

HANS-EBERHARD HEYKE

GRUNDLAGEN  
DER ALLGEMEINEN CHEMIE  
UND TECHNISCHEN CHEMIE

Prof. Dr.-Ing. Albrecht Möschwitzer

## Halbleiterelektronik: Wissensspeicher

2., bearbeitete Auflage. 256 Seiten. Mit 153 Abbildungen und 58 Tafeln. Kunststoffeinfband DM 28,-

Dieses als „Wissensspeicher“ bezeichnete Repetitorium erklärt in didaktisch gut abgefaßten Texten, Tabellen, Diagrammen und Bildern alle Probleme, die bei dem Einsatz moderner Halbleiterbauelemente in der Informationselektronik auftreten oder beim Schaltungsentwurf zu berücksichtigen sind. Das Buch gliedert sich in folgende 4 Abschnitte:

1. Herstellungsverfahren der Festkörpertechnik; 2. Einige wichtige Parameter für Germanium, Silizium und Galliumarsenid; 3. Diskrete Bauelemente; 4. Integrierte Schaltungen (Mikroelektronik). Den Abschluß bilden zwei Anhänge und ein ausführliches Literatur- und Sachwörterverzeichnis.

Prof. Dr.-Ing. Albrecht Möschwitzer  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Lunze

## Halbleiterelektronik: Lehrbuch

560 Seiten. Mit 410 Abbildungen und 24 Tafeln.  
Kunststoffeinfband DM 54,-

„Einen besonderen Wert bekommt das Buch durch das letzte Hauptkapitel über integrierte Schaltungen und Mikroelektronik, auf das die vorhergehenden Kapitel hinführen. Darin werden Herstellungsverfahren, Bauformen und Entwurfsprinzipien behandelt, besonders ausführlich digitale Schaltkreise. Eine solche umfassende, ganz aktuelle Einführung in dieses Gebiet ist aus keinem derzeitigen deutschen Lehrbuch ähnlichen Inhalts bekannt.“

Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Albrecht Möschwitzer  
Dr. Ing. Karl-Heinz Diener  
Dr.-Ing. Dieter Landgraf-Dietz  
Prof. Dr.-Ing. Eberhart Köhler

## Halbleiterelektronik: Arbeitsbuch

362 Seiten. Mit 243 Abbildungen. Kunststoffeinfband DM 42,-

Inhaltlich ist das Arbeitsbuch eng mit dem Wissensspeicher (Repetitorium) und Lehrbuch gekoppelt und reicht von elektrophysikalischen Problemen der Halbleiterelektronik über Probleme der inneren Elektronik von bipolaren und unipolaren Halbleiterbauelementen sowie der Dimensionierung von Transistorschaltungen bis zur Auslegung integrierter Bauelemente und mikroelektronischer Schaltungen.

Walter Wolfgarten

## Binäre Schaltkreise Aufbau – Methoden – Anwendungen

311 Seiten. Mit 314 Anwendungen, 54 Beispielen und 40 Aufgaben mit Lösungen. Kunststoffeinfband DM 42,-

Hans Stiefken

## Analoge Schaltkreise Aufbau – Methoden – Anwendungen

238 Seiten. Mit 196 Abbildungen. Kunststoffeinfband DM 42,-

Prof. Dr. Helmut Krauch  
Prof. Dr. Werner Kunz

## Reaktionen der organischen Chemie

Ein Beitrag zur Terminologie der organischen Chemie

Neu bearbeitet von Prof. Dr. Werner Kunz und Dr. Eberhard Nonnenmacher 5., neubearbeitete und erweiterte Auflage. XXXII, 875 Seiten. Ganzleinen DM 134,-

Die 5. Auflage ist von Grund auf überarbeitet und wesentlich erweitert. Wichtige neue Reaktionen wurden aufgenommen: das Literaturverzeichnis ist sorgfältig ergänzt und auf den neuesten Stand gebracht worden.

Es umfaßt nun ca. 10 000 Literaturhinweise.

Als Ordnungsprinzip wurde in dieser Neuauflage anstelle des bloßen Autorennamens die Sachverhaltsbezeichnung eingeführt. Dadurch werden die sachlich verwandten Reaktionen, die vorher durch die alphabetische Ordnung nach Autorennamen an oft weit auseinanderliegenden Stellen zu finden waren, in enge Nachbarschaft gerückt. Dies bedeutet für den Chemiker eine weitere Erleichterung bei der Benutzung dieses Werkes.

### Pressestimmen zu früheren Auflagen:

„... Es stellt ein hervorragendes und übersichtliches Nachschlagebuch und ein Repetitorium dar, auch über Reaktions-Chemismen; die Terminologie ist überzeugend angelegt; sie möge allenthalben Schule machen. Das Werk gehört in die Privatbibliothek eines jeden Chemikers!“

Angewandte Chemie

„...daher erscheint es uns zweckmäßig, das vorliegende Buch in die russische Sprache zu übersetzen; es wird einem weiten Leserkreis von größtem Nutzen sein.“

Neue Bücher...  
Verlag für Ausl. Literatur Moskau

Dr.-Ing. Erich Krell

## Handbuch der Laboratoriumsdestillation

Mit einer Einführung in die Pilotdestillation

3., bearbeitete und erweiterte Auflage. 624 Seiten. Mit 425 Abbildungen und 79 Tabellen. Kunststoffeinband DM 92,-

Ziel dieses Buches ist es, eine möglichst umfassende Einführung in die Laboratoriumsdestillation zu geben. In der dritten Auflage wurden die neuesten Erkenntnisse und Entwicklungen unter Berücksichtigung der Fachliteratur bis zum Jahre 1973 verarbeitet. Die Probleme der Pilotdestillation sind zusätzlich eingearbeitet worden. Das Handbuch wendet sich vor allem an die Physiker, Chemiker und Ingenieure der chemischen Industrie und der Forschungs- und Entwicklungsstellen, zu deren Aufgabenbereich die Durchführung von Destillationen im labor- und halbtechnischen Maßstab gehört. Aber auch den Studierenden an Hoch- und Fachschulen, den Chemotechnikern und Laboranten wird dieses Buch auf viele Fragen Antwort geben, die sich auf die praktische Durchführung von Labordestillationen und die Berechnung von Trennvorgängen beziehen.

### Inhaltsübersicht

Aus der Geschichte der Laboratoriumsdestillation – Normung und Konzentrationsangaben – Physikalische Grundlagen des Trennvorganges – Trennverfahren – Selektive Trennverfahren – Werkstoffe und Apparaturen – Automatische Geräte, Meß- und Regeleinrichtungen – Einrichtungen eines Destillierlabors, Inbetriebnahme der Destilliergeräte

Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH  
Postfach 10 26 40  
6900 Heidelberg 7

H.-E. HEYKE  
GRUNDLAGEN DER ALLGEMEINEN CHEMIE  
UND TECHNISCHEN CHEMIE

0000000000

1. Chemistry  
2. Chemistry, Technical

06  
H1  
E2

7863939

Grundlagen der allgemeinen  
chemie und technischen chemie


7863939

# Grundlagen der Allgemeinen Chemie und Technischen Chemie

von

Hans-Eberhard Heyke  
Prof. Dr. rer. nat. Dr. rer. pol.

Mit 95 Abbildungen und 32 Tabellen

2., erweiterte Auflage



E7863939



DR. ALFRED HÜTHIG VERLAG HEIDELBERG

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Heyke, Hans-Eberhard**

Grundlagen der allgemeinen Chemie und  
technischen Chemie. – 2., erw. Aufl. – Heidelberg:

Hüthig, 1976.

ISBN 3-7785-0392-8

ISBN 3-7785-0392-8 (2. Aufl.)

ISBN 3-7785-0265-4 (1. Aufl.)

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© 1976 DR. ALFRED HÜTHIG VERLAG GMBH, HEIDELBERG

Printed in Germany

Einband: Großbuchbinderei Aloys Gräf, Heidelberg



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur zweiten Auflage .....	11
Die Chemie und ihre Sprache .....	11
Übungsaufgaben .....	16
<b>Teil I: Grundzüge der Allgemeinen Chemie .....</b>	<b>17</b>
1. Aufbau der Elemente .....	19
1.1. Gesetz von der Erhaltung der Materie und Einsteinsches Gesetz über die Äquivalenz von Masse und Energie .....	19
1.2. Elementarteilchen .....	19
1.3. Die Atome .....	20
1.3.1. Atomkern und Nukleonen .....	21
1.3.2. Aufbau der Elemente – Kernfusion .....	26
1.3.3. Radioaktive Nuklide – Zerfallsgesetz .....	34
1.3.4. Kernspaltung – Kernreaktorvorgänge .....	38
Übungsaufgaben zu 1.1. bis 1.3. ....	46
1.4. Elektronenhülle und Periodensystem .....	51
1.5. Magnetochemie .....	67
Übungsaufgaben zu 1.4. und 1.5. ....	71
2. Die chemischen Bindungen .....	73
2.1. Ionenbindung .....	73
2.2. Elektronenpaarbindung .....	80
2.3. Metallbindung .....	95
2.4. Zwischenmolekulare Kräfte .....	102
2.5. Wasserstoffbrückenbindung .....	109
2.6. Komplexverbindungen .....	114
Übungsaufgaben zu 2. ....	122
3. Grundgesetze der Allgemeinen Chemie .....	127
3.1. Gesetze der Stöchiometrie .....	127
3.1.1. Gesetz der konstanten Proportionen .....	127
3.1.2. Gesetz der multiplen Proportionen .....	128
3.1.3. Gesetz der äquivalenten Proportionen .....	128
3.1.4. Gesetz von Avogadro .....	129
3.1.5. Die Gasgesetze .....	130
3.1.6. Osmotischer Druck .....	133
Übungsaufgaben zu 3.1. ....	135
3.2. Das Gibbssche Phasengesetz .....	137

Übungsaufgaben zu 3.2. ....	141
3.3. Das Massenwirkungsgesetz .....	142
3.3.1. Grundlagen .....	142
3.3.2. Das Prinzip des kleinsten Zwanges von Le Chatelier und Braun .....	147
3.3.2.1. Einwirkung von Wärme auf physikalische Gleich- gewichtssysteme .....	148
3.3.2.2. Einwirkung des Druckes .....	148
3.3.2.3. Einwirkung von Wärme auf chemische Gleich- gewichtssysteme .....	148
3.3.2.4. Änderung des Reaktionsdruckes .....	149
3.3.2.5. Der Einfluß von Konzentrationsänderungen ....	149
3.3.3. Das Massenwirkungsgesetz bei Ionenreaktionen .....	150
3.3.3.1. Berechnung des $p_H$ von starken Säuren und Basen	152
3.3.3.2. Berechnung des $p_H$ -Wertes von schwachen Säuren und schwachen Basen .....	154
3.3.3.3. $p_H$ -Berechnung von Pufferlösungen .....	157
3.3.3.4. $p_H$ -Berechnung beim Abstumpfen einer Säure ...	158
3.3.3.5. Ostwaldsches Verdünnungsgesetz .....	159
3.3.4. Das Massenwirkungsgesetz in heterogenen Systemen ....	159
3.3.4.1. Fest-gasförmige Systeme .....	160
3.3.4.2. Fest-flüssige Systeme .....	160
3.3.4.3. Das Verteilungsgesetz von Nernst .....	161
3.3.4.4. Das Absorptionsgesetz von Henry und Dalton ...	161
Übungsaufgaben zu 3.3. ....	162
3.4. Kinetische Ableitung des Massenwirkungsgesetzes. Einführung in die Reaktionskinetik .....	167
Übungsaufgaben zu 3.4. ....	179
3.5. Thermochemie .....	180
Übungsaufgaben zu 3.5. ....	184
3.6. Gesetze der Elektrochemie .....	185
3.6.1. Die Gesetze von Faraday .....	185
3.6.2. Galvanische Zelle .....	186
3.6.3. Die Nernstsche Gleichung .....	189
3.6.4. Das Verhalten der Ionen in der flüssigen Phase bei Einwirken eines elektrischen Feldes .....	191
3.6.5. Polarisationserscheinungen .....	193
Übungsaufgaben zu 3.6. ....	196
<b>Teil II: Ausgewählte Gebiete der Technischen Chemie .....</b>	<b>200</b>
4. Batterien und Akkumulatoren .....	201
4.1. Primärzellen .....	202

4.1.1.	Leclanché-Zelle	202
4.1.2.	Aktivierbare Primärzellen – wärmeaktivierte Zellen oder Thermalbatterien	203
4.2.	Akkumulatoren	204
4.2.1.	Blei-Akkumulator	204
4.2.2.	Nickel-Cadmium-Akkumulator	206
4.2.3.	Brennstoffzellen	207
	Übungsaufgaben zu 4.	209
5.	Korrosion der Metalle	210
5.1.	Das äußere Erscheinungsbild der Korrosion	210
5.2.	Chemie der Korrosion	212
5.2.1.	H <sub>2</sub> -Korrosionstyp	212
5.2.2.	O <sub>2</sub> -Korrosionstyp	213
5.2.3.	Korrosion durch andere Substanzen	215
5.3.	Pourbaix-Diagramm	216
	Übungsaufgaben zu 5.	219
6.	Halbleiter	221
6.1.	Herstellung von Halbleitern	224
6.1.1.	Germanium	224
6.1.2.	Silicium	225
6.1.3.	Selen, Gallium und Indium	226
6.1.4.	Anorganische Verbindungen	226
6.1.5.	Organische Verbindungen	226
6.1.6.	Zonenschmelzen	228
6.1.7.	Dotierung	231
6.2.	Chemismus der Halbleiter	233
6.2.1.	Eigenhalbleiter	233
6.2.2.	Störstellenhalbleiter	235
6.2.2.1.	Störstellenhalbleiter durch Dotierung	235
6.2.2.1.1.	Dotierung mit Donatoren	235
6.2.2.1.2.	Dotierung mit Akzeptoren	236
6.2.2.2.	Störstellenhalbleiter durch Fehlordnung	238
6.2.2.2.1.	Schottky-Fehlordnung	239
6.2.2.2.2.	Frenkel-Fehlordnung	240
6.2.2.2.3.	Kanten- und Schraubenversetzungen	240
6.2.3.	Das Massenwirkungsgesetz bei Halbleitern	240
6.2.3.1.	Dotierte Halbleiter	241
6.2.4.	Bändermodell	244
6.2.5.	pn-Übergang	245
	Übungsaufgaben zu 6.	246
7.	Brennstoffe und Kraftstoffe	247

7.1.	Kohle	247
7.1.1.	Entstehung der Kohle	247
7.1.2.	Verwendung der Steinkohle	247
7.1.3.	Verkokungsprodukte	249
7.1.4.	Die Verbrennung und Vergasung der Kohle (bzw. des Kohlenstoffs)	251
7.1.4.1.	Verfeuerung von Steinkohle	251
7.1.4.2.	Generatorgas-Reaktion	252
7.1.4.3.	Wassergas-Reaktion	255
7.1.4.4.	Synthesegas-Reaktionen	256
7.2.	Erdöl und Erdgas	257
7.2.1.	Entstehung und Gewinnung des Erdöls	257
7.2.2.	Herstellung von Kraftstoffen	259
7.2.3.	Die Verbrennung von Methan und anderen Kohlenwasserstoffen	261
7.2.3.1.	Methan	261
7.2.3.2.	Andere Alkane	266
7.2.4.	Das Klopfen im Motor	269
8.	Schmierstoffe	275
8.1.	Bedeutung der Schmierstoffe – Arten der Reibung	275
8.2.	Schmiermittel-Zusatzstoffe	277
8.2.1.	Oxidationsinhibitoren	277
8.2.2.	Korrosionsinhibitoren	280
8.2.3.	Tenside	281
8.2.4.	Viskositäts-Index-Verbesserer	283
8.2.5.	Hochdruckzusätze	285
8.2.6.	Stockpunktverzögerer	287
8.2.7.	Schaumverhütungszusätze	288
8.2.8.	Farbstoffe	288
8.3.	Synthetische Schmierstoffe	288
8.4.	Schmierfette	289
8.5.	Gasförmige Schmierstoffe	289
8.6.	Feststoffschmiermittel	289
8.7.	Tribochemische Vorgänge bei der Reibung	291
9.	Kunststoffe – Plaste	292
9.1.	Polyreaktion	292
9.2.	Polykondensation	294
9.2.1.	Polyester-Bildung	295
9.2.1.1.	Polyveresterung	295
9.2.1.2.	Polyumesterung (Alkoholyse)	296

9.2.1.3.	Abspaltung von Chlorwasserstoff und Natriumchlorid	296
9.2.1.4.	Polyesterbildung mit Säureanhydriden	297
9.2.1.5.	Polyterephthalsäureglykolester	298
9.2.2.	Polyamid-, Polyimid- und Polybenzimidazol-Bindung	298
9.2.2.1.	Polyamidierung	298
9.2.2.2.	Polyimide	300
9.2.2.3.	Polybenzimidazole	300
9.2.3.	Polysulfid-Bildung	301
9.2.4.	Phenoplast-Bildung	301
9.2.5.	Aminoplast-Bildung	302
9.2.6.	Silicon-Bildung (Polysiloxane)	306
9.2.7.	Polykondensationen mit anderen elementorganischen Verbindungen	308
9.2.8.	Polysulfone	308
9.2.9.	Polyphenylenoxid	309
9.3.	Polyaddition	309
9.3.1.	Polyurethan-Bildung	309
9.3.2.	Polyhydantoine	311
9.3.3.	Polyepoxidierung	312
9.4.	Polymerisation	313
9.4.1.	Radikalketten-Polymerisation	313
9.4.1.1.	Reaktionsverlauf bei der Makromolekülbildung	313
9.4.1.2.	Telomerisation	320
9.4.1.3.	Übertragungsreaktionen mit Zusatzstoffen	321
9.4.1.4.	Redox-Polymerisation	323
9.4.2.	Ionenketten-Polymerisation	323
9.4.2.1.	Kationische Ionenkettenpolymerisation	324
9.4.2.2.	Anionische Ionenkettenpolymerisation	326
9.4.3.	Stereospezifische Polymerisation	327
9.4.4.	Einzelne Polymerisate	331
9.4.4.1.	Polymerisate aus der Polymerisation der C=C-Doppelbindung	331
9.4.4.2.	Polymerisate aus der Polymerisation der C=O-Doppelbindung	333
9.4.5.	Besondere Polymerisate	334
9.4.5.1.	Poly-p-xylylen	334
9.4.5.2.	Ionomere	334
9.4.6.	Reaktionen mit makromolekularen Verbindungen	337
9.5.	Die technischen Verfahren der Polyreaktion	338
9.5.1.	Polymerisation im homogenen System	338
9.5.1.1.	Substanz-Polymerisation	338

9.5.1.2.	Lösungs-Polymerisation	339
9.5.1.3.	Fällungs-Polymerisation	339
9.5.2.	Polymerisation im heterogenen System	340
9.5.2.1.	„Suspensions“-Polymerisation	340
9.5.2.2.	Emulsions-Polymerisation	341
9.6.	Besondere Anwendungsformen der Kunststoffe	344
9.6.1.	Polymermischungen	344
9.6.2.	Verstärkung von Kunststoffen	344
9.6.2.1.	Polymere für faserverstärkte Kunststoffe	345
9.6.2.2.	Verstärkungsfasern	346
9.7.	Alterung von Kunststoffen	348
9.7.1.	Allgemeiner Überblick über die Alterung von Kunststoffen	348
9.7.1.1.	Die innere Kinetik der Makromoleküle	349
9.7.1.2.	Die thermodynamischen Nichtgleichgewichtszustände der Hochpolymere	352
9.7.1.3.	Beeinflussung von physikalischen Eigenschaften	353
9.7.1.4.	Chemische Veränderungen an Polymeren	356
9.7.1.4.1.	Thermische Energie	357
9.7.1.4.2.	Ultraviolette Strahlungsenergie	357
9.7.1.4.3.	Kernstrahlungsenergie	360
9.7.1.4.4.	Sauerstoff	361
9.7.1.4.5.	Wasser	363
9.7.1.4.6.	Andere chemische Verbindungen	364
9.7.1.4.7.	Kombinationen der verschiedenen Alterungseinflüsse	365
9.7.2.	Die Alterung einzelner Kunststoffe	366
9.7.2.1.	Übersicht über das thermische Verhalten	366
9.7.2.2.	Alterung, insbesondere thermische Zersetzung, ausgewählter makromolekularer Stoffe	375
9.7.2.2.1.	Polystyrol	375
9.7.2.2.2.	Polyäthylen	379
9.7.2.2.3.	Polytetrafluoräthylen	383
9.7.2.2.4.	Polyvinylchlorid	383
9.7.2.2.5.	Polyvinylalkohol	386
9.7.2.2.6.	Polyvinylacetat	388
9.7.2.2.7.	Polyacetal (Polyoxymethylen)	389
9.7.2.2.8.	Polyamide	390
Übungsaufgaben zu 9.		392
Lösungen der Übungsaufgaben		394
Sachverzeichnis		491

## Vorwort zur zweiten Auflage

Die zweite Auflage ist Anlaß, verschiedene grundlegende Begriffe noch stärker herauszustellen, da der Stand des chemischen Wissens der heutigen Studienanfänger immer unterschiedlicher wird, genauer gesagt, das Nullniveau einen immer breiteren Raum einnimmt, Zeichen eines falsch orientierten Reformismus. Daher war es notwendig, auch die Übungsaufgaben in verschiedener Weise zu vermehren.

Auf die Nennung weiterführender Literatur wurde nun endgültig verzichtet, weil eine solche Liste zu rasch veraltet und damit die Gefahr in sich birgt, den Leser von der Suche nach den neuesten und wichtigsten Büchern abzuhalten. Dagegen ist es vielleicht nützlich, auf einige Zeitschriften hinzuweisen, die nicht nur eine Hilfe bei der Suche nach der neuen Literatur darstellen, sondern auch aktuelle Gebiete der Chemie hervorheben. Es sind dies unter vielen anderen die „Angewandte Chemie“, die gleichzeitig die „Nachrichten aus Chemie und Technik“ – das Nachrichtenblatt für die deutschen Chemiker – enthält, ferner die „Chemiker-Zeitung“, „Chemie in unserer Zeit“ und „Chemie-Ingenieur-Technik“. Zwei besonders wichtige Nachschlagewerke sollen ebenfalls genannt werden: „Römpps Chemie Lexikon“ und „Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie“. Wer sich über die „Literatursuche in der Chemie“ informieren will, lese den gleichnamigen Aufsatz von Mücke in „Chemie in unserer Zeit“ 8, 184–190 [1974]. Außerdem sollen zwei Gesellschaften genannt werden, die dem in der Chemie Ratsuchenden weiter helfen: die GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) und die Dechema (Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen), beider Sitz ist Frankfurt/Main.

Nach wie vor ist es nicht Ziel dieses Buches, der sogenannten Stoffchemie Raum zu gewähren, obwohl sich offensichtlich eine Vernachlässigung dieses unverzichtbaren Gebietes bemerkbar macht. Diese wichtige Aufgabe muß anderen Lehrwerken überlassen bleiben. SI-Einheiten werden in der gegenwärtigen Übergangszeit neben den bisher üblichen verwendet, damit nicht der Zugang vor allem zur früheren wissenschaftlichen Literatur abgeschnitten wird.

### Die Chemie und ihre Sprache

Die Lehre von den Stoffen und den Stoffänderungen gilt als traditionelle Definition für die Chemie. Aus heutiger Sicht macht diese Begriffsbestimmung aber wohl zu wenig die Stellung und die Bedeutung der Chemie im Gebäude unserer Wissenschaften deutlich. Daher wollen wir neu fassen:

*Die Chemie als eine der Grundwissenschaften ist die Lehre von der Materie, ihrem Aufbau, ihren Eigenschaften und ihren Reaktionen.*

Auch den *Begriff der Materie* wollen wir erweitert interpretieren. Er wird als Oberbegriff gesehen. Die Materie, die in verschiedenen Erscheinungsformen auftritt und unterschiedliche Eigenschaften zeigt, läßt fünf Merkmale hervortreten:

1. Raum
2. Masse
3. Energie
4. Information
5. Ordnung

Ungewohnt sind zunächst die beiden letzten Begriffe. Doch was ist es anderes als *Information*, wenn ein Molekül „weiß“, daß es mit einem bestimmten Molekül reagieren kann, aber mit einem anderen nicht? Aber auch der Begriff *Ordnung* ist selbst dem mit der Chemie noch nicht so Vertrauten einleuchtend: Man denke nur an das Periodensystem, das ist die Ordnung der Elemente, oder an die verschiedenen Reihen der Kohlenwasserstoffe usw.

Die Chemie hat sich im Laufe der Zeit wie viele andere Wissenschaften von Einzelbeobachtungen aus entwickelt, konnte also erst mit zunehmenden Erkenntnissen geordnet werden. Heute stellt zwar die systematische Darstellung der Chemie in ihren Grundlagen kein besonders Problem für das Lehren dar, aber die herkömmliche Gliederung in Teilgebiete, die anschließend gegeben wird, geht nicht unwesentlich auf die mannigfaltigen Bedürfnisse der Menschen im Laufe der historischen Entwicklung zurück. Diese „Unordnung“ macht die folgende Aufzählung der chemischen Arbeitsgebiete deutlich, die weder vollständig sein, noch scharf umgrenzte Disziplinen definieren kann.

Die „organische Chemie“ ist die Chemie der Kohlenstoffverbindungen, die „anorganische Chemie“ die aller übrigen Elemente, wobei sich allerdings in neuerer Zeit immer mehr eine Aufgliederung in eine „Chemie des jeweiligen Elementes“ bemerkbar macht, z.B. „Chemie des Siliciums“, „Chemie des Bors“ usw. Die „physikalische Chemie“ sucht alle Erscheinungen zu erfassen, die auf den Grenzgebieten zur Physik zutage treten, und erschließt physikalische Methoden für die gesamte Chemie. Die „analytische Chemie“ befaßt sich mit der qualitativen Identifizierung und quantitativen Bestimmung von Stoffen und die „synthetische“ oder „präparative Chemie“ mit der Herstellung neuer Substanzen. Um die Erforschung gemeinsamer und genereller Grundlagen bemühen sich die „theoretische“ und „allgemeine Chemie“.

Die „technische Chemie“ beschäftigt sich einerseits mit der technischen Durchführung chemischer Prozesse, andererseits mit der Anwendung der Chemie in den technischen Bereichen, wo der Ingenieur seine Domäne besitzt. Überschneidungen zwischen den Disziplinen, die überall vorhanden sind, treten besonders häufig zwi-

schen der „technischen Chemie“ und den einzelnen „chemischen Technologien“ auf. Die „industrielle Chemie“ sucht die Zusammenhänge zwischen der Chemie und den wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Bereichen der Industrie zu ergründen. Man kann sie auch als einen Zweig der umfassenderen „Chemoökonomie“ und Technoökonomie“ ansehen.

Die „Biochemie“ beschäftigt sich mit den Problemen der Chemie in der Pflanzen-, Tier- und Menschenwelt, sie wird weiter aufgespalten in Teildisziplinen wie „Agrikultur“- oder „Agrar-Chemie“, „physiologische Chemie“, „klinische Chemie“, „medizinische Chemie“, pharmazeutische Chemie“, „Molekularbiologie“, „Psychochemie“, ökologische Chemie“ oder „chemische Ökologie“ u.a.

„Geochemie“, die Chemie der Erde, und „kosmische Chemie“, die Chemie des Weltalls, sind Beispiele für weitere Spezialisierungen. Als letztes sei noch die „Kernchemie“ genannt, welche die Chemie der Atomumwandlungen behandelt.

Wenn sich Menschen verständigen wollen, dann benötigen sie ein gemeinsames Verständigungsmittel, gemeinhin eine Sprache. Um Chemie verstehen zu können, muß man also ihre Sprache lernen. Darüber hinaus muß man auch ihre Phänomene, ihre Erscheinungen, verstehen, denn nur teilweise sind sie dem Menschen aus seinem Alltagsleben vertraut. Diese Schwierigkeit, das Erkennen und wissenschaftliche Durchdringen der Phänomene und das Lernen der besonderen Sprache der Chemie, überwindet der Lernende nicht leicht, denn es ist eben anders als beim Erlernen einer Fremdsprache, bei der die Phänomene schon bekannt sind. Eher wäre noch ein Vergleich zum Erlernen der Muttersprache zu ziehen, aber hier bleibt der Schwierigkeitsgrad im Erkennen der Erscheinungen zunächst niedrig. Am Anfang dieses Buches müssen also, um eine Verständigung in der Chemie einzuleiten, einige allgemeine und zugleich grundlegende Phänomene und einige Sprachregeln stehen. Diese ersten Sprachregeln werden von Zeit zu Zeit zu erweitern sein. Kein Zweifel sollte darüber bestehen, daß der Lernprozeß insgesamt recht schwierig ist und erst nach intensivem Studieren zu „rhetorischen“ Höhen führt.

In unserer Welt beobachten wir *Materie* [chemiesprachlich ein Begriff, den wir anfangs an Stelle von *Stoff* oder *Stoffe* verwenden wollen], die einen einheitlichen, und solche, die einen uneinheitlichen Eindruck macht. Einheitliche Materie in einem begrenzten Raum bezeichnen wir als „homogenes System“, uneinheitliche Materie in einem begrenzten Raum als „heterogenes System“. Ein heterogenes System wird also aus zwei oder mehreren homogenen Teilen [= Teilsystemen] aufgebaut sein.

Wenn wir an die drei hauptsächlichen Aggregatzustände der Materie (fest, flüssig, gasförmig) denken, können wir z.B. verschiedene einfache binäre heterogene Systeme unterscheiden (binär bedeutet hier zwei homogene Teilsysteme):

1. fest – fest
2. fest – flüssig
3. fest – gasförmig
4. flüssig – flüssig
5. flüssig – gasförmig

Ein heterogenes System aus zwei gasförmigen Teilsystemen existiert nicht, weil sich Gase immer miteinander vermischen, also stets nur ein einziges gasförmiges Teilsystem bilden. Die homogenen Teilsysteme werden als *Phasen* bezeichnet.

Eine *Phase* kann nun aus einem *reinen* Stoff oder aus einem (homogenen) *Gemisch* reiner Stoffe bestehen. Flüssige wie ebenfalls feste Phasen, die aus einem (homogenen) Gemisch reiner Stoffe bestehen, werden auch als *Lösungen* bezeichnet, vor allem dann, wenn ein Bestandteil überwiegt. Die verschiedenen Stoffe unterscheiden sich durch ihre Eigenschaften wie Zusammensetzung, Schmelzpunkt, Siedepunkt, Farbe, Härte, elektrische Eigenschaften, Reaktionsvermögen usw. Eine Aufgliederung der reinen Stoffe führt zu *Verbindungen* und *Elementen*, wobei die Verbindungen ihrerseits wieder aus Elementen, den „Grundstoffen der Materie“, zusammengesetzt sind.

Die Sprache der Chemie hat für jedes Element ein Elementsymbol geschaffen, das sich aus dem Namen, ggf. dem lateinischen Namen, ergibt und zukünftig aus zwei Buchstaben bestehen soll, die international verbindlich sind (s. Tabelle 1.7). Jedes neu entdeckte metallische Element soll die Endung -ium erhalten. Auf die Sprachregeln für die Verbindungen wird später eingegangen.

Wie wir oben gesehen haben, unterschied schon die traditionelle Definition der Chemie Stoffe und Stoffänderungen. Welche einfachen Klassifizierungsmöglichkeiten der Stoffänderungen oder Reaktionen existieren?

- I. 1.a)  $A \rightarrow X$   
b)  $A + B \rightarrow Y + Z$
- 2.a)  $A \rightleftharpoons X$   
b)  $A + B \rightleftharpoons Y + Z$

Im Falle I. 1 verlaufen die Reaktionen nur von der linken zur rechten Seite, aber nicht wieder zurück. Solche Reaktionen bezeichnet man als *nichtumkehrbare* oder *irreversible* Reaktionen. Beim Fall I. 2 ist es anders. Die Reaktionen verlaufen sowohl von links nach rechts als auch von rechts nach links. Hier handelt es sich um *umkehrbare* oder *reversible* Reaktionen. Statt der zwei Pfeile ( $\rightleftharpoons$ ) sind auch noch die beiden folgenden Schreibweisen üblich:  $\rightleftharpoons$  oder  $\rightleftharpoons$ . Ein solches „Gleichheitszeichen“ in einer chemischen Reaktion bedeutet also eine reversible Reaktion.

Eine weitere Klassifizierung von chemischen Reaktionen richtet sich nach der Zahl der an einer Reaktion beteiligten Stoffarten: