

Ihr Begleiter für den Kampf mit den Elementen

Anorganische Chemie

kompakt

FÜR

DUMMIES[®]

Auf einen Blick:

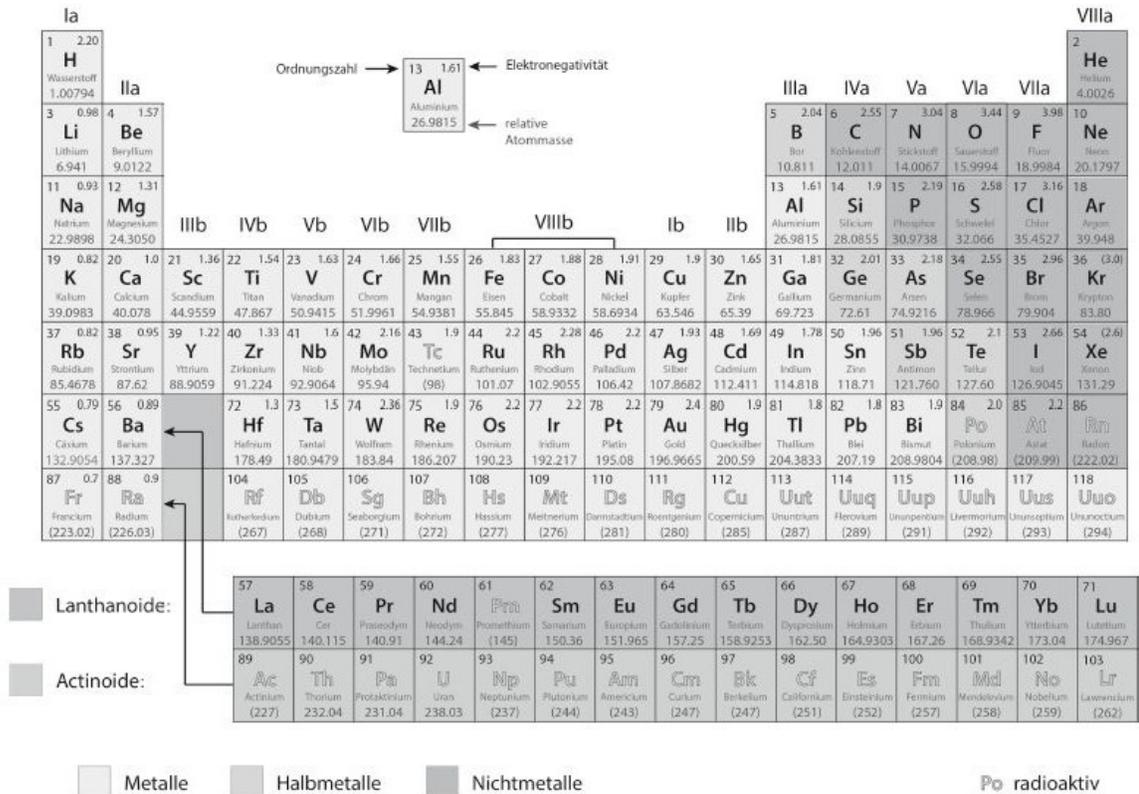
- Die chemischen Elemente und ihre Verbindungen kennenlernen
- Das Wesentliche zu Säuren und Basen, Atomstruktur, chemischen Bindungen und Co.
- Reaktionsgleichungen verstehen und aufstellen



Uwe Böhme

Anorganische Chemie kompakt für Dummies – Schummelseite

Periodensystem der Elemente



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

1. Die Oxidationszahl eines Elements im elementaren Zustand ist Null.
2. Die Oxidationszahl eines einatomigen Ions ist gleich der Ionenladung.
3. Die Summe aller Oxidationszahlen einer neutralen Verbindung ist gleich Null. Die Summe aller Oxidationszahlen eines mehratomigen Ions ist gleich der Ionenladung.
4. Die Oxidationszahl von Fluor ist immer -1 , die von Sauerstoff fast immer -2 .
5. Größere Verbindungen werden gedanklich in Ionen aufgeteilt. Der elektronegativere 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^1	s^2	d^1	d^2	d^3	d^4	d^5	d^6	d^7	d^8	d^9	d^{10}	p^1	p^2	p^3	p^4	p^5	p^6

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.

