemie	109	
5.1	Chemische Thermodynamik	110	
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
5.2	Chemische Kinetik	128	
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	5.3	Elektrochemische Prozesse	144
	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
	6	Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	167
	6.1	Das chemische Gleichgewicht	168
	6.1.1	Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen	168
	6.1.2	Einstellung des chemischen Gleichgewichts	169
	6.1.3	Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante	170
	6.2	Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts	174
	6.2.1	Einfluss der Temperatur und des Drucks	174
	6.2.2	Einfluss weiterer Reaktionsbedingungen	176
	6.3	Anwendungen des Massenwirkungsgesetzes	178
	6.3.1	Gleichgewichtsreaktionen in der Industrie	178
■ Überblick 182	6.3.2	Löslichkeitsgleichgewichte von Salzen	179
	7	Protonen- und Elektronenübertragungsreaktionen	183
	7.1	Säuren und Basen	184
	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
	7.2	Redoxreaktionen	208
	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
	8	Grundzüge der anorganischen Chemie	219
	8.1	Hauptgruppenelemente und Verbindungen	220
	8.1.1	Vorkommen und Darstellung der Elemente	220
■ Überblick 232	8.1.2	Verbindungen der Hauptgruppenelemente	224
	8.2	Chemie der Nebengruppenelemente	233
	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
	8.3	Komplexchemie	246
	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

9	Strukturen und Reaktionen organischer Verbindungen	259	
9.1	Allgemeine Grundlagen der organischen Chemie	260	
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
9.2	Aliphatische Kohlenwasserstoffe	289	
9.2.1	Nomenklatur aliphatischer Kohlenwasserstoffe	289	
9.2.2	Gesättigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe	292	
9.2.3	Ungesättigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe	295	
9.3	Aromatische Kohlenwasserstoffe	298	
9.3.1	Der aromatische Zustand	298	
9.3.2	Substituierte Benzene	302	
9.3.3	Biologische Aktivität aromatischer Verbindungen	304	Überblick 306
9.4	Organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen	307	
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
9.5	Naturstoffe	329	
9.5.1	Kohlenhydrate	329	
9.5.2	Fette	337	
9.5.3	Aminosäuren, Peptide und Proteine	340	Überblick 350
9.6	Chemie in Biosystemen	351	
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
10	Ausgewählte Anwendungen in der Chemie	369	
10.1	Werkstoffe	370	
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	
10.2	Farbstoffe	403	
10.2.1	Grundlagen der Farbigkeit	403	
10.2.2	Natürliche Farbstoffe	406	
10.2.3	Synthetische Farbstoffe	407	
10.2.4	Färbeverfahren	408	
10.3	Tenside und Waschmittel	410	
10.3.1	Tenside als grenzflächenaktive Stoffe	410	

	10.3.2 Anwendungen von Tensiden	412
	10.3.3 Waschmittel	414
■ Überblick 417	10.4 Arzneimittel	418
	10.4.1 Entwicklung von Arzneimitteln	418
	10.4.2 Wirkungsweise von Arzneistoffen	419
	10.4.3 Arzneistoffsynthese.	422
	10.5 Ausgewählte chemisch-technische Verfahren	423
	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 – Chloralkali-Elektrolyse nach dem Membranverfahren	430
	10.5.5 Aluminiumgewinnung durch Schmelzflusselektrolyse	432
■ Überblick 440	10.5.6 Erdölverarbeitung – Gewinnung von Treibstoffen und Rohstoffen für die chemische Industrie	434
	10.6 Umweltbezogene Chemie	441
	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	11 Analyseverfahren	457
	11.1 Klassische Analyseverfahren	458
	11.1.1 Qualitative anorganische Analyse	458
	11.1.2 Analyse organischer Verbindungen	462
	11.2 Instrumentelle Analyseverfahren	466
	11.2.1 Elektrochemische Analysemethoden	466
	11.2.2 Chromatografische Analysemethoden	472
	11.2.3 Spektroskopische Analysemethoden	477
■ Überblick 482	A Anhang	483
	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.

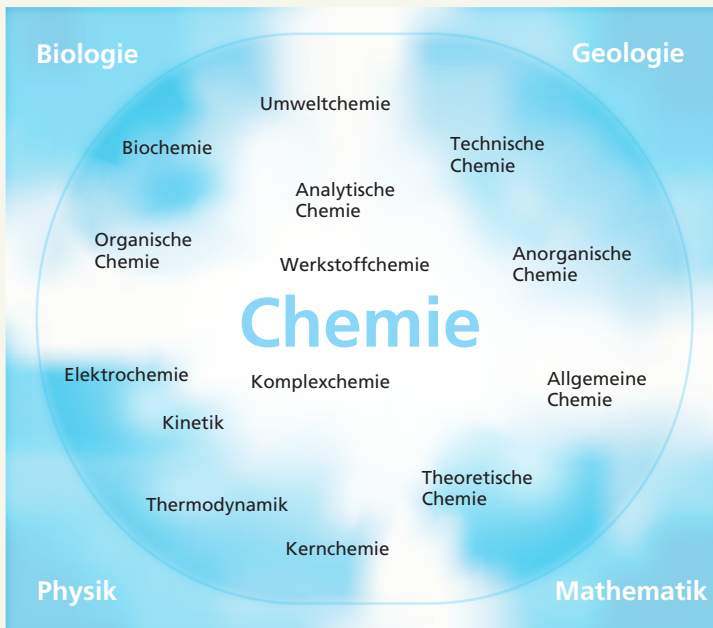
Jede Nahrung, die wir aufnehmen, besteht aus unterschiedlichen chemischen Verbindungen oder Stoffgemischen; in unserem Körper laufen **biochemische Reaktionen** ab, ohne die wir nicht lebensfähig wären. Selbst das Lesen dieses Texts ist ohne chemische Veränderungen im Auge und innerhalb des Gehirns nicht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

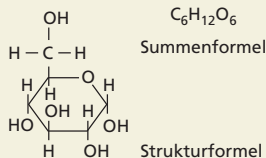
Merkmale: Art der Teilchen und der chemischen Bindung

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
 Standardelektrodenpotenzial 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; chromatoss/Shutterstock.com 392Mr; chromatoss/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 Olesiy/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.

