

Ihr Begleiter für den Kampf mit den Elementen

# Anorganische Chemie

*kompakt*

FÜR

# DUMMIES<sup>®</sup>

## *Auf einen Blick:*

- Die chemischen Elemente und ihre Verbindungen kennenlernen
- Das Wesentliche zu Säuren und Basen, Atomstruktur, chemischen Bindungen und Co.
- Reaktionsgleichungen verstehen und aufstellen



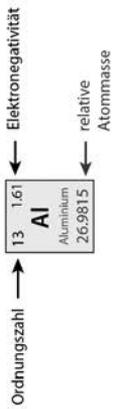
Uwe Böhme



# Anorganische Chemie kompakt für Dummies – Schummelseite

## Periodensystem der Elemente

1	2,20																	2																	10		
1	H																	2	He																	10	
3	0,98																	4	1,57																	10	
3	Li	Be																	4	Ne																	10
	Lithium	Beryllium																		Neon																	
	6,941	9,0122																		18,9984																	
	20,1797																		39,948																		
11	0,93	12	1,31																	18																	18
11	Na	Mg																	18	Ar																	18
	Natrium	Magnesium																		Argon																	
	22,9898	24,3050																		39,948																	
19	0,82	20	1,0	21	1,36	22	1,54	23	1,63	24	1,66	25	1,55	26	1,83	27	1,88	28	1,91	29	1,9	30	1,65	31	1,81	32	2,01	33	2,18	34	2,55	35	2,96	36	(3,0)	36	(3,0)
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																			
	Kalium	Calcium	Scandium	Titan	Vanadium	Chrom	Mangan	Eisen	Cobalt	Nickel	Kupfer	Zink	Gallium	Germanium	Arsen	Selen	Brom	Krypton																			
	39,0983	40,078	44,9559	47,867	50,9415	51,9961	54,9381	55,845	58,9332	58,6934	63,546	65,39	69,723	72,61	74,9216	78,966	79,904	83,80																			
37	0,82	38	0,95	39	1,22	40	1,33	41	1,6	42	2,16	43	1,9	44	2,2	45	2,28	46	2,2	47	1,93	48	1,69	49	1,78	50	1,96	51	1,96	52	2,1	53	2,66	54	(2,6)	54	(2,6)
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																			
	Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirkonium	Niob	Molybdän	Technetium	Ruthenium	Rhodium	Palladium	Silber	Cadmium	Indium	Zinn	Antimon	Tellur	Iod	Xe																			
	85,4678	87,62	88,9059	91,224	92,9064	95,94	(98)	101,07	102,9055	106,42	107,8682	112,411	114,818	118,71	121,760	127,60	126,9045	131,29																			
55	0,79	56	0,89	57	1,3	73	1,5	74	2,36	75	1,9	76	2,2	77	2,2	78	2,2	79	2,4	80	1,9	81	1,8	82	1,8	83	1,9	84	2,0	85	2,2	86	2,2	86	2,2	86	2,2
	Cs	Ba																		Po																	
	Cäsium	Barium																		Polonium																	
	132,9054	137,327																		208,9804																	
87	0,7	88	0,9	89	1,3	73	1,5	74	2,36	75	1,9	76	2,2	77	2,2	78	2,2	79	2,4	80	1,9	81	1,8	82	1,8	83	1,9	84	2,0	85	2,2	86	2,2	86	2,2		
	Fr	Ra																		At																	
	Francium	Radium																		Astat																	
	(223,02)	(226,03)																		(208,99)																	



57	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	Lanthan	Cer	Praseodym	Neodym	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
	138,9055	140,115	140,91	144,24	(145)	150,36	151,965	157,25	158,9253	162,50	164,9303	167,26	168,9342	173,04	174,967
89	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	Actinium	Thorium	Protaktinium	Uran	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendelevium	Nobelium	Lawrencium
	(227)	232,04	231,04	238,03	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)

Lanthanoide:

Actinoide:

Metalle

Halbmetalle

Nichtmetalle

Po radioaktiv

# Anorganische Chemie kompakt für Dummies – Schummelseite

## Redoxreaktionen

Oxidation – Abgabe von Elektronen

Reduktion – Aufnahme von Elektronen

Oxidationsmittel – werden selbst reduziert

Reduktionsmittel – werden selbst oxidiert

## Zuordnung von Oxidationszahlen

- Die Oxidationszahl eines Elements im elementaren Zustand ist Null.
- Die Oxidationszahl eines einatomigen Ions ist gleich der Ionenladung.
- Die Summe aller Oxidationszahlen einer neutralen Verbindung ist gleich Null. Die Summe aller Oxidationszahlen eines mehratomigen Ions ist gleich der Ionenladung.
- Die Oxidationszahl von Fluor ist immer  $-1$ , die von Sauerstoff fast immer  $-2$ .
- Größere Verbindungen werden gedanklich in Ionen aufgeteilt. Der elektroneγαtivere Bindungspartner bekommt immer die Bindungselektronen zugeteilt. Bei gleichen Atomen als Bindungspartnern erhalten beide die Hälfte der Bindungselektronen.

## Säuren und Basen

Eine Säure gibt Protonen ( $H^+$ ) ab, eine Base nimmt Protonen auf.

$$pH = -\log c_{H^+} \quad c_{H^+} = 10^{-pH}$$

$c_{H^+}$  = Konzentration der Protonen in Lösung

$pH = 1$  starke Säure

$pH = 7$  neutrale Lösung

$pH = 14$  starke Base

## Elektronenbesetzung

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p,

5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d

## Bindungstypen

Metallbindung – zwischen Elementen mit niedriger Elektronegativität

Ionenbeziehung – zwischen Metall (niedrige Elektronegativität) und Nichtmetall (hohe Elektronegativität)

Atombindung (kovalente Bindung) – zwischen Nichtmetallen (mittlere bis hohe Elektronegativität)

## Elektronegativitäten der Elemente

Hauptgr.		Nebengruppen								Hauptgruppen							
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
H 2,1																He	
Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne
Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar
K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,8	Ni 1,8	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8	Kr
Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,3	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	Xe
Cs 0,7	Ba 0,9	La 1,1	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2	Rn
Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1	Rf	Ha	Sg	Bh	Hs	Mt									
Elektronenkonfiguration																	
s <sup>1</sup>	s <sup>2</sup>	d <sup>1</sup>	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	d <sup>6</sup>	d <sup>7</sup>	d <sup>8</sup>	d <sup>9</sup>	d <sup>10</sup>	p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>

*Anorganische Chemie kompakt  
für Dummies*



*Uwe Böhme*

***Anorganische Chemie kompakt  
für Dummies***

*Bearbeitung und Fachkorrektur von Philipp Pitschi*

**WILEY**

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

1. Auflage 2014

© 2014 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Wiley, the Wiley logo, Für Dummies, the Dummies Man logo, and related trademarks and trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates, in the United States and other countries. Used by permission.

Wiley, die Bezeichnung \}Für Dummies\}, das Dummies-Mann-Logo und darauf bezogene Gestaltungen sind Marken oder eingetragene Marken von John Wiley & Sons, Inc., USA, Deutschland und in anderen Ländern.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie eventuelle Druckfehler keine Haftung.



Printed in Germany

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Coverfoto © Andrii Muzyka@Fotolia.com  
Korrektur Dr. Bärbel Häcker und Philipp Pitschi  
Satz Kühn & Weyh, Freiburg  
Druck und Bindung CPI – Ebner & Spiegel GmbH, Ulm

Print ISBN: 978-3-527-71069-0  
ePub ISBN: 978-3-527-68982-6  
Mobi ISBN: 978-3-527-68983-4  
ePDF ISBN: 978-3-527-68984-2

## ***Über den Autor***

**Uwe Böhme** wurde 1962 in Stollberg/Erzgebirge geboren. Er studierte Chemie an der Technischen Hochschule Merseburg. Von 1988 bis 1992 arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent und promovierte 1992 über ringsubstituierte Zirconocenverbindungen. 1992/93 absolvierte er einen Postdoc-Aufenthalt am University-College in London.

Seit 1993 arbeitet er an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg im Institut für Anorganische Chemie und habilitierte sich 2004. Als Privatdozent hält er Vorlesungen in Anorganischer und Theoretischer Chemie.

## ***Über den Fachkorrektor***

**Philipp Pitschi** hat an der Technischen Universität München Diplom-Chemie studiert und arbeitet mittlerweile in der pharmazeutischen Industrie mit den Schwerpunkten Qualitätskontrolle in Labors und Qualitätssicherung. Er lebt mit seiner Frau in München.



## Cartoons im Überblick



Seite 21



Seite 197



Seite 237



# Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	7
Über den Fachkorrektor	7
<b>Einführung</b>	<b>17</b>
Über dieses Buch	17
Törichte Annahmen über den Leser	17
Wie dieses Buch aufgebaut ist	18
Teil I: Chemie der Elemente	18
Teil II: Konzepte und Modelle in der Anorganischen Chemie	18
Teil III: Der Top-Ten-Teil	19
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	19
Wie es weitergeht	19
<b>Teil I</b>	
<b>Chemie der Elemente</b>	<b>21</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Was ist Anorganische Chemie?</b>	<b>23</b>
Anorganische Chemie im Alltag	23
Anorganische Chemie in der Küche	23
Bauchemie und Geschirr	24
Dünger und Sprengstoffe	24
Edelsteine und Zahnpaste	25
Pigmente und Farbstoffe	25
Anorganische Chemie früher und heute	25
Die Sprache der Chemiker – Formeln, Gleichungen, Symbole	26
Elektronegativität und Periodizität der Eigenschaften – wichtige Hilfsmittel zur Orientierung	30
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Wasserstoff und Wasser</b>	<b>31</b>
Struktur des Wassers	31
Eigenschaften des Wassers	32
Salzhydrate	33
Wasserreinigung und Wasserenthärtung	34
Brennstoffzellen	35

Herstellung und Eigenschaften von Wasserstoff	36
Herstellung	36
Eigenschaften	37
Verwendung	38
Hydride	38
Ionische Hydride	39
Metallische Hydride	39
Kovalente Hydride	40
Hydridokomplexe	40

### **Kapitel 3**

#### **Elektropositive Elemente**

**41**

Metalle durch Schmelzflusselektrolyse	42
Wichtige Verbindungen der Alkalimetalle	43
Chloride	43
Hydroxide	43
Natriumsulfat	44
Nitrate	45
Carbonate	45
Elektrolytelemente in der Biochemie	46
Chlorophyll	47
Kalk/Zement/Gips	48
Bor und seine Verbindungen	48
Wichtige Verbindungen des Bors	49
Aluminium und seine Verbindungen	53
Wichtige Verbindungen des Aluminiums	54
Metallorganische Verbindungen der Hauptgruppenelemente	57

### **Kapitel 4**

#### **Vom Kohlenstoff zum Blei – die 4. Hauptgruppe**

**61**

Kohlenstoff	61
Elementarer Kohlenstoff	62
Reaktionsverhalten von Kohlenstoff	65
Verbindungen des Kohlenstoffs	65
Silicium	67
Darstellung	68
Verwendung	68
Reaktionsverhalten von Silicium	68
Verbindungen des Siliciums	69
Germanium, Zinn und Blei	74
Die Elemente	75
Verbindungen von Germanium, Zinn und Blei	75
Bleiakkumulator	76

<b>Kapitel 5</b>	
<b>Die Nichtmetalle</b>	<b>77</b>
Stickstoff	77
Stickstoffwasserstoffverbindungen	81
Oxide und Säuren des Stickstoffs	83
Phosphor	86
Modifikationen des Phosphors	87
Bindungsverhältnisse beim Phosphor	88
Verbindungen des Phosphors	88
Arsen, Antimon, Wismut	91
Giftiges Arsen	91
Sauerstoff	92
Ozon	93
Wasserstoffperoxid	93
Eigenschaften von Oxiden	95
Schwefel	96
Verbindungen des Schwefels	97
<b>Kapitel 6</b>	
<b>Halogene und Edelgase</b>	<b>101</b>
Fluor	102
Chlor, Brom und Iod	103
Eigenschaften und Verwendung	104
Verbindungen der Halogene	104
Pseudohalogene und Pseudohalogenide	108
Edelgase	109
Verwendung	111
Edelgasverbindungen	111
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Die Nebengruppenelemente im Überblick</b>	<b>113</b>
Vergleichende Übersicht über die Eigenschaften der d- und f-Elemente	113
Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Haupt- und Nebengruppenelementen – das Beispiel Magnesium und Zink	115
Herstellung und Verwendung der Metalle	116
Anreicherung der Erze	116
Darstellung der Metalle	117
Reinigung der Metalle	118
Verwendung der Metalle	118
Metallcarbonyle	121
Cluster	123

Metallorganische Verbindungen der Übergangsmetalle	124
Alkyl- und Arylverbindungen	124
$\pi$ -Komplexe	125
Katalyse mit Übergangsmetallen	129
Elementarreaktionen	130
Beispiele für Komplexkatalysen	132

## **Kapitel 8**

### **Komplexverbindungen**

**141**

Der Chelateffekt	142
Namen von Komplexverbindungen	143
Geometrie von Komplexverbindungen	145
Isomerie von Komplexverbindungen	145
Bindungsverhältnisse in Komplexverbindungen	148
Die 18-Valenzelektronenregel	148
Valenzbindungstheorie	148
Ligandenfeldtheorie	151

## **Kapitel 9**

### **Die Eigenschaften der Nebengruppenelemente**

**165**

Die 3. Nebengruppe	165
Lanthanoide und Actinoide	165
Die 4. Nebengruppe	168
Die 5. Nebengruppe	169
Die 6. Nebengruppe	171
Chromverbindungen	171
Molybdän und Wolframverbindungen	175
Die 7. Nebengruppe	175
Die 8. Nebengruppe	178
Eisen	179
Korrosion	182
Verwendung	182
Eisenkomplexe in der Natur	183
Cobalt	185
Vitamin B <sub>12</sub>	185
Nickel	186
Nickel-Komplexe	186
Platinmetalle	188
Die 1. Nebengruppe	189
Kupfer	189
Silber	190
Gold	192

Die 2. Nebengruppe	193
Zink	193
Cadmium	194
Quecksilber	194

## ***Teil II***

### ***Konzepte und Modelle in der Anorganischen Chemie*** **197**

#### ***Kapitel 10***

#### ***Säuren und Basen*** **199**

Säuren und Basen nach Arrhenius	199
Säuren und Basen nach Brønsted	199
Der pH-Wert	201
Alles unter Kontrolle: Pufferlösungen	203
Messung des pH-Werts	203
Säuren und Basen nach Lewis	204
Hart und weich im Reich der Säuren und Basen	205
Nicht Superman, sondern Supersäure	206

#### ***Kapitel 11***

#### ***Elektrochemie*** **207**

Redoxreaktionen	207
Oxidation	208
Reduktion	208
Des einen Verlust ist des anderen Gewinn	208
Das Standardelektrodenpotenzial	210
Elektrolyse	212
Von der Taschenlampe zum Laptop – elektrochemische Stromquellen	214
Die Taschenlampenbatterie	214
Der Nickel-Cadmium-Akkumulator	215
Der Nickel-Metallhydrid-Akkumulator	215
Bleiakkumulatoren	216
Lithium-Ionen-Akkumulatoren	216
Brennstoffzellen	216

#### ***Kapitel 12***

#### ***Die Struktur der Atome*** **217**

Der Atombau	217
Das Aufbauprinzip	218

Gestalt der Orbitale	221
s-Orbitale	221
p-Orbitale	222
d-Orbitale	222
<b>Kapitel 13</b>	
<b><i>Bindungsmodelle in der Anorganischen Chemie</i></b>	<b>223</b>
Metallbindungen	223
Ionenbeziehungen	224
Zwischen Ionenbeziehung und Atombindung	225
Atombindungen	225
Lewis-Formeln	226
Die Geometrie von Molekülen	228
Molekülorbitaltheorie	230
Valenzstrukturtheorie	234
<b>Teil III</b>	
<b><i>Der Top-Ten-Teil</i></b>	<b>237</b>
<b>Kapitel 14</b>	
<b><i>Zehn wichtige Entdeckungen in der Anorganischen Chemie</i></b>	<b>239</b>
Organik und Anorganik sind verwandt	239
Pflanzen brauchen Dünger	239
Periodizität der Elemente	240
Die Entdeckung der Radioaktivität	240
Das erste High-Tech-Material	241
Die Entdeckung der Katalyse	241
Das Grignard-Reagenz	241
Dünger und Sprengstoffe – die Ammoniaksynthese	242
Silikone für alle	242
Das Ziegler-Natta-Verfahren	243
<b><i>Stichwortverzeichnis</i></b>	<b>245</b>

## **Einführung**

Der Begriff »Chemie« ist im Alltag oft negativ besetzt und wird mit »Chemieunfällen« in Verbindung gebracht. Darunter verstehen Nachrichtenredakteure und Journalisten Dinge, wie auslaufende Chemikalien oder Gase in einer Fabrik, Arbeitsunfälle beim Umgang mit Gefahrstoffen und Ähnliches. Im Unterschied dazu können sich viele Menschen unter »anorganischer Chemie« gar nicht so recht etwas vorstellen. Das macht die Sache nicht gerade einfacher. Anorganische Chemie ist alles, was nicht organische Chemie ist; also die Art von Chemie, die über Kohlenwasserstoffe und andere Verbindungen, die C–H-Bindungen enthalten, hinausgeht. Das bedeutet, wir haben in der anorganischen Chemie ca. 90 Elemente zur Verfügung, aus denen wir Verbindungen herstellen können! Da gibt es sehr viele Möglichkeiten, wie man diese Bausteine miteinander verknüpfen kann. Aber haben Sie keine Angst, ich werde alles so einfach wie möglich beschreiben und mich auf die wesentlichen Dinge beschränken. Natürlich beinhaltet anorganische Chemie viel Stoffwissen, viele Verbindungen und man muss wissen, wie Verbindungen miteinander reagieren, wenn man verstehen will, wie man eine neue Verbindung herstellt.

## **Über dieses Buch**

*Anorganische Chemie kompakt für Dummies* ist ein Buch, das ich zu Beginn des Studiums gerne gehabt hätte, um die teilweise schwierige Materie besser zu verstehen. Das Buch soll die wichtigsten Aspekte zusammenfassen und Dinge verständlich erklären.

Ich werde Ihnen zeigen, dass man viele Sachverhalte der anorganischen Chemie aus dem Aufbau des Periodensystems herleiten kann. Daneben ist aber leider auch noch etwas Stoffwissen notwendig. Das wird in diesem Buch ebenfalls dargestellt und zwar so einfach wie möglich. Stellen Sie sich vor, dieses Stoffwissen entspricht den Vokabeln einer Fremdsprache, die Sie gerade erlernen wollen (oder müssen). Ohne Vokabelkenntnisse werden Sie sich im Ausland nur sehr schwer verständlich machen können. Je mehr Vokabeln Sie beherrschen, desto leichter lernen Sie neue Worte in der Fremdsprache.

## **Törichte Annahmen über den Leser**

Ich vermute, dass Sie in der Vergangenheit schon einmal ein wenig Chemie gehört haben, auch wenn es das letzte Mal vor vielen Jahren im Chemieunterricht gewesen sein sollte. Daher gehe ich davon aus, dass sie zumindest mit einigen grundlegenden Prinzipien der Chemie vertraut sind. Sie wissen, was das Periodensystem der Elemente ist, dieses finden Sie noch einmal auf der »Schummelseite« am Anfang des Buches. Ich nehme an, dass Sie wissen, was Atome sind, dass jedes Atom aus Atomkern (mit Neutronen und Protonen) und einer Elektronenhülle aufgebaut ist. Sie wissen vermutlich ungefähr, was Säuren und Basen sind, dass es Oxidationen und Reduktionen gibt und Sie erinnern sich vielleicht noch an die Begriffe *Atombindung* und *Ionenbeziehung*.

Weiterhin nehme ich an, dass Sie dieses Buch lesen, um die wichtigsten Aspekte der Anorganischen Chemie zu verstehen und dass Sie dabei noch einige neue Dinge kennen lernen wollen. Da dieses Buch für ein Anorganik-Buch recht schmal ist, können hier nicht alle Verbindungsklassen und nicht jede einzelne anorganische Verbindung besprochen werden. Ich habe versucht, Schwerpunkte zu setzen und die wichtigsten Zusammenhänge leicht verständlich zu erklären.

## ***Wie dieses Buch aufgebaut ist***

Dieses Buch ist in drei Teile eingeteilt, jeder Teil enthält mehrere Kapitel. Das Periodensystem der Elemente habe ich als Grundlage für die Gliederung verwendet. Das ermöglicht mir, die Sachverhalte systematisch darzustellen. Sie können dieses Buch daher gern von vorn bis hinten durchlesen. Andererseits ist der Stoff auch weitgehend modular aufgebaut. Falls Sie also wenig Zeit haben oder nur an einigen Sachverhalten interessiert sind, können Sie auch einzelne Kapitel herausgreifen und nur diese lesen. Sofern zum Verständnis des erwählten Kapitels noch weitere Sachverhalte notwendig sind, habe ich Querverweise eingebaut.

### ***Teil I: Chemie der Elemente***

Zunächst biete ich Ihnen etwas Motivationstraining, indem ich Ihnen zeige, wo wir in unserem Alltag mit anorganischer Chemie zu tun haben. Sie werden staunen!

Chemiker stellen wichtige Sachverhalte gern in Form von Reaktionsgleichungen und chemischen Formeln dar. Das erleichtert uns die Arbeit sehr, und wir können komplexe Sachverhalte mit wenigen Formelbildern in sehr kompakter Form darstellen. Das ist so eine Art Geheimsprache für uns, und ich will versuchen, Ihnen gleich im ersten Kapitel einen kleinen Einblick in unsere »geheime Welt« zu geben. Sie werden merken, dass das alles gar nicht so schrecklich ist, wenn Sie erst mal einige wichtige Grundregeln verstanden haben.

Danach besprechen wir die Periodizität der Eigenschaften der Elemente. Hierbei gibt es bestimmte Gesetzmäßigkeiten, die man wissen sollte. Mit diesem Wissen ausgerüstet, tauchen wir in das Periodensystem der Elemente ein. Wir fangen ganz links oben beim Wasserstoff an und arbeiten uns vorwärts über die elektropositiven Elemente (1. bis 3. Hauptgruppe), die 4. Hauptgruppe, die Nichtmetalle (5. und 6. Hauptgruppe), bis zu den Halogenen und Edelgasen (7. und 8. Hauptgruppe). Als nächstes folgen die Übergangsmetalle, bei denen wir uns erst einmal die Eigenschaften im Vergleich anschauen. Metallorganische Verbindungen und Katalyse sind hierbei wichtige Aspekte. Danach gehe ich noch auf Komplexverbindungen ein und erkläre Ihnen die Eigenschaften der Nebengruppenelemente an Beispielen. In diesem Teil erfahren Sie noch etwas über Lanthanoide und Actinoide.

### ***Teil II: Konzepte und Modelle in der Anorganischen Chemie***

Nach der wunderschönen »Stoffchemie« im Teil I wollen wir uns einige Konzepte der Chemie anschauen. Dadurch – so hoffe ich – werden Ihnen noch einige Zusammenhänge klarer ver-

ständig. Ich werde Ihnen in diesem Teil die Grundlagen der Säure-Base-Theorie, der Elektrochemie und die verschiedenen Bindungsmodelle erklären. Manche mögen diese mehr theoretisch angehauchten Dinge nicht so sehr, aber ich werde es so einfach wie möglich erklären.

### ***Teil III: Der Top-Ten-Teil***

Der Top-Ten-Teil enthält zehn wichtige Entdeckungen in der Anorganischen Chemie.

### ***Symbole, die in diesem Buch verwendet werden***



Dieses Symbol verwende ich, wenn ich Ihnen zeitsparende Tipps gebe.



Die hier dargestellten Sachverhalte sind wichtig für das allgemeine Verständnis. Mit diesem Symbol weise ich auf wichtige Aspekte hin, die in der anorganischen Chemie immer wieder eine Rolle spielen. Diese Dinge sollten Sie sich merken.



Ich verwende dieses Icon selten, da ich versucht habe, alles möglichst einfach zu erklären. Wenn meine Erklärungen über das Grundlagenwissen hinausgehen, zeige ich das mit diesem Icon an. Man kann über diese Stellen auch hinwegspringen, falls Sie jedoch an einer detaillierten Erklärung der Zusammenhänge interessiert sind, können Sie das gerne lesen.

### ***Wie es weitergeht***

Das dürfen Sie selbst entscheiden. Falls Sie etwas Bestimmtes verstehen möchten, schlagen Sie ruhig das entsprechende Kapitel auf oder suchen Sie sich im Stichwortverzeichnis die passende Stelle heraus. Falls am Semesterende eine Prüfung auf Sie wartet und Sie bis jetzt nur sehr geringe Kenntnisse in Anorganischer Chemie haben, fangen Sie bei Kapitel 1 an und lesen Sie von dort aus weiter.

Das Buch ist modular aufgebaut, man benötigt nur sehr wenige Vorkenntnisse und wenn doch, so sind entsprechende Querverweise eingefügt. Sie können also eigentlich nichts falsch machen. Ich hoffe, Sie haben Spaß an der Lektüre.



## Teil 1

# Chemie der Elemente



## ***In diesem Teil ...***

sind Sie ständig von chemischen Prozessen aller Art umgeben. Wenn Sie kochen, saubermachen oder atmen, finden chemische Prozesse statt. Deshalb erläutere ich Ihnen zunächst einige Aspekte der Anorganischen Chemie im Alltag.

Danach werde ich die ganze Chemie der Elemente vor Ihnen ausbreiten. Für Manche ist dies schrecklich unübersichtlich, für mich spiegelt es jedoch die ganze Vielfalt und Schönheit des Fachgebietes wieder. Keine Angst, wir fangen ganz einfach an, nämlich mit dem allen vertrauten Wasser und dem Wasserstoff. Im Anschluss besprechen wir die Hauptgruppenelemente, die Nebengruppenelemente und Komplexverbindungen.

# Was ist Anorganische Chemie?



## *In diesem Kapitel*

- ▶ Anorganische Chemie im Alltag
- ▶ Entwicklung der Anorganischen Chemie
- ▶ Die Sprache der Chemiker
- ▶ Das Periodensystem kennen lernen

---

**W**enn Sie demnächst eine Prüfung in Anorganischer Chemie vor sich haben, kann es sein, dass Sie dieses Kapitel überspringen und stattdessen etwas zu dem Thema lesen, mit dem Sie gerade Schwierigkeiten haben. Wenn Sie etwas mehr über den Hintergrund der Anorganischen Chemie erfahren wollen und vielleicht die vielfältigen, ganz alltäglichen und auch großartigen Einsatzgebiete der Anorganischen Chemie kennen lernen wollen, dann fangen Sie am besten mit diesem Kapitel an! Chemische Prozesse umgeben uns in unserem täglichen Leben, häufig wenden wir im Alltag Stoffumwandlungen an oder nutzen die Produkte chemischer Synthesen. Sie erhalten in diesem Kapitel einen kleinen Einblick in die Vielfalt chemischer Prozesse.

Danach erkläre ich Ihnen etwas die Sprache und Formelwelt der Chemiker, und wir werfen einen Blick auf das »berühmte« Periodensystem der Elemente.

## *Anorganische Chemie im Alltag*

Anorganische Verbindungen begegnen uns heute in allen Lebensbereichen. Nachfolgend habe ich für Sie einige Beispiele zusammengestellt. Damit möchte ich Ihnen etwas Appetit machen, Ihr Interesse wecken und Ihnen zeigen, dass dieses seltsame Fachgebiet durchaus spannend sein kann.

### *Anorganische Chemie in der Küche*

**Kochsalz** ist aus unserer Küche nicht wegzudenken. Leicht gesalzene Speisen schmecken nicht nur besser als völlig ungesalzene Kost, sondern das Kochsalz (Natriumchlorid) hat auch wichtige physiologische Funktionen (physiologisch = die Lebensvorgänge im Organismus betreffend). Natriumchlorid ist essenzieller (lebenswichtiger) Bestandteil des Blutplasmas und anderer Körperflüssigkeiten. Natrium ( $\text{Na}^+$ ) und andere Kationen stabilisieren über elektrostatische Wechselwirkungen Zellmembranen und die Konformation von Enzymen und anderen Biomolekülen wie z. B. DNA oder RNA. Die Aufnahme von zu viel oder zu wenig Natriumchlorid mit der Nahrung hat drastische Folgen für die Gesundheit. Wenn man nur destilliertes Wasser trinken würde, so würde man daran sterben. Dasselbe Schicksal erlei-

det man, wenn man nur Salzwasser trinkt. Oder wie Paracelsus bereits im 16. Jahrhundert erkannte: »*All Ding' sind Gift und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist.*«

Ohne **Backtriebmittel** würde man keinen lockeren Kuchen bekommen und es gäbe am Nachmittag zum Kaffee nur feste Teigfladen zu essen. Natriumhydrogencarbonat und Ammoniumhydrogencarbonat (»Hirschhornsalz«) sind in Backpulvern enthalten. Wenn der Teig erhitzt wird, zersetzen sich diese Verbindungen und setzen Kohlendioxid frei. Dieses Gas macht den Teig schön locker und fluffig.

Falls der Abfluss in der Küche mal verstopft sein sollte, greifen Sie bestimmt zum **Abflussreiniger**. Dabei handelt es sich meist um die gefährlichsten Chemikalien, die im Haushalt zu finden sind. Zur Beseitigung von Fetten, Proteinen und Essensresten im Abfluss braucht man schon ein aggressives Mittel. Deshalb enthalten viele Abflussreiniger starke Laugen (Kaliumhydroxid oder Natriumhydroxid) und häufig noch ein Oxidationsmittel (z. B. Natriumhypochlorit). Die Lauge soll die Fette und Proteine hydrolysieren und das Oxidationsmittel soll die Verunreinigungen oxidieren und damit zerstören. Aber Achtung: Wenn Sie es mit dem Reiniger zu gut meinen oder die falschen Mittel mischen, reagieren sie im Abfluss, werden sehr heiß, setzen Gase frei oder verbacken sich zu einer Art Zement.

## ***Bauchemie und Geschirr***

Auch beim Hausbau spielen grundlegende chemische Prozesse eine tragende Rolle. Mischungen von Gips mit Wasser müssen sehr schnell verarbeitet werden, da der Gips sonst aushärtet und nicht mehr zu gebrauchen ist. Eine Kalkbrühe darf man auf keinen Fall in die Augen bekommen – man könnte erblinden, da Kalklösungen starke Basen sind. Beton und Kalkmörtel haben unterschiedliche Aushärtezeiten, die auf unterschiedlichen chemischen Prozessen beruhen. Mehr dazu erfahren Sie im Kapitel 3.

Der größte Teil der Minerale auf der Erde besteht aus Silikaten, also aus Verbindungen, die Silicium, Sauerstoff und andere Elemente enthalten. Dem entsprechend werden bei jedem Hausbau Silikate verbaut. Jeder **Ziegel** enthält Silikate. Andererseits gibt es auch High-Tech-Werkstoffe, die Siliciumverbindungen enthalten. Die bekannteste Stoffklasse sind die Silikone. Viele Fugen im Badezimmer oder in anderen Feuchträumen werden heute mit Silikon abgedichtet. Silikone dienen außerdem zur Hydrophobierung (also wasserabweisend machen) von Sandstein und anderen Natursteinmaterialien im Außenbereich. **Geschirr, Glas** und **Porzellan** bestehen ebenfalls zu einem großen Teil aus Siliciumdioxid. Mehr über Silikate, Silikone und andere Siliciumverbindungen werde ich Ihnen in Kapitel 4 erklären. Reduziert man die Silikate zu elementarem Silizium (dem reinen Halbmetall), so kann man sich daraus mit ein paar Tricks Solarzellen für sein Dach herstellen.

## ***Dünger und Sprengstoffe***

Anfang des 20. Jahrhunderts waren Nitrate knapp und teuer. Die einzig nennenswerten Vorkommen fand man in Chile (Chilesalpeter = Natriumnitrat), und es war damals bereits abzusehen, dass die Vorkommen bald erschöpft sein würden. Zur Herstellung von Düngern