Coverfoto © Andrii Muzyka@Fotolia.com
Korrektur Dr. Bärbel Häcker und Philipp Pitschi
Satz Kühn & Weyh, Freiburg

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

Anorganische Chemie kompakt für Dummies

Inhaltsverzeichnis

[Über den Autor](#)

[Über den Fachkorrektor](#)

[Cartoons im Überblick](#)

Einführung

[Über dieses Buch](#)

[Törichte Annahmen über den Leser](#)

[Wie dieses Buch aufgebaut ist](#)

[Teil I: Chemie der Elemente](#)

[Teil II: Konzepte und Modelle der Anorganischen Chemie](#)

[Teil III: Der Top-Ten-Teil](#)

[Symbole, die in diesem Buch verwendet werden](#)

[Wie es weitergeht](#)

Teil I Chemie der Elemente

Kapitel 1 Was ist Anorganische Chemie?

[Anorganische Chemie im Alltag](#)

[Anorganische Chemie in der Küche](#)

[Bauchemie und Geschirr](#)

[Dünger und Sprengstoffe](#)

[Edelsteine und Zahnpaste](#)

[Pigmente und Farbstoffe](#)

[Anorganische Chemie früher und heute](#)

[Die Sprache der Chemiker-Formeln, Gleichungen, Symbole](#)

[Elektronegativität und Periodizität der Eigenschaften - wichtige Hilfsmittel zur Orientierung](#)

Kapitel 2 Wasserstoff und Wasser

[Struktur des Wassers](#)

[Eigenschaften des Wassers](#)

[Salzhydrate](#)

[Wasserreinigung und Wasserenthärtung](#)

[Brennstoffzellen](#)

[Herstellung und Eigenschaften von Wasserstoff](#)

[Herstellung](#)

[Eigenschaften](#)

[Verwendung](#)

Hydride

[Ionische Hydride](#)

[Metallische Hydride](#)

[Kovalente Hydride](#)

[Hydridkomplexe](#)

Kapitel 3 Elektropositive Elemente

[Metalle durch Schmelzflusselektrolyse](#)

[Wichtige Verbindungen der Alkalimetalle](#)

[Chloride](#)

[Hydroxide](#)

[Natriumsulfat](#)

[Nitrate](#)

[Carbonate](#)

[Elektrolytelemente in der Biochemie](#)

[Chlorophyll](#)

[Kalk/Zement/Gips](#)

[Bor und seine Verbindungen](#)

[Wichtige Verbindungen des Bors](#)

[Aluminium und seine Verbindungen](#)

[Wichtige Verbindungen des Aluminiums](#)

[Metallorganische Verbindungen der Hauptgruppenelemente](#)

Kapitel 4 Vom Kohlenstoff zum Blei - die 4. Hauptgruppe

[Kohlenstoff](#)

[Elementarer Kohlenstoff](#)

[Reaktionsverhalten von Kohlenstoff](#)

[Verbindungen des Kohlenstoffs](#)

[Silicium](#)

[Darstellung](#)

[Verwendung](#)

[Reaktionsverhalten von Silicium](#)

[Verbindungen des Siliciums](#)

[Germanium, Zinn und Blei](#)

[Die Elemente](#)

[Verbindungen von Germanium, Zinn und Blei](#)

[Bleiakkumulator](#)

Kapitel 5 Die Nichtmetalle

[Stickstoff](#)

[Stickstoffwasserstoffverbindungen](#)

[Oxide und Säuren des Stickstoffs](#)

[Phosphor](#)

[Modifikationen des Phosphors](#)

[Bindungsverhältnisse beim Phosphor](#)

[Verbindungen des Phosphors](#)

[Arsen, Antimon, Wismut](#)

[Giftiges Arsen](#)

[Sauerstoff](#)

[Ozon](#)

[Wasserstoffperoxid](#)

[Eigenschaften von Oxiden](#)

[Schwefel](#)

[Verbindungen des Schwefels](#)

[Kapitel 6 Halogene und Edelgase](#)

[Fluor](#)

[Chlor, Brom und Iod](#)

[Eigenschaften und Verwendung](#)

[Verbindungen der Halogene](#)

[Pseudohalogene und Pseudohalogenide](#)

[Edelgase](#)

[Verwendung](#)

[Edelgasverbindungen](#)

[Kapitel 7 Die Nebengruppenelemente im Überblick](#)

[Vergleichende Übersicht über die Eigenschaften der d- und f-Elemente](#)

[Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Haupt- und Nebengruppenelementen – das Beispiel Magnesium und Zink](#)

[Herstellung und Verwendung der Metalle](#)

[Anreicherung der Erze](#)

[Darstellung der Metalle](#)

[Reinigung der Metalle](#)

[Verwendung der Metalle](#)

[Metallcarbonyle](#)

[Cluster](#)

[Metallorganische Verbindungen der Übergangsmetalle](#)

[Alkyl- und Arylverbindungen](#)

[\$\pi\$ -Komplexe](#)

[Katalyse mit Übergangsmetallen](#)

[Elementarreaktionen](#)

[Beispiele für Komplexkatalysen](#)

[Kapitel 8 Komplexverbindungen](#)

[Der Chelateffekt](#)

[Namen von Komplexverbindungen](#)

[Geometrie von Komplexverbindungen](#)

[Isomerie von Komplexverbindungen](#)

[Bindungsverhältnisse in Komplexverbindungen](#)

[Die 18-Valenzelektronenregel](#)

[Valenzbindungstheorie](#)

[Ligandenfeldtheorie](#)

Kapitel 9 Die Eigenschaften der Nebengruppenelemente

[Die 3. Nebengruppe](#)

[Lanthanoide und Actinoide](#)

[Die 4. Nebengruppe](#)

[Die 5. Nebengruppe](#)

[Die 6. Nebengruppe](#)

[Chromverbindungen](#)

[Molybdän und Wolframverbindungen](#)

[Die 7. Nebengruppe](#)

[Die 8. Nebengruppe](#)

[Eisen](#)

[Korrosion](#)

[Verwendung](#)

[Eisenkomplexe in der Natur](#)

[Cobalt](#)

[Vitamin B₁₂](#)

[Nickel](#)

[Nickel-Komplexe](#)

[Platinmetalle](#)

[Die 1. Nebengruppe](#)

[Kupfer](#)

[Silber](#)

[Gold](#)

[Die 2. Nebengruppe](#)

[Zink](#)

[Cadmium](#)

[Quecksilber](#)

Teil II Konzepte und Modelle in der Anorganischen Chemie

Kapitel 10 Säuren und Basen

[Säuren und Basen nach Arrhenius](#)

[Säuren und Basen nach Brønsted](#)

[Der pH-Wert](#)

[Alles unter Kontrolle: Pufferlösungen](#)

[Messung des pH-Werts](#)

[Säuren und Basen nach Lewis](#)

[Hart und weich im Reich der Säuren und Basen](#)

[Nicht Superman, sondern Supersäure](#)

Kapitel 11 Elektrochemie

[Redoxreaktionen](#)

[Oxidation](#)

[Reduktion](#)

[Des einen Verlust ist des anderen Gewinn](#)

[Das Standardelektrodenpotenzial](#)

[Elektrolyse](#)

[Von der Taschenlampe zum Laptop – elektrochemische Stromquellen](#)

[Die Taschenlampenbatterie](#)

[Der Nickel-Cadmium-Akkumulator](#)

[Der Nickel-Metallhydrid-Akkumulator](#)

[Bleiakkumulatoren](#)

[Lithium-Ionen-Akkumulatoren](#)

[Brennstoffzellen](#)

Kapitel 12 Die Struktur der Atome

[Der Atombau](#)

[Das Aufbauprinzip](#)

[Gestalt der Orbitale](#)

[s-Orbitale](#)

[p-Orbitale](#)

[d-Orbitale](#)

Kapitel 13 Bindungsmodelle in der Anorganischen Chemie

[Metallbindungen](#)

[Ionenbeziehungen](#)

[Zwischen Ionenbeziehung und Atombindung](#)

[Atombindungen](#)

[Lewis-Formeln](#)

[Die Geometrie von Molekülen](#)

[Molekülorbitaltheorie](#)

[Valenzstrukturtheorie](#)

Teil III Der Top-Ten-Teil

Kapitel 14 Zehn wichtige Entdeckungen in der Anorganischen Chemie

[Organik und Anorganik sind verwandt](#)

[Pflanzen brauchen Dünger](#)

[Periodizität der Elemente](#)

[Die Entdeckung der Radioaktivität](#)

[Das erste High-Tech-Material](#)

[Die Entdeckung der Katalyse](#)

[Das Grignard-Reagenz](#)

[Dünger und Sprengstoffe–die Ammoniaksynthese](#)

[Silikone für alle](#)

[Das Ziegler-Natta-Verfahren](#)

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

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 verständlich. 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 I

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.

1

Was ist Anorganische Chemie?

In diesem Kapitel

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

Wenn 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 (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 erleidet 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 Ammonium-

hydrogencarbonat ("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 Silikonen 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 und Sprengstoffen brauchte man dringend ein technisches Verfahren. Haber und Bosch entwickelten gemeinsam ein Verfahren zur Herstellung von Ammoniak (NH_3) aus Luftstickstoff. Um den reaktionsträgen Stickstoff aus der Luft zu überreden, mit Wasserstoff zu reagieren, braucht man gewaltige Drücke, Temperaturen von 400–500 °C und einen geeigneten Katalysator. Die ersten Versuchsreaktoren explodierten meist nach wenigen Tagen, da der Wasserstoff aus dem Reaktor entwich. Wie diese Schwierigkeiten bewältigt wurden und wie man aus dem Ammoniak dann Dünger und Sprengstoffe herstellt, erzähle ich Ihnen im [Kapitel 5](#).

Edelsteine und Zahnpaste

Die beiden Dinge haben auf den ersten Blick wenig gemeinsam, aber es gibt anorganische Verbindungen, die durchaus beides sein können: wertvoller Edelstein oder Mittel zum Zähne reinigen! Wichtig für die jeweilige Anwendung ist aber nicht nur die chemische Zusammensetzung, sondern auch in welcher Form die Verbindung vorliegt. So ist fein verteiltes amorphes Siliciumdioxid z. B. Bestandteil der meisten Zahnpasten. Die fein verteilten Silicium-dioxid-Partikel verdicken die flüssige Zahnputzmischung und verwandeln diese in eine schöne cremige Paste. Wenn das Siliciumdioxid jedoch schöne Kristalle bildet, die noch Spuren anderer Elemente enthalten können, so hat man Halbedelsteine und Edelsteine wie z. B. Achat, Amethyst, Citrin, Chrysopras, Rauchquarz, Rosenquarz und Onyx.

Pigmente und Farbstoffe

Ohne Pigmente und Farbstoffe wäre unser Alltag grau und langweilig. Zum Glück gibt es organische und anorganische Pigmente. Die letzteren zeichnen sich häufig durch sehr hohe Beständigkeit aus. Bereits vor mehr als 20 000 Jahren benutzten die Menschen der Eiszeit Naturfarbstoffe wie Ocker, Hämatit, Manganbraun und verschiedene Tone für Höhlenzeichnungen, deren Farben bis heute erhalten sind. Zinnober, Azurit, Malachit und Lapislazuli waren schon im 3. Jahrtausend vor Christus in China bzw. Ägypten bekannt. Um etwa 2000 vor Christus stellte man bereits durch Brennen von natürlichem Ocker rote und violette Pigmente für Töpferwaren her. Anorganische Pigmente sind heute aus unserem Alltag nicht wegzudenken. Nahezu alle Anstrichstoffe für draußen enthalten anorganische Pigmente, die dafür lichtecht (=

beständig im Sonnenlicht) und wetterbeständig sein müssen.

Anorganische Chemie früher und heute

Wir sprachen gerade die Höhlenmalereien an. Das sind sozusagen die ersten Anwendungen der anorganischen Chemie, wobei man sicher durch einfaches Probieren herausgefunden hatte, welcher farbige Brei sich als Malfarbe eignet.

Im Mittelalter hatte man beim Durchführen »alchymischer Experimente« die großartigsten Ziele im Auge. Die Suche nach dem Stein der Weisen, der ewiges Leben versprach oder mit dessen Hilfe man unedle Metalle in Gold zu verwandeln hoffte. Diese beiden Ziele erreichten die Alchimisten nicht, aber als Nebenprodukt dieser verbissenen Forschung wurde zum Beispiel das europäische Porzellan entwickelt oder das Element Phosphor entdeckt.

Heute beruht die Anorganische Chemie weitgehend auf naturwissenschaftlichen Grundlagen. Die Physik liefert uns die Schrödinger-Gleichung und die Wellenfunktion zur Beschreibung der Elektronenbewegungen in den Molekülen. Die Mathematik und die Computertechnologie ermöglichen uns, dass wir die Wellenfunktion – mit einigen Vereinfachungen – berechnen können und somit Eigenschaften und Reaktivität von Molekülen vorhersagen können.

Aber die Elemente des Periodensystems sind so unterschiedlich und es gibt so viele Möglichkeiten, diese Elemente miteinander zu kombinieren, d.h. Verbindungen, Legierungen, Mischungen herzustellen,

dass die anorganische Chemie immer noch weitgehend eine empirische Wissenschaft ist. Wenn ich also wissen will, wie eine Verbindung oder ein Gemisch von Verbindungen reagiert, wozu sich diese verwenden lässt, was ich damit anstreichen, wegätzen oder beschichten kann, so muss ich das im Labor ausprobieren. Und das ist ja eigentlich das Spannende: Im Labor stehen, etwas Neues herstellen, was noch nie ein Mensch zuvor hergestellt hat, und ausprobieren, was das Zeug für Eigenschaften hat! Deshalb liebe ich diesen Beruf so sehr.

Die Sprache der Chemiker - Formeln, Gleichungen, Symbole

Jetzt kommen wir zu einem heiklen Kapitel. Die Sprache der Chemiker ist vollgestopft mit Abkürzungen, Formeln, Gleichungen und Symbolen, die ein Außenstehender meist nicht vollständig versteht. Ich will versuchen, Ihnen die wichtigsten davon zu erläutern, damit Sie die wesentlichen Grundlagen beherrschen.

Atome bestehen aus einem schweren Kern und meist diversen leichten Elektronen, die sich mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit in fixen Bereichen, den sogenannten Orbitalen, um den Kern herum aufhalten. Wenn sich mehrere solche Atome nahe kommen und die Bedingungen günstig sind, können sie einander Elektronen übertragen oder ihre Orbitale kombinieren, um sich die Elektronen zu teilen - damit werden sie zu Molekülen. Da das Aussehen eines Atoms oder Moleküls und deren Reaktionen mitunter sehr kompliziert zu beschreiben und zu zeichnen sein können

- ganz zu schweigen vom Berechnen -, haben Chemiker einige Formen der vereinfachten Darstellung entwickelt. Je nachdem welche Informationen wichtig sind, kann man eine einfache Form wählen oder muss eventuell eine kompliziertere Darstellung verwenden. In der folgenden Tabelle habe ich Ihnen einige gängige Darstellungsmethoden für die Beispiele Kohlendioxid und Kochsalz (Natriumchlorid) dargestellt.

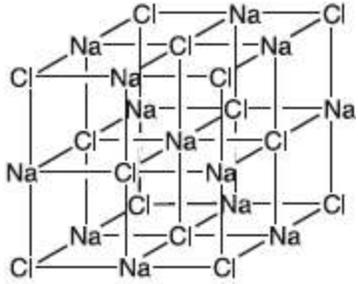
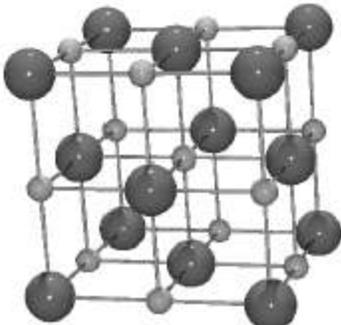
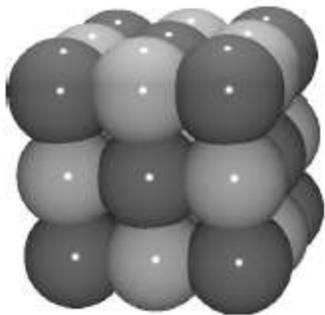
Darstellungsmethode	Beispiel Kohlendioxid	Beispiel Kochsalz
Die Summenformel gibt an, aus welchen Atomen ein Molekül besteht.	CO_2	NaCl
Die Strukturformel (Mitte) zeigt, wie die einzelnen Atome in Molekülen verknüpft sind.	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	
Bei Salzen kann man auch ein Kristallgitter (rechts) zeichnen.		
Eine Kugel-Stab-Darstellung stellt die Bindungslängen und -winkel genau dar.		
Kalottendarstellungen geben einen realistischen Eindruck von den tatsächlichen Atomradien.		

Tabelle 1.1: Darstellungen in der Anorganischen Chemie

Das Zustandekommen der Verbindungen zwischen Atomen und Molekülen beschreiben Chemiker mit **Reaktionsgleichungen**. Fast alle chemischen Sachverhalte kann man in eine Reaktionsgleichung hineinpresse. Im Unterschied zur Mathematik verwenden wir allerdings keine Gleichheitszeichen, sondern verschiedene Arten von Pfeilen. Da gibt es einmal den Pfeil, der in eine Richtung zeigt. Aus den Ausgangsstoffen A und B entstehen die Produkte C und D:



Ein Pfeil ist hier besser als ein Gleichheitszeichen, da man häufig die Reaktionsprodukte nicht wieder ohne weiteres in die Ausgangsstoffe zurückverwandeln kann. Anders ist das beim chemischen Gleichgewicht. Hierbei liegen die Ausgangsstoffe A und B mit den Reaktionsprodukten C und D im Gleichgewicht vor. Zur Symbolisierung eines Gleichgewichtes verwendet man einen doppelten Pfeil, der in beide Richtungen zeigt:



Ausgangsstoffe und Produkte existieren nebeneinander in unterschiedlichen Anteilen. Man versucht häufig die Lage des Gleichgewichtes durch geschickte Wahl der Reaktionsbedingungen zu beeinflussen, damit man möglichst viel vom Reaktionsprodukt erhält. Ein Beispiel für eine solche Gleichgewichtsreaktion werde ich Ihnen im [Kapitel 5](#) bei der technischen Ammoniaksynthese vorstellen. Dann gibt es noch spezielle Pfeile, wie zum Beispiel den Mesomeriepfeil, der eine Umlagerung von Mehrfachbindungen beschreibt: