Chemisches Grundwissen Berufsfeld Chemie, Physik, Biologie

Dr. Gisela Katzer Prof. Dr. Franz Katzer

2., durchgesehene und erweiterte Auflage

Handwerk und Technik · Hamburg

Verwendete Zeichen

c Konzentration	р	Druck
c Stoffmengenkonzentration	p_0	Normdruck
$c_{\rm eq}$ Äquivalenzkonzentration	p _T	Druck bei Temperatur
c Lichtgeschwindigkeit	p_{ϑ}	Druck bei Temperatur ϑ
E _O Standardpotential	p+	Proton
EN Elektronegativität	Q	Ladung
e⁻, ⊝ Elektron	Q	Wärmeenergie
f Frequenz	R	allgemeine Gaskonstante
F _{el} elektrostatische Kraft	S	Entropie
F _p Schmelztemperatur	ΔS	Entropieänderung
G freie Enthalpie	S	Spinquantenzahl
H Enthalpie	T	Temperatur in Kelvin
ΔH Enthalpieänderung	T_0	Normtemperatur
ΔH_{B} Standardbildungsenthalpie	u	Atommasseneinheit
$\Delta H_{\rm G}$ Gitterenthalpie	V	Volumen
$\Delta H_{\rm H}$ Hydratationsenthalpie	V	Molvolumen
ΔH_{L} Lösungsenthalpie	V_0	Molvolumen bei 0 °C,
h PLANCKsches Wirkungsquantum		molares Normvolumen
K, K _c , K _p Gleichgewichtskonstante	V_{ϑ}	Molvolumen bei ϑ
K _p Siedetemperatur	V_{T}	Molvolumen bei T
K _D Dissoziationskonstante	W	Energie
K _S Säurekonstante	Z	Äquivalenzzahl
K _B Basenkonstante	α	thermischer Ausdehungskoeffizient der
K _L Löslichkeitsprodukt		Gase
KZ Koordinationszahl	α	Dissoziationsgrad
/ Nebenquantenzahl	α	Protolysegrad
M molare Masse, Molmasse	δ	Zeichen für Polarität
m magnetische Quantenzahl	3	Dielektrizitätskonstante
m Masse	ϑ	Temperatur in °C
N _A AVOGADROsche Konstante(Zahl)	λ	Wellenlänge
n Hauptquantenzahl	μ	Dipolmoment
n Neutron	π	Doppelbindung
n Stoffmenge, Anzahl der Mole	σ	Einfachbindung

ISBN 3.582.0**1272**.7 - 2. Auflage 2005

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

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.

Verlag Handwerk und Technik G.m.b.H., Lademannbogen 135, 22339 Hamburg; Postfach 63 05 00, 22331 Hamburg E-Mail: info@handwerk-technik.de – Internet: www.handwerk-technik.de

Computersatz: comSet Helmut Ploß, 21031 Hamburg Druck: Offizin Andersen Nexö Leipzig GmbH, 04442 Zwenkau

	Einleitung	11
1	Chemie und Physik	12
1.1	Arbeitsgebiete der Chemie und der Physik	
1.2	Physik und physikalischer Vorgang	12
1.3	Änderungen des Aggregatzustandes als Beispiel für physikalische	
1.4	Vorgänge	12 15
1.5	Chemische Eigenschaften	17
1.6	Änderung von Eigenschaften als Merkmale eines chemischen Vorgangs	18
2	Stoffe	19
2.1	Einteilung der Stoffe nach Vorkommen und Verwendung	19
2.2	Aggregatzustände von Stoffen	20
2.2.1	Gase	20
2.2.2	Flüssigkeiten	23
223	Festkörper	24
2.3	Zusammensetzung von Stoffen	26
231	Einteilung der Stoffe nach der Zusammensetzung	26
2.3.2	Mischungen – Gemische und Gemenge	27
2.3.3	Reine Stoffe	31
2.3.4	Formeln	34
2.3.5	Gleichungen	35
2.3.6	Nomenklatur	37
2.4	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 1 und 2	39
3	Bau der Atome	40
3.1	Geschichtliches	40
3.2	Elementarteilchen und Bau des Atomkerns	44
3.3	Protonen	44
3.4	Neutronen	44
3.5	Elektronen	45
3.6	Absolute und relative Atommasse	46
3.7	Relative Molekülmasse	47
3.8	Das Mol als Teilchen- oder Stoffmenge	48
3.9	Beziehung zwischen AVOGADROscher und LOSCHMIDTscher Zahl	4.0
0.40	oder Konstante	49
3.10	Konzentrationsmaße	50
3.11	Bau der Atomhülle	50
3.12	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 3	57
4	Periodensystem	58
4.1	Periodizität der Eigenschaften	58
42	Periodizität des Atombaus	60
4.3	Energiestufen der Elektronen	62
4.4	Periodizität des Atomvolumens	64
4.5	Quantenmechanisches Modell der Atomhülle –	
	Erweiterung der Modellvorstellungen über das Atom	65
4.5.1	Linienspektren	65
4.5.2	Gequantelte Energie	66
4.5.3	Quantenzahlen	67
4.5.4	Kästchenschreibweise der Elektronenkonfiguration	70
4.5.5	Orbital-Modell der Atomhülle	71
4.6	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 4, Abschnitt 4.1 bis 4.4	73

4.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 4, Abschnitt 4.5	73
5	Primäre chemische Bindungen	74
5.1	Elektronenpaarbildung durch Spinkopplung	74
5.2	Wirkung der elektrostatischen Kräfte auf das bindende Elektronenpaar	75
5.3	Ionenbindung oder Ionenbeziehung (heteropolare Bindung)	
5.3.1	Bildung von Ionen	
5.3.2	lonenwertigkeit oder lonenladung	79
5.3.3	Redoxvorgang bei der Bildung von Ionen aus den Atomen	79
5.3.4	Elektronegativität	
5.3.5	Struktur von Ionenverbindungen im festen Zustand – Ionengitter	
5.4	Atombindung (kovalente oder homöopolare Bindung)	84
5.4.1	Bildung gemeinsamer Elektronenpaare	
5.4.2	Unpolare Atombindung	
5.4.3	Bindigkeit unpolarer Moleküle	
5.4.4	Bindungsenergie und Gitterenergie unpolarer Stoffe	
5.4.5	Struktur von unpolaren Stoffen im festen Zustand – Molekülgitter	
5.4.6	Polare Atombindung	
5.4.7	Bindigkeit polarer Moleküle und formale Oxidationszahl	91
5.4.8	Gestalt von Molekülen	
5.4.9	Bindungslänge und Bindungsenergie in Molekülen	
5.4.10	Deutung der Atombindung mithilfe des Orbitalmodells	
5.5	Metallbindung	
5.6	Übergänge zwischen den Bindungsarten	
5.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 5	
6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.6	Sekundäre Bindungen Nahkräfte zwischen den Molekülen Polare Moleküle – Dipolmoleküle Einteilung der zwischenmolekularen Kräfte Pol-Orientierungskräfte (KEESOM-Kräfte) Induktionskräfte (DEBYE-Kräfte) Dispersionskräfte (LONDON-Kräfte) Wasserstoffbrückenbindung	103 103 105 106 107 108 108
6.8 7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 6 Einige Elemente des Periodensystems und ihre Verbindungen	
7.1	Nichtmetalle	
7.1.1	Stellung der Nichtmetalle im Periodensystem	
7.1.2	Allgemeine Eigenschaften der Nichtmetalle	
7.1.3	Elemente der 7. Hauptgruppe – Halogene	
7.1.4	Elemente der 6. Hauptgruppe – Chalkogene	
7.1.5	Weitere Nichtmetalle und ihre Verbindungen	
7.2	Metalle	122
7.2.1	Stellung der Metalle im Periodensystem	122
7.2.2	Allgemeine Eigenschaften der Metalle	122
7.2.3	Kristallstruktur	123
7.2.4	Elemente der 1. Hauptgruppe – Alkalimetalle	125
7.2.5	Elemente der 2. Hauptgruppe – Erdalkalimetalle	126
7.2.6	Oxidation von Metallen	127
7.3	Säuren	128
7.3.1	Definition der Säuren	128
7.3.2	Indikatoren	129
7.3.3	Sauerstofffreie Säuren	130

7.3.4	Sauerstoffhaltige Säuren oder Oxosäuren	
7.3.5	Flüchtige und schwerflüchtige Säuren	
7.3.6	Starke und schwache Säuren – Dissoziation und Hydratation	
7.3.7	Reaktion von verdünnten Säuren mit Metallen	. 140
7.3.8	Redoxreaktionen mit oxydierenden Säuren	
7.4	Metallhydroxide, Basen, Laugen	. 143
7.4.1	Definition der Hydroxide	. 143
7.4.2	Weitere Säure-Base-Paare – Protolyse	
7.4.3	Erweiterung des Säure-Base-Begriffs – LEWIS-Säuren und LEWIS-Basen	
7.4.4	Bildung von Hydroxiden (Basen)	. 147
7.4.5	Löslichkeit und Reaktionen von Metallhydroxiden (Basen)	. 148
7.4.6	Ammoniumhydroxid	. 150
7.4.7	Amphotere oder ampholytische Metalle	. 151
7.5	Salze als Ionenverbindungen zwischen Metallen und Nichtmetallen	. 152
7.6	Komplex- oder Koordinationsverbindungen	. 155
7.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 7	
8	Stöchiometrische Berechnungen	161
8.1	Grundlegende Gesetze	. 161
8.2	Schrittfolge beim chemischen Rechnen	
8.3	Rechenbeispiel für teilweisen Umsatz der Ausgangsstoffe	
8.4	Rechenbeispiel für den Volumenumsatz	
8.5	Rechenbeispiel für die Metallgewinnung aus Erzen	
8.6	Aufgaben zur Stöchiometrie	
	3	
9	Energieänderungen beim Ablauf chemischer Reaktionen	166
9.1	Stoffliche Systeme und Zustandsgrößen	. 166
9.2	Innere Energie	
9.3	Enthalpie	
9.4	HESSscher Satz	
9.5	Standard-Bildungsenthalpie	
9.6	Aktivierung	
9.7	Exotherme und endotherme Reaktionen	. 178
9.8	Freie (Reaktions-)Enthalpie	
9.9	Entropie	
9.10	Katalyse – Katalysatoren	
9.11	Weitere Bedingungen für den Ablauf chemischer Vorgänge	
9.12	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 9	
•	7 tan gaaron = an 1110 ann ann an 1110 ann ann an 1110 ann ann an 1110 ann an 1110 ann an 1110 ann an 1110 ann	
10	Chemisches Gleichgewicht	190
10.1	Richtung und Umkehrbarkeit einer Reaktion – Prinzip vom kleinsten Zwang	
10.2	Gleichgewicht zwischen Hin- und Rückreaktion	
10.3	Massenwirkungsgesetz	
10.4	Berechnung der Gleichgewichtskonstante K _c	
10.5	Verallgemeinerung des Massenwirkungsgesetzes	
10.6	Bildung von lodwasserstoffsäure	
10.7	Beeinflussung von Gleichgewichten – Ausbeutesteigerung	
10.7	Gleichgewichte in heterogenen Systemen	
10.0	Dissoziationskonstante von Elektrolyten	
10.10	Ionenprodukt des Wassers und pH-Wert	
10.10	pH-Messung	
10.11	Säure- und Basenkonstanten – pK _S - und pK _B -Werte	
10.12	Berechnung des pH-Wertes	
10.13	Hydrolyse	
	- 11 WI WI WW	

10.15	Löslichkeitsprodukt	
10.16	Puffer	
10.17	Neutralisation – Säure-Base-Titration	
10.18	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 10	214
11	Chemisch-technische Prozesse –	
	Erzeugung von Grundchemikalien und Metallen	
11.1	Erzeugung von Schwefelsäure	215
11.1.1	Kontaktverfahren	
11.1.2	Schwefeldioxid als Umweltgift	217
11.2	Erzeugung von Ammoniak aus Luftstickstoff nach dem HABER-BOSCH- Verfahren	218
11.3	Erzeugung von Salpetersäure	
11.3.1	OSTWALD-Verfahren	
11.3.2	Stickoxide als Umweltgifte	
11.4	Erzeugung von Soda nach dem Solvay-Verfahren	
11.5	Chlor-Alkali-Elektrolyse	
11.5.1	Wesen der Elektrolyse	
11.5.1	Zersetzungsspannung	
11.5.2	Erzeugung von Chlor und Natriumhydroxid im Diaphragma-Verfahren	
11.5.4	Erzeugung von Chlor und Natriumhydroxid im Amalgam-Verfahren	
11.5.4	Gefahren bei der Realisierung der Chlor-Alkali-Elektrolyse	
11.6 11.7	BOUDOUARDsches Gleichgewicht Gewinnung von Roheisen im Hochofenprozess	
11.7.1	Vorbehandlung der Eisenerze	
11.7.2	Beschickung des Hochofens	
11.7.3	Chemische Vorgänge im Hochofen	
11.7.4	Produkte des Hochofens	236
11.7.5	Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl	
11.8	Gewinnung von Kupfer	
11.9	Gewinnung von Aluminium durch Schmelzfluss-Elektrolyse	
11.10	Überblick über die Gewinnung weiterer Metalle durch Redoxvorgänge	
11.11	Nebenprodukte und Produktionsabfälle	
11.12	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 11	248
12	Wasser	
12.1	Eigenschaften	249
12.2	Wasser als Lösungsmittel und Löslichkeit von Salzen	
12.3	Vorgänge beim Lösen	
12.4	Vorkommen und Bedeutung des Wassers	
12.5	Trinkwasser	
12.6	Aufbereitung des Trinkwassers	
12.7	Wasserhärte	
12.8	Enthärtung des Wassers	
12.9	Abwasserbelastung und Abwasserbehandlung	
12.10	Wasser- und Bodenverseuchung durch Mülldeponien	
12.11	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 12	265
13	Luft	
13.1	Bestandteile der Luft	
13.2	Luftverflüssigung	267
13.3	Das natürliche CO ₂ -O ₂ -Gleichgewicht	267
13.4	Kohlenstoffdioxid und Treibhauseffekt	
13.5	Ozon-Gleichgewicht und Ozonabbau	269

13.6	Luftverunreinigung	272
13.6.1	Schadstoffkonzentrationen – MAK- und MIK-Werte	
13.6.2	Luftschadstoffe und Smogbildung	
13.6.3	Wirkungen und Reduzierung von Luftschadstoffen	
13.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 13	
14	Allgemeine organische Chemie	
14.1	Zum Begriff "Organische Chemie"	
14.2	Bindungen des Kohlenstoffs mit einwertigen Elementen	
14.3	Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen	
14.4	Allgemeine Eigenschaften organischer Stoffe	
14.5	Organische Reaktionen	285
15	Organische Verbindungen	
15.1	Aliphatische oder acyclische Kohlenwasserstoffe	
15.1.1	Alkane oder Paraffine	
15.1.2	Isomerie	
15.1.3	Alkene oder Olefine	
15.1.4	Polyene	
15.1.5	Alkine oder Acetylene	
15.1.6	Cycloalkane oder Naphthene	
15.1.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 14 und Abschnitt 15.1	
15.2	Derivate aliphatischer Kohlenwasserstoffe	
15.2.1	Chlorverbindungen der Kohlenwasserstoffe	
15.2.2	Nitroalkane	
15.2.3	Amine	
15.2.4	Alkanole oder Alkohole	
15.2.5	Alkanale oder Aldehyde	
15.2.6	Alkanone oder Ketone	
15.2.7	Ether	
15.2.8	Carbonsäuren	
15.2.9	Substituierte Carbonsäuren	
15.2.10	Derivate der Carbonsäuren	
15.2.11	Natürliche Fette und Öle – Fetthärtung und Fettspaltung	
15.2.12	Seifen und synthetische Waschmittel – Tenside	
15.2.13	Kohlenhydrate	
15.2.14	Eiweiße	
15.2.15	Aufgaben zur Wiederholung von Abschnitt 15.2	
15.3	Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	
15.3.1	Benzen (Benzol)	
15.3.2	Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe	
15.3.3	Einige Nomenklaturregeln für aromatische Verbindungen	
15.3.4	Einfachsubstituierung – elektrophile Substitution	
15.3.5	Mehrfachsubstitution	
15.4	Derivate aromatischer Kohlenwasserstoffe	
15.4.1	Halogenderivate der Arene	
15.4.2	Aromatische Sulfonsäuren	347
15.4.3	Phenole	
15.4.4	Aromatische Alkohole	
15.4.5	Aromatische Aldehyde	
15.4.6	Aromatische Ketone	351
15.4.7	Aromatische Carbonsäuren	
15.4.8	Aromatische Nitroverbindungen	353
15.4.9	Aromatische Amine	354

15.4.10	Aromatische Diazoverbindungen	
15.4.11	Farbstoffe	
15.5	Terpene und Steroide	
15.6 15.7	Heterocyclische Verbindungen	
15.7	Autgaben zur wiedernolung von Kapitel 15.3 bis 15.6	301
16	Erdgas, Erdöl und Kohle als Energieträger und Rohstoff	
16.1 16.2	Entstehung	
16.2	Erdgas Erdöl	
16.4	Gewinnung von Kohlenwasserstoffen durch fraktionierte Destillation des Erdöls	
16.5	Verunreinigung durch Mineralöle – Umweltprobleme	
16.6	Weiterverarbeitung von Erdölfraktionen	
16.6.1	Raffination	
16.6.2	Erhöhung der Benzinausbeute durch Cracken ("Molekülverkleinerung")	
16.6.3	Qualitätsverbesserung der Benzine durch Reforming-Prozesse ("Molekülumbau")	
16.6.4	Verdichtbarkeit des Benzins – Octanzahl	
16.7	Kohle	
16.7.1	Kohle als Energieträger und Rohstoff	368
16.7.2	Entgasung der Kohle (Verkokung)	
16.7.3	Vergasen der Kohle zu Synthesegas	
16.8	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 16	371
17	Kunststoffe	372
17.1	Makromolekulare Stoffe – Definition und Einteilung	372
17.2	Ausgangsstoffe	373
17.3	Synthesereaktionen und Produkte	373
17.3.1	Polymerisation und Polymerisate	373
17.3.2	Bindungscharakter und sekundäre Bindungen der Polymerisate	375
17.3.3	Struktur der Polymerisate	377
17.3.4	Elastomere (Elaste)	379
17.3.5	Polykondensation und Polykondensate	
17.3.6	Polyaddition und Polyaddukte	385
17.4	Allgemeine Eigenschaften der Kunststoffe	
17.5	Chemiefasern	
17.6	Recycling von Kunststoffen	
17.7	Aufgaben zur Wiederholung von Kapitel 17	390
	Anhang	
Α	Einige Grundregeln für den Umgang mit Chemikalien im Labor	
В	Verhalten bei Notfällen und erste Hilfe	
С	Gefahrenhinweise	
	Standardisierte Risiko-Sätze (R-Sätze)	
	Sicherheitsratschläge (S-Sätze)	
D	Gesetze und Verordnungen	
E	Gefahrstoffe	395
	Sachwortverzeichnis	399
	Bildquellenverzeichnis	404
	Periodensystem der Elemente (Ausschlagtafel) nach Seite	404

Vorwort für die Lehrenden

Für das vorliegende Lehrbuch fanden die Rahmenlehrpläne für alle Berufe des Berufsfeldes Chemie, Physik, Biologie der Bundesländer Berücksichtigung. Der Inhalt ist auf alle Ausbildungsjahre abgestimmt. Stoffgruppen der organischen Chemie, die auf die aliphatischen Kohlenwasserstoffe folgen, sind im Überblick aufgenommen worden. Nur wenige Sachverhalte konnten aus Gründen des Umfangs nicht dargestellt werden, beispielsweise muss für Pharmazeutika auf spezielle Literatur hingewiesen werden. Das Lehrbuch enthält auch die chemischen Grundlagen, die in Fachschulen der Fachrichtungen Chemietechnik und Biotechnik vermittelt werden. Ebenso werden Schüler beruflicher Gymnasien entsprechender Orientierung in dem Buch ihre Lerninhalte auffinden können.

Es wurde eine Lehrstoffsystematik gewählt, die der Logik der Fachdisziplin folgt. Diese Entscheidung ergab sich schon daraus, dass die Rahmenlehrpläne sowohl, was die einzelnen Bundesländer als auch die Ausbildungsberufe des Berufsfeldes betrifft, in Auswahl und Anordnung nicht deckungsgleich sind. Die Autoren haben sich bemüht, die Darstellung so zu wählen, dass die Kapitel aufeinander abgestimmt und in sich geschlossen, aber auch in der Abfolge vertauschbar sind. Dadurch gibt es für den Lehrenden keine Einschränkungen, die eigene Unterrichtssystematik zu bestimmen. Ein solches Vorgehen war auch vom ökonomischen Standpunkt angeraten, denn es ist kaum vertretbar, für jeden einschlägigen Beruf gesonderte Lehrbücher zu schreiben und zu drucken, die zum größten Teil gleiche Inhalte aufweisen. Diese Entscheidung von Autoren und Verlag zieht allerdings nach sich, dass einige Abschnitte der jeweiligen Ausbildungsrichtung nur Ergänzungswissen, aber nicht Unterrichtsstoff enthalten. Diese Inhalte sind so abgefasst, dass keine Verständnislücken entstehen, wenn die Behandlung im Unterricht nicht erfolgt.

Breiter Raum wird den grundlegenden Zusammenhängen eingeräumt, die dem Verständnis von Erscheinungen dienen. Auch die Wiederholungsfragen zu den einzelnen Kapiteln lenken die Schüler auf Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Die im Text enthaltenen Aufgaben sind in diesem Zusammenhang zu sehen.

Die Autoren haben es als wichtige Aufgabe angesehen, in angemessener Weise auf Umweltprobleme einzugehen, haben doch gerade Umweltschäden meist chemische Ursachen.

Grundsätzlich sollte die Vermittlung chemischer Sachverhalte zu kritischer Haltung im Umgang mit Substanzen, die Gefahren darstellen, erziehen.

Die Autoren danken dem Verlag für die Unterstützung. Sie sind über kritische Hinweise, die einer Bearbeitung bei einer Neuauflage dienlich wären, erfreut.

Die Verfasser

Vorwort zur 2. Auflage

Autoren und Verlag danken für die Hinweise, die zur Verbesserung der 2. Auflage angeregt haben. Wir verweisen vor allem auf die Erweiterungen der Kapitel "Energieänderungen" und "Weitere organische Verbindungen". Beim "Massenwirkungsgesetz" und bei den "Nichtmetallen" wurden heterogene Systeme, Ausbeutesteigerungen sowie LEWIS-Säuren und -Basen neu aufgenommen.

Die Autoren

Vorbemerkungen für die Auszubildenden

Vorworte von Lehrbüchern sind aus unerfindlichen Gründen meist für die Lehrer geschrieben. Lehrbücher sind jedoch für Sie, die Lernenden, verfasst! Also wollen die Autoren die "Tradition" brechen und sich auch an Sie wenden.

Im Chemieunterricht wird man leicht von der großen Vielfalt der Einzelheiten überwältigt, wenn es nicht gelingt, zu allgemein gültigen, vergleichbaren wiederkehrenden Zusammenhängen vorzudringen. Deshalb sollten Sie sich auf die Gesetzmäßigkeiten konzentrieren und die einzelne Erscheinung als speziellen Fall verstehen. Die hervorgehobenen Merksätze sollen Ihnen dabei behilflich sein. Auch die im Text und am Kapitelende eingefügten Aufgaben orientieren auf die Zusammenhänge von Ursache und Wirkung und weisen auf besonders wichtige Lerninhalte hin. Erst das Erkennen der Ursachen führt zum Verständnis des chemischen Sachverhaltes. Fragen Sie deshalb immer nach dem Warum!

Die chemischen Prozesse gehen immer am unendlich kleinen Stoffteilchen vor sich. Sie sind uns nicht direkt zugänglich. Deshalb können sich Lernende oft nicht vorstellen, wie sich Atome, lonen oder Moleküle verändern. Um eine gewisse Anschaulichkeit zu erhalten, stehen Ihnen Modelle zur Verfügung. Beachten Sie, dass es Denkhilfen sind. Die Wirklichkeit ist viel komplizierter. Schon aus diesem Grunde braucht man zur Aufklärung besonders komplizierter Dinge und Prozesse mehrere Modelle, abgesehen davon, dass man nur modellieren kann, wenn man von dem betreffenden Sachverhalt etwas weiß.

Und schließlich noch etwas Wichtiges: So, wie ohne Zahlen keine Berechnungen ausgeführt werden können, so ist chemisches Denken und Handeln ohne wichtige Formeln und Gleichungen nicht möglich.

Autoren und Ihre Lehrer wollen Vermittler, "Katalysator" zwischen der Wissenschaft Chemie und Ihnen sein, damit Sie sich das Wissen aneignen können, das Sie für Ihre spätere Berufstätigkeit benötigen. Wir wünschen Ihnen Erfolg!

Die Verfasser

Einleitung

Gegenstand der Wissenschaft Chemie sind die Stoffe. Alle festen Körper, Flüssigkeiten, Gase, auch der menschliche Körper selbst bestehen aus Stoffen. Man kann sagen, dass es der Mensch während seines gesamten Lebens – bewusst oder unbewusst – mit Erscheinungen zu tun hat, die durch die Wissenschaft Chemie erforscht werden. Die Aufnahme von Nährstoffen sichert den Ablauf der körpereigenen Prozesse. Die Menschen gewinnen Rohstoffe aus Naturstoffen und wandeln diese zu neuen Materialien, aus denen schließlich die vielfältigsten Gegenstände für alle Bereiche des Lebens (Haushalt, Freizeit, Industrie usw.) hergestellt werden. Ganz gleich, ob es der zum Faustkeil gestaltete Feuerstein, die Bronzesichel, die "eiserne" Bahn, das wirksame Medikament, der in raffinierten Strukturen erdachte Mikrochip ist, in jedem Fall werden die Eigenschaften bestimmter Stoffe vom Menschen genutzt. Die Entwicklung der menschlichen Zivilisation ist eng verbunden mit der Weiter- und Neuentwicklung von Stoffen. Es darf aber nicht übersehen werden, dass neben vielen positiven Wirkungen auch negative Einflüsse auf Mensch und Natur mit der Erzeugung und dem Einsatz von Stoffen verbunden sind. Kenntnisse der Chemie sind für den Menschen daher in mehrfacher Hinsicht bedeutungsvoll: Sie versetzen ihn einerseits in die Lage, Stoffe zu bewerten, auszuwählen, deren Eigenschaften zweckvoll zu nutzen und zu verändern. Andererseits liefern sie ihm auch das Rüstzeug, um "chemische Sünden" zu vermeiden, die unsere Umwelt schädigen. Der letztere Aspekt nimmt mit dem Umfang der genutzten Stoffe an Bedeutung zu. Es ist unerlässlich, die Schadstoffbildung einzuschränken, anfallende Schadstoffe in unschädliche Formen zu überführen und Altstoffe einer Wiederverwertung zugänglich zu machen.

1 Chemie und Physik

1.1 Arbeitsgebiete der Chemie und der Physik

Chemie und Physik sind exakte Naturwissenschaften, deren Interessen sich auf gleiche natürliche Erscheinungen in der Umwelt des Menschen richten. Daraus ergibt sich, dass die Arbeitsgebiete beider Wissenschaften nicht scharf abgrenzbar sind und eine Definition des Wissenschaftsgegenstandes immer "Unschärfen" enthält.

1.2 Physik und physikalischer Vorgang

Die Physik beschäftigt sich vorrangig mit Zustandsänderungen von Stoffen, bei denen die Stoffzusammensetzung erhalten bleibt. Zustandsänderungen vollziehen sich unter Einwirkung von Energie. Sie äußern sich beispielsweise in Änderungen des **Aggregatzustandes** (fest, flüssig, gasförmig). Deshalb wird die Physik auch als Wissenschaft von der Energie und deren Umwandlungen bezeichnet.

Physik und Chemie untersuchen den Aufbau und das Verhalten der unbelebten Natur. Die Unterschiede beider Wissenschaftsgebiete zeigen sich, wenn man den physikalischen und den chemischen Vorgang kennzeichnet:

Physikalische Vorgänge äußern sich in Zustands- bzw. Energieänderungen. Dabei treten keine bleibenden stofflichen Veränderungen ein.

Aufgabe: Beobachten Sie Wetterabläufe, die Bewegungen auf einer Straße, Vorgänge im Haushalt u. a. und nennen Sie Prozesse, die ohne Stoffänderungen vor sich gehen.

1.3 Änderungen des Aggregatzustandes als Beispiel für physikalische Vorgänge

Für die meisten festen Stoffe gilt, dass sie durch Energiezufuhr, d. h. durch Erwärmen geschmolzen und verdampft werden können. Dazu muss am **Schmelzpunkt (-temperatur)** die **Schmelzwärme** und am **Siedepunkt (-temperatur)** die **Verdampfungswärme** aufgebracht werden. Die Änderungen des Wassers beim Erwärmen lassen sich wie folgt formulieren:

Die zum Schmelzen bzw. zum Verdampfen von jeweils einem Gramm Eis bzw. Wasser benötigten Wärmemengen werden als **spezifische Schmelz-** bzw. **spezifische Verdampfungswärme** bezeichnet.

Bei der Abkühlung von Wasserdampf unter die **Kondensationstemperatur**, die bei gleichem Druck der Siedetemperatur entspricht, kondensiert er wieder zu flüssigem Wasser. Ebenso erstarrt das Wasser beim Unterschreiten der **Kristallisations- oder Erstarrungstemperatur**, die bei gleichem Druck der Schmelztemperatur entspricht. Die zum Schmelzen bzw. Verdampfen notwendigen Wärmemengen werden bei der Abkühlung wieder als **Kondensations-** bzw. als **Erstarrungs- oder Kristallisationswärme** frei. Die Beträge sind gleich groß. Darin äußert sich das **Gesetz von der Erhaltung der Energie.** Zugeführte Wärmemengen erhalten ein positives (Energiezuwachs), abgegebene Wärmemengen erhalten ein negatives Vorzeichen (Energieverlust).

Die Gleichungen für die Vorgänge lauten somit:

Die Vorgänge beim Erwärmen und beim Abkühlen von Wasser verlaufen unter gleichen Bedingungen reversibel (umkehrbar, ohne bleibende Veränderung).

Alle Stoffe, die bis über die Schmelz- bzw. Verdampfungstemperatur thermisch stabil sind, d. h. sich nicht zersetzen, zeigen solch reversible Änderungen des Aggregatzustandes (Abb. 1-1).

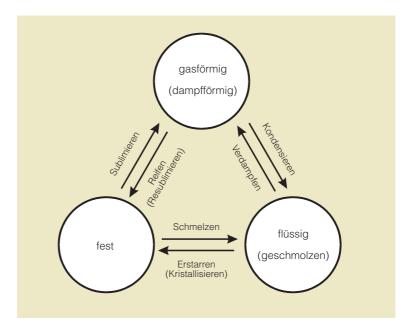
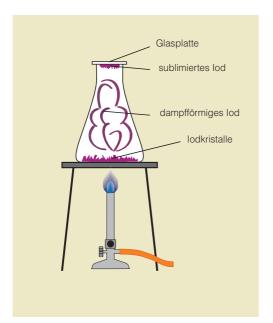


Abb. 1-1 Mögliche Übergänge zwischen den Zustandsformen eines Stoffes

Aggregatzustände können auch "übersprungen" werden. Aus Schwefeldampf bildet sich beim Abkühlen fester Schwefel ("Schwefelblüte"). Bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes und hoher Luftfeuchtigkeit kann der Übergang von Wasserdampf in Eis beobachtet werden (Reifen). Bei manchen Stoffen und bei niedrigem Druck sind auch Änderungen vom festen in den dampfförmigen Zustand möglich (Sublimation, Abb. 1-2).



Beispiele dafür sind das Verdampfen von Eis oder das zum Verspiegeln genutzte Verdampfen von Aluminium im Vakuum.

Abb. 1-2 Sublimation und Reifen (Resublimieren) von Iod



Abb. 1-3 zeigt die Möglichkeiten der Änderung von Aggregatzuständen am Beispiel des Wassers. Der Übersicht 1-1 sind für einige technisch bedeutsame Metalle Schmelz- und Siedetemperaturen sowie die spezifischen Wärmemengen zu entnehmen.

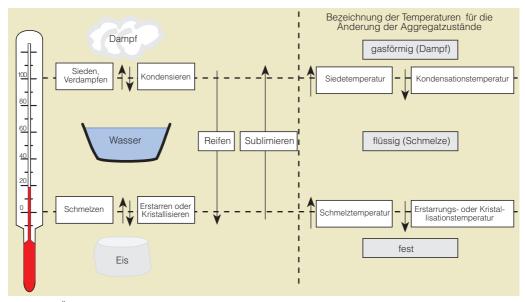


Abb. 1-3 Änderungen des Aggregatzustandes am Beispiel von Wasserstoffoxid H₂O (bei p = 101,325 kPa)

Physikalische Konstanten von Metallen				
Stoff	Schmelz- temperatur	spezifische Schmelz- bzw. Kristallisationswärme	Siede- temperatur	spezifische Verdampfungs- bzw. Kondensationswärme
	in °C	in kJ · g ⁻¹	in °C	in kJ · g ⁻¹
Na	97,7	0,115	881	4,48
Al	660,2	0,418	~2330	10,48
Cu	1083	0,204	~2595	4,87
Fe	1539	0,278	~3070	6,338
W	3410	0,192	~5700	4,346

Übersicht 1-1

Aufgabe: Stellen Sie für die Änderungen der Aggregatzustände beim Erwärmen und Abkühlen von Aluminium Gleichungen auf, wie das für Wasser geschehen ist.

Bei allen genannten Vorgängen ändert sich die Zusammensetzung der Stoffe nicht. Wasser ist in allen Aggregatzuständen die gleiche Verbindung H_2O . Der Stoff und seine Eigenschaften bleiben bei physikalischen Vorgängen erhalten. Zu den physikalischen Eigenschaften (Merkmalen) eines Stoffes zählt man: Schmelz- und Siedetemperatur, Dichte, Aggregatzustände in Abhängigkeit von Druck und Temperatur, elektrische und Wärmeleitfähigkeit, magnetisches Verhalten, Härte und Festigkeit.

1.4 Chemie und chemischer Vorgang

Die Chemie ist die Wissenschaft von den Stoffen und den stofflichen Veränderungen, die sich bei chemischen Vorgängen einstellen. Sie erforscht den Aufbau (Struktur), die Zusammensetzung (Bestandteile), die Eigenschaften und die Darstellung (Herstellung, Erzeugung) von Stoffen. Im Zentrum chemischer Untersuchungen stehen die chemischen Vorgänge sowie die Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich diese Prozesse vollziehen.

Chemische Vorgänge können in vielfältiger Form ablaufen, wie die folgenden Beispiele zeigen:

a) aus Elementen entstehen Verbindungen, z. B. bei der Verbrennung von Magnesium:

b) Verbindungen wandeln sich in andere Verbindungen um, z. B. beim Abbinden von Kalkmörtel:

 $Ca(OH)_2$ + CO_2 \rightarrow $CaCO_3$ + H_2O Löschkalk Kohlenstoffdioxid carbonat Wasser

c) Verbindungen zerfallen in Elemente, z. B. beim Erhitzen von Quecksilberoxid:

d) Verbindungen gehen in einfachere Verbindungen über, z. B. beim Erhitzen von Kalkstein oder Ammoniumchlorid (thermische Zerlegung):

 $NH_4CI \rightarrow NH_3 + HCI$

Ammonium- Ammoniak Chlorwasserstoff Chlorid Hydrogenchlorid



 Ein kleines Stück Magnesiumband wird mit der Tiegelzange in die heiße Bunsenbrennerflamme gehalten und entzündet. Beschreiben Sie den Prozess und das Produkt! Vorsicht! (Abb. 1-4) Schutzbrille! Cobaltglas!

R 7, S 30

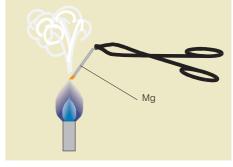


Abb. 1-4



 Auf trockenen Löschkalk (Calciumhydroxid), der sich in einem Reagenzglas oder Erlenmeyerkolben befindet, wird trockenes Kohlenstoffdioxid geleitet. Beobachtungen? (Abb. 1-5) R 34, S 24/26

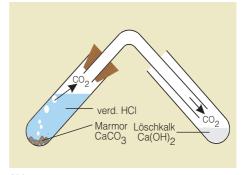


Abb. 1-5



Sehr giftig

Lehrerversuch

 Eine Spatelspitze Quecksilberoxid wird in einem Reagenzglas stark erhitzt. Beobachtung? Halten Sie in die Öffnung des Reagenzglases einen glühenden Holzspan. Beobachtung? (Das benutzte Reagenzglas ist Sondermüll!) (Abb. 1-6) Abzug! R 26/28, S 60

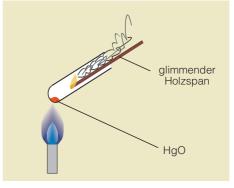


Abb. 1-6

Die Gleichungen zu den Versuchen bringen zum Ausdruck, dass sich die Stoff- bzw. Teilchenart in jedem Fall ändert.

Den Aufbau neuer Verbindungen aus einfachen Stoffen bezeichnet man als **Synthese** (Beispiel a), die Zerlegung einer Verbindung in weniger kompliziert zusammengesetzte Stoffe als **Analyse** (Beispiel c).

Alle Prozesse, bei denen sich ein oder mehrere Ausgangsstoffe in andere Stoffe (Reaktionsprodukte) mit neuen Eigenschaften umwandeln, sind chemische Vorgänge (chemische Reaktionen, chemische Prozesse). Die Ausgangsstoffe nennt man Edukte, die Endstoffe Produkte.

Aufgabe: Welche Vorgänge im Verbrennungsmotor sind physikalische bzw. chemische

Prozesse?

Edukte	chemische Reaktion	Produkte
Eigenschaften der Edukte		Eigenschaften der Produkte

1.5 Chemische Eigenschaften

Chemische Eigenschaften sind Reaktionsmerkmale, die ein Stoff besitzt und durch die er sich von anderen Stoffen unterscheidet.

Diese Merkmale können äußerlich erkennbar, sinnlich wahrnehmbar sein (Geruch, Aussehen wie Farbe, Glanz usw.). Weitaus häufiger äußern sich die chemischen Eigenschaften erst beim Ablauf chemischer Vorgänge, z. B. beim Verbrennen, bei der Reaktion mit Säuren oder anderen Stoffen usw.

Eigenschaften müssen auch herangezogen werden, um Stoffe zu identifizieren. Der salmiakartige Geruch von Ammoniak charakterisiert den Stoff der Zusammensetzung NH₃. Der stechend säuerliche Geruch von Chlorwasserstoff (Salzsäure-Gas) ist kennzeichnend für HCl, reicht jedoch allein nicht für die Identifizierung aus, da der Geruch des ebenfalls farblosen Schwefeldioxids sehr ähnlich ist. Erst die Untersuchung weiterer Eigenschaften, wie z. B. das Verhalten des Gases in Gegenwart von Wasserdampf, können die Vermutungen bestätigen. Im Falle von Salzsäure-Gas bilden sich auf Grund der wasseranziehenden Eigenschaft oder **Hygroskopie** des Gases sogenannte "Salzsäurenebel". Auch die Farbe allein genügt als Merkmal nicht für eine Identifizierung. Beispielsweise zeigen sowohl Gold, einige Messinge (Kupfer-Zink-Legierungen) als auch Verschleißschutzschichten aus Titannitrid Goldfarbe. Erst das Verhalten der Stoffe bei chemischen Vorgängen lässt die Unterscheidung zu: Gold (-legierungen) wird von konzentrierter Salpetersäure nicht angegriffen, wohl aber Messing. Titannitrid wird von konzentrierter heißer Kalilauge KOH chemisch zu Ammoniak NH₃ umgewandelt. Gold lässt sich nur durch ein

Gemisch aus 3 Teilen konzentrierter Salzsäure und 1 Teil konzentrierter Salpetersäure (Königswasser) chemisch auflösen (Abb. 1-7).

Um welchen Stoff handelt es sich?



- + HNO_{3, konz.}
 - keine Reaktion
 - ... Gold oder Titannitrid
- + HNO_{3, konz.}
 - → braune Dämpfe (NO₂) und blaue Lösung
 - ... Messing
- + heiße KOH, konz.
 - → NH₃-Geruch
 - ... Titannitrid
- + 3 Teile HCl, konz. + 1 Teil HNO_{3, konz.}
 - braune Lösung
 - ... Gold

Abb. 1-7 Unterscheidung von gleichartig aussehenden Stoffen (a = Gold, b = Titannitrid, c = Messing) auf Grund unterschiedlicher chemischer Eigenschaften

Chemische Eigenschaften geben somit auch an, wie sich ein Stoff verhält, wenn andere Stoffe oder/und Energie in Form von Wärme, Licht, radioaktiver Strahlung o. a. auf ihn einwirken. Wenn sich beispielsweise ein Metall an der Luft mit Sauerstoff verbindet, so ist es oxidierbar bzw. nicht oxidationsbeständig (korrodierbar oder nicht korrosionsbeständig). Reagiert ein Metall mit einer Säure unter Wasserstoffentwicklung, so ist es nicht säurebeständig oder säurelöslich.

1.6 Änderung von Eigenschaften als Merkmale eines chemischen Vorgangs

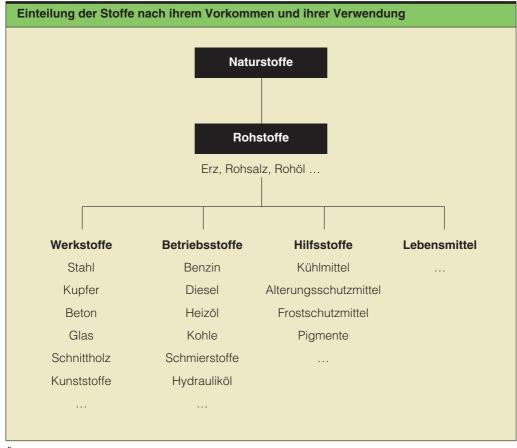
Allgemein ergibt sich aus einer Veränderung von Stoffeigenschaften, dass ein chemischer Vorgang abgelaufen ist. Verschiedene Begleiterscheinungen deuten auf eine Reaktion hin, z. B.

- Entstehung eines Niederschlags (Veränderung der Löslichkeit)
- Farbänderung, Änderung des Glanzes (Reflexion)
- Veränderung von Schmelz- und Siedetemperatur (Erstarrungs- und Kondensationstemperatur)
- Veränderung der Dichte
- Geruchs- und Geschmacksänderung (Vorsicht!)
- Entweichen eines Gases
- Änderung der Kristallform
- Veränderung von Härte, Festigkeit, Sprödigkeit, Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit
- Freisetzen von Wärmeenergie oder Aufnahme (Binden) von Wärmeenergie

2 Stoffe

2.1 Einteilung der Stoffe nach Vorkommen und Verwendung

In der Natur vorgefundene Stoffe nennt man **Naturstoffe.** Werden sie vom Menschen für einen bestimmten Zweck gewonnen, bezeichnet man sie als **Rohstoffe.** Durch die weitere Verarbeitung erzeugt man aus den Rohstoffen beispielsweise **Werkstoffe** (Materialien), **Lebensmittel** (Nahrungs- und Genussmittel), Kosmetika, Pharmazeutika, **Betriebsstoffe** zur Gewinnung und Übertragung von Energie und **Hilfsstoffe** (Übersicht 2-1).



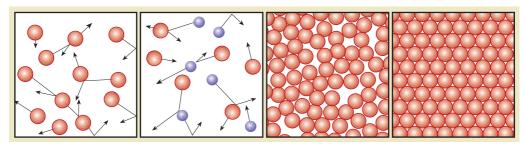
Übersicht 2-1

Allen gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen ist gemeinsam, dass sie aus Teilchen bestehen. Je nach Stoffart sind es Atome, Ionen oder Moleküle. Zwischen den Teilchen bestehen anziehende und abstoßende Kräfte.

2.2 Aggregatzustände von Stoffen

2.2.1 Gase

Gasteilchen sind frei beweglich. Ihre Abstände zueinander sind so groß, dass keine oder nur geringe Anziehungskräfte wirken können. Gase nehmen deshalb ein großes Volumen ein und sie sind komprimierbar. Sie füllen ein verfügbares Volumen vollständig aus (Abb. 2-1). Beim Zusammentreffen reflektieren die Teilchen elastisch. Stöße auf eine Wand erzeugen den Gasdruck (BROWNsche Molekularbewegung).



Raumausfüllung durch Teilchen ...

Abb. 2-1 Abb. 2-2

... in Gasen ... in Gasgemischen

Abb. 2-3

... in Flüssigkeiten

Abb. 2-4

... in festen Stoffen

Druck und Volumen der Gase ändern sich mit der Temperatur. GAY-LUSSAC (1778–1850) fand dafür folgende zwei Zusammenhänge:

1. Das Volumen eines Gases dehnt sich bei einer Erwärmung um 1 Kelvin um den $\frac{1}{273,16}$ Teil seines Volumens bei 0 °C aus, wenn der Druck konstant (isobar) bleibt:

$$V_{\vartheta} = V_0 (1 + \alpha \vartheta) = V_0 \left(1 + \frac{\vartheta}{273.16} \right)$$
 (p = konst.)

 ϑ Temperatur in °C; V_0 Volumen bei 0 °C; V_{ϑ} Volumen bei der Temperatur ϑ ; α thermischer Ausdehnungskoeffizient der Gase $\alpha = \frac{1}{273.16}$ in K⁻¹ (bzw. bei ϑ in grd⁻¹).

Mit 273,16 + $\vartheta = T$ (in K) erhält man bei der absoluten Temperatur T für das Volumen V_T

$$V_{\rm T} = V_0 \left(\frac{273,16 + \vartheta}{273,16} \right)$$

$$V_{\rm T} = V_0 \frac{T}{273,16}$$
 (p = konst.)

Aufgabe: Ein Kubikmeter eines Gases wird von 0°C auf 200°C isobar erwärmt. Welches Volumen nimmt das Gas nun ein?

Mit Erhöhung der Temperatur nimmt die Teilchenbewegung (Geschwindigkeit) zu. Bleibt das Gas im gleichen Volumen eingeschlossen (V = konst., isochor), erhöht sich der Druck in analoger Weise:

$$p_{\theta} = p_0 (1 + \alpha \vartheta) = p_0 (1 + \frac{\vartheta}{273.16})$$
 (V = konst.)