

DUDEN

ABI GENIAL

CHEMIE

DAS SCHNELL-MERK-SYSTEM

Mit **Original-
prüfungen** und
Musterlösungen
online auf
www.lernhelfer.de

So funktioniert Abi genial

Wissen einprägen mit dem Schnell-Merk-System

- **Kapitelstarter:** Basiswissen zu jedem Kapitel
- **Klar gegliederter Stoff:** schnelles Auffinden und gute Orientierung durch Merkwissen (▶) und Infokästen
- **Topthemen:** Vertiefung des zentralen Lernstoffs
- **Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben:** alles über Anforderungsbereiche und Operatoren in einem Extrakapitel sowie typische Prüfungsaufgaben zu allen Unterrichtsthemen

Prüfungstraining mit Abitur-Originalklausuren

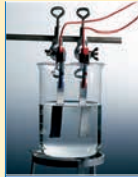
- **Originalprüfungen mit Lösungen passend zum Buch:** Auf www.lernhelfer.de/abigenial gibt es das exklusive Abi-genial-Lernpaket für nur 1,- Euro. Darin enthalten sind vier Originalprüfungen mit ausführlichen Musterlösungen als PDF.

Meilensteine der Chemie



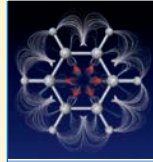
bis ca. 1000 v. Chr.

Herstellung von Bronze, Gewinnung von Kupfer und Eisen durch Erzzöstung, Glasherstellung, alkoholische Gärung, Fettverseifung



1806

Mit Humphrey Davys Entdeckung der Elektrolyse entsteht die Elektrochemie



1865

Friedrich August Kekulé findet die richtige Strukturformel für Benzen



1897

Mit der Herstellung der Acetylsalicylsäure (ASPIRIN®) nimmt die pharmazeutische Industrie ihren Anfang

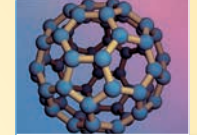


1907

Mit der Entwicklung von Bakelit durch Leo Hendrik Baekeland beginnt die großtechnische Herstellung von Kunststoff

1924

Mit der Einführung des Welle-Teilchen-Dualismus, der Unschärferelation und des Orbitalmodells durch Louis-Victor de Broglie, Erwin Schrödinger und Werner Heisenberg beginnt die Quantenchemie



1990

Wolfgang Krätschmer und Donald Huffman leiten mit der Synthese von C₆₀ (Fullerene) die Entwicklung von Nanowerkstoffen ein

1662

Mit den Gesetzen zur Gastheorie von Robert Boyle und Edme Mariotte (1676) wird die Chemie zur messbaren Wissenschaft

1807

Joseph Louis Gay-Lussac formuliert das Gasgesetz



ca. 450 v. Chr.

Empedokles begründet die Vier-Elemente-Lehre (Feuer, Erde, Luft und Wasser)



1775

Antoine Laurent de Lavoisier entdeckt den Sauerstoff und erkennt Verbrennungsvorgänge erstmals als Sauerstoffaufnahme (Oxidation)



1863

Mit der Gründung von Bayer und der BASF setzt die industrielle Chemie ein

1869

Dimitrij I. Mendelejew und Lothar Meyer entwickeln das Periodensystem der Elemente (PSE)

1909

Fritz Haber und Carl Bosch entwickeln ein Verfahren zur katalytischen Hochdrucksynthese von NH₃

1902

Wilhelm Ostwald entdeckt die katalytische Ammoniakverbrennung zur Salpetersäureherstellung



1953

James D. Watson und Francis H. C. Crick veröffentlichen die Struktur der DNA



2003

Auf Kunststofffolie gedruckte Polymertransistoren ermöglichen die massenhafte Herstellung von Minichips

Duden

SMS Schnell-Merk-System

Abi Chemie

Dudenverlag
Berlin

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine und physikalische Chemie 6

Wichtige Informationen 6 · 1.1 Reaktionsgeschwindigkeit 8 · 1.2 Der Energieumsatz chemischer Reaktionen 19

TOPTHEMA Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung 26

1.3 Chemisches Gleichgewicht 28

TOPTHEMA Massenwirkungsgesetz 36

1.4 Säuren und Basen 38

TOPTHEMA Berechnung des pH-Werts 50

1.5 Elektrochemie 54

TOPTHEMA Die Nernst-Gleichung 58

2. Atombau und chemische Bindung 68

Wichtige Definitionen 68 · 2.1 Quantenzahlen und Pauli-Prinzip 69 · 2.2 Das Orbitalmodell 71

TOPTHEMA Hybridisierung 74

2.3 Der Atomkern 75 · 2.4 Chemische Bindung 77

TOPTHEMA Komplexverbindungen 80

2.5 Die Systematik im Periodensystem 86

3. Organische Chemie 88

Wichtige Definitionen 88 · 3.1 Das C-Atom im Orbitalmodell 90 · 3.2 Gesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkane 90 · 3.3 Ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkene 94 · 3.4 Ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkine 95 · 3.5 Halogenkohlenwasserstoffe 96
3.6 Aromatische Kohlenwasserstoffe – Benzen 101
 TOPTHEMA Elektrophile Substitution 102
3.7 Alkohole 105 · 3.8 Ether 109 · 3.9 Aldehyde 111
3.10 Ketone 115 · 3.11 Carbonsäuren 117
3.12 Synthetische Makromoleküle 121
3.13 Oxidationsstufen des Kohlenstoffatoms 125

4. Farbstoffe und Indikatoren 126

Wichtige Definitionen 126 · 4.1 Farbsehen und Farbstoffmoleküle 128 · 4.2 Chromatografie 131
 TOPTHEMA Säure-Base-Indikatoren 132
4.3 Phenolphthalein 134

5.	Biochemie	136
	Wichtige Definitionen 136 · 5.1 Kohlenhydrate 138	
	5.2 Optische Aktivität 141 · 5.3 Polysaccharide 144	
	TOPTHEMA Eiweißstoffe – Proteine 148	
	5.4 Die Struktur von Peptiden und Proteinen 150	
	5.5 Wirkstoffe 152	
	TOPTHEMA Nucleinsäuren 156	
	5.6 Gärung 158 · 5.7 Fotosynthese 159	
	5.8 Atmung 160	
 6.	 Analytische Chemie	 162
	Wichtige Definitionen 162 · 6.1 Beispiele für qualitative Analysen 164 · 6.2 Beispiele für quantitative Analysen 165 · 6.3 Ermittlung chemischer Formeln 168	
	6.4 Ermittlung der molaren Masse 169	
	TOPTHEMA Elementaranalyse nach Liebig 170	
 7.	 Industrielle Chemie	 172
	Wichtige Definitionen 172 · 7.1 Treibstoffgewinnung 173	
	TOPTHEMA Cracken und Reforming 174	
	7.2 Hydroformylierung 179 · 7.3 Enzymatische industrielle Verfahren 181 · 7.4 Haber-Bosch-Verfahren 182 · 7.5 Chlor-Alkali-Elektrolyse 183	
	TOPTHEMA Salpeter- und Schwefelsäure 184	
	7.6 Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid 186	
	7.7 Der Hochofenprozess und die Stahlgewinnung 187	

Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben 190

- 1 MIND-MAP Der Prüfungsstoff** 190
- 2 Die Klausur** 192
 - 2.1 Inhalt und Aufbau einer Klausur** 192
 - 2.2 Die Operatoren** 193
- 3 Thematische Prüfungsaufgaben** 196
 - 3.1 Allgemeine und physikalische Chemie** 196
 - 3.2 Atombau und chemische Bindung** 202
 - 3.3 Organische Chemie** 205
 - 3.4 Farbstoffe und Indikatoren** 209
 - 3.5 Biochemie** 210
 - 3.6 Analytische Chemie** 214
 - 3.7 Industrielle Chemie** 216

Register 218

1 Allgemeine und physikalische Chemie

Wichtige Definitionen

Reaktionsgeschwindigkeit

Reaktionsgeschwindigkeit v :

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{dc}{dt}$$

Einheit: $\text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$
 c Konzentration; t Zeit

Geschwindigkeitsgesetz:

$$v = k \cdot c^x(\text{A}) \cdot c^y(\text{B})$$

Reaktionsordnung $n = x + y$

Geschwindigkeit als Funktion der Konzentration
 $n = 1,5$

Energieumsatz

Reaktionsenthalpie ΔH_R :

$\Delta H_R < 0$: exotherm

$\Delta H_R > 0$: endotherm

Einheit: kJ mol^{-1}
Wärmeanteil der Reaktionsenergie

Satz von Hess:

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H^\circ (\text{Produkte}) - \sum \Delta H^\circ (\text{Edukte})$$

ΔH_R eines Systems ist unabhängig vom Reaktionsweg.

Standardtemperatur ($T = 298 \text{ K}$)
Standarddruck ($p = 1013 \text{ hPa}$)
°: Standardbedingungen

Entropie S

Einheit: kJ mol^{-1}
Maß für die „Unordnung“

freie Reaktionsenthalpie ΔG_R° :

$\Delta G_R^\circ < 0$: exergonisch

$\Delta G_R^\circ > 0$: endergonisch

Einheit: kJ mol^{-1}
Triebkraft chemischer Reaktionen

Gibbs-Helmholtz-Gleichung:

$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \Delta S_R^\circ$$

Zusammenhang zwischen Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und freier Enthalpie

Chemisches Gleichgewicht

Gleichgewichtsreaktion:

Ausgangs- und Endprodukte liegen in gleichbleibenden Konzentrationen nebeneinander vor. Hin- und Rückreaktion laufen gleich schnell ab:

$$v(\text{ges}) = v(\rightarrow) - v(\leftarrow) = 0$$



Gleichgewichtskonstante (Massenwirkungsgesetz)

$$K_c = \frac{c(C) \cdot c(D)}{c(A) \cdot c(B)}$$

Le-Chatelier-Prinzip:

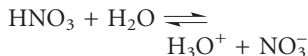
Chemisches Gleichgewicht verlagert sich so, dass es äußerem Zwang ausweicht

Zwang durch:

- Temperaturänderung
- Konzentrationsänderung
- Druckänderung (Gase)

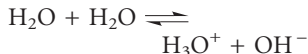
Säuren und Basen

Protonenübertragungsreaktion (Protolyse)



Autoprotolyse:

Protonenaustausch zwischen zwei identischen Molekülen



pH-Wert:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

Zitronensaft: pH = 2,3

Blut: pH = 7,4

Ionenprodukt des Wassers:

$$K_W = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$$

$$\text{p}K_W = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

Formelzeichen: K_W

Einheit: $\text{mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$

Elektrochemie

Nernst-Gleichung:

$$E = E(0) + \frac{0,059 \text{ V}}{z} \log \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}$$

z Ladungszahl, $E(0)$ Normalpotenzial, c Konzentration (mol l^{-1}), Ox/Red oxidierter/reduzierter Zustand

Redoxreaktion

Oxidation: Abgabe von e^-

Reduktion: Aufnahme von e^-

Elektronenübertragungsreaktion

e^- Elektron

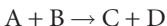
1.1 Reaktionsgeschwindigkeit

Chemische Reaktionen können unterschiedlich schnell verlaufen. Eine Explosion verläuft sehr schnell; die Bildung der Patinaschicht auf Kupfer ist wiederum so langsam, dass sie mehrere Jahre dauern kann.

Definition der Reaktionsgeschwindigkeit

Bei einer chemischen Reaktion werden Ausgangsstoffe (Edukte) verbraucht und die Endstoffe (Produkte) gebildet. Dabei ändern sich im zeitlichen Verlauf die Stoffmenge, das Volumen oder die Masse der beteiligten Reaktionspartner. Zur analytischen Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit wählt man eine Größe aus, die sich möglichst einfach bestimmen lässt. Das ist meistens die **Konzentration** (Stoffmengenkonzentration $c = \frac{n}{V}$; mit n : Stoffmenge, V : Volumen).

Verfolgt man z. B. bei der Reaktion mit der allgemeinen Reaktionsgleichung



die Konzentration des sich bildenden Produktes C oder die des abreagierenden Eduktes A im Zeitintervall $\Delta t (= t_2 - t_1)$, so lassen sich die mittleren Geschwindigkeiten \bar{v} folgendermaßen angeben:

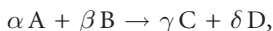
$$\bar{v}_A = -\frac{\Delta c(A)}{\Delta t} \quad (\text{Verbrauchsgeschwindigkeit von A})$$

$$\bar{v}_C = \frac{\Delta c(C)}{\Delta t} \quad (\text{Bildungsgeschwindigkeit von C})$$

$\Delta c (= c_2 - c_1)$ ist die Differenz der Konzentrationen im Zeitintervall Δt . Allgemein bedeutet das in diesem Fall:

$$\bar{v} = -\frac{\Delta c(\text{Edukt})}{\Delta t} = \frac{\Delta c(\text{Produkt})}{\Delta t}$$

Die Konzentrationsänderungen der Reaktionspartner erfolgen immer entsprechend der Reaktionsgleichung. Ist diese komplexer, d. h. treten in der **allgemeinen Reaktionsgleichung** stöchiometrische Faktoren (hier α , β , γ und δ) auf,



so müssen diese bei der Berechnung der verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten der beteiligten Stoffe (Bildungs- und Verbrauchsgeschwindigkeiten) berücksichtigt werden. Somit ergibt sich allgemein für die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit im Zeitintervall Δt :

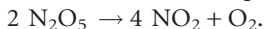
$$\bar{v} = -\frac{1}{\alpha} \frac{\Delta c(A)}{\Delta t} = -\frac{1}{\beta} \frac{\Delta c(B)}{\Delta t} = \frac{1}{\gamma} \frac{\Delta c(C)}{\Delta t} = \frac{1}{\delta} \frac{\Delta c(D)}{\Delta t}$$

Dabei werden für Produkte die stöchiometrischen Faktoren mit positivem Vorzeichen versehen, für Edukte mit negativem.

Die Reaktionsgeschwindigkeit

Die Reaktionsgeschwindigkeit v beschreibt die Änderung der Konzentration der an einer chemischen Reaktion beteiligten Stoffe pro Zeiteinheit unter Berücksichtigung der Stöchiometrie. Sie ist immer positiv und hat die Einheit $\text{mol l}^{-1} \text{s}^{-1}$.

Beispiel: Distickstoffpentoxid zersetzt sich zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff gemäß



Im Versuch werden nach 20 bzw. 40 Minuten N_2O_5 -Konzentrationen von $0,5 \text{ mol l}^{-1}$ bzw. $0,2 \text{ mol l}^{-1}$ gemessen. Bestimmen Sie v_{O_2} (Bildungsgeschwindigkeit von Sauerstoff) und die Gesamtgeschwindigkeit der Reaktion.

Die Verbrauchsgeschwindigkeit von N_2O_5 lässt sich bestimmen:

$$\bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5} = -\frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{0,3 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}}{1200 \text{ s}} = 0,00025 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

Aufgrund der Stöchiometrie der Reaktion besteht zwischen den Einzelgeschwindigkeiten der folgende Zusammenhang:

$$\bar{v} = -\frac{1}{2} \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t} = \frac{1}{1} \frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t}$$

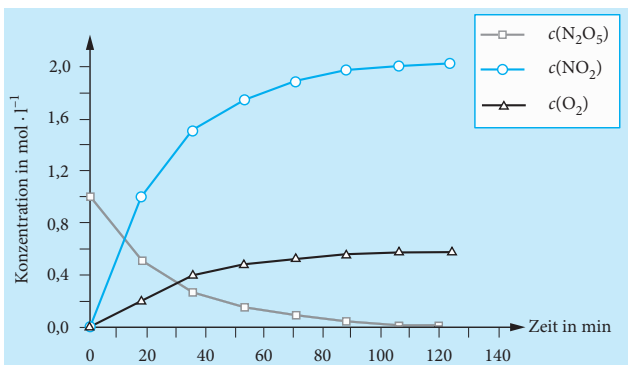
Damit ergeben sich für die gesuchten Geschwindigkeiten \bar{v} und v_{O_2} :

$$\bar{v} = \frac{1}{2} \bar{v}_{\text{N}_2\text{O}_5} = \bar{v}_{\text{O}_2} = 0,000125 \frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}}$$

Grafische Darstellung der Reaktionsgeschwindigkeit

Zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit reicht es aus, die Konzentrationen eines Reaktionspartners im zeitlichen Verlauf zu bestimmen. Diese Werte (Konzentrationen in Abhängigkeit von der Zeit) trägt man in ein **Konzentrations-Zeit-Diagramm** ein. Das Konzentrations-Zeit-Diagramm für die Zersetzung von N_2O_5 aus obigem Beispiel ist in der folgenden Grafik dargestellt.

In diesem Diagramm sind auch die Kurven für die Bildung von NO_2 bzw. O_2 dargestellt.



Konzentrations-Zeit-Diagramm der Zersetzung von N_2O_5

Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit

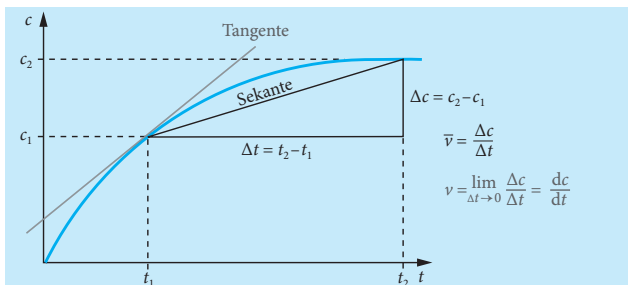
Man unterscheidet die Durchschnittsgeschwindigkeit \bar{v} für ein bestimmtes Zeitintervall Δt und die Momentangeschwindigkeit v zu einem bestimmten Zeitpunkt t_1 der Reaktion, hierfür muss das Zeitintervall beliebig klein gewählt werden. Mathematisch entspricht das der folgenden Gleichung:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{dc}{dt}$$

Beide Geschwindigkeiten lassen sich grafisch aus dem Konzentrations-Zeit-Diagramm bestimmen:

- Die Durchschnittsgeschwindigkeit \bar{v} ergibt sich aus der Steigung der Sekanten.
- Die Momentangeschwindigkeit v zu einem bestimmten Zeitpunkt t_1 entspricht der Steigung der Tangente an einem Punkt im Konzentrations-Zeit-Diagramm.

Wird das Zeitintervall Δt sehr klein, so nähert sich die Sekante der Tangente bzw. die Durchschnittsgeschwindigkeit der Momentangeschwindigkeit an.



Mittlere Geschwindigkeit \bar{v} im Zeitabschnitt Δt und momentane Geschwindigkeit v im Zeitpunkt t_1 .

Geschwindigkeitsgesetz und Geschwindigkeitskonstante

Die Geschwindigkeitsgesetze chemischer Reaktionen müssen **immer experimentell** bestimmt werden. Sie lassen sich nicht aus der Reaktionsgleichung ablesen. In den meisten Fällen sind Reaktionsgeschwindigkeiten abhängig von den Konzentrationen der Edukte – in welchem Maß, muss experimentell ermittelt werden.

Beispiel: $v = k \cdot c(A) \cdot c(B)$

Hier liegen beide Konzentrationen jeweils in der 1. Potenz vor. Der Proportionalitätsfaktor k zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit v und dem konzentrationsabhängigen Term $c(A) \cdot c(B)$ heißt **Geschwindigkeitskonstante**. Sie ist abhängig von der Temperatur, aber unabhängig von der Konzentration der Partner. Die Geschwindigkeitskonstante ist für eine Reaktion eine charakteristische Größe, die in entsprechenden Tabellen nachgeschlagen werden kann.

Eine solche Gleichung für die Geschwindigkeit einer Reaktion in Abhängigkeit von der Konzentration wird **Geschwindigkeitsgesetz** der Reaktion genannt.

► Geschwindigkeitsgesetz

Das Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion lässt sich nur **experimentell** bestimmen; es ist nicht aus der Reaktionsgleichung ableitbar. Allgemein hat es die Form

$$v = k \cdot c^x(A) \cdot c^y(B) \cdot c^z(C) \dots$$

Bei der Suche nach dem genauen Ablauf einer Reaktion (Reaktionsmechanismus) sind Geschwindigkeitsgesetze wichtig. Wird ein Mechanismus für eine Reaktion vermutet, muss geprüft werden, ob dieser im Einklang mit dem experimentell bestimmten Geschwindigkeitsgesetz steht.

Die Reaktionsordnung

Die gesuchte Reaktionsordnung einer Reaktion ist die Summe der Ordnungen bzgl. aller beteiligten Substanzen. Sie muss nicht ganzzahlig sein und sie kann auch null betragen.

Hat das Geschwindigkeitsgesetz die allgemeine Form

$$v = k \cdot c^x(A) \cdot c^y(B) \cdot c^z(C) \dots,$$

so ergibt sich damit eine Gesamtreaktionsordnung n von

$$n = x + y + z + \dots$$

Die Reaktionsordnung lässt sich grundsätzlich nicht aus der Reaktionsgleichung ablesen. Wie in der folgenden Tabelle gezeigt, sind bei Reaktionen ähnlicher Stöchiometrie unterschiedliche Zeitgesetze und damit unterschiedliche Reaktionsordnungen möglich.

Beispiele für Reaktionen mit unterschiedlicher Reaktionsordnung

Reaktion	Geschwindigkeitsgesetz	Reaktionsordnung
$2 \text{ N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4 \text{ NO}_2 + \text{ O}_2$	$v = k \cdot c^1(\text{N}_2\text{O}_5)$	1
$\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{ CO}$	$v = k \cdot c^{1,5}(\text{CH}_3\text{CHO})$	1,5
$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{ HBr}$	$v = k \cdot c^1(\text{H}_2) \cdot c^{0,5}(\text{Br}_2)$	1,5
$\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{ HI}$	$v = k \cdot c^1(\text{H}_2) \cdot c^1(\text{I}_2)$	2

Es gibt auch Reaktionen 0. Ordnung; ihr Zeitgesetz lautet dann $v = k$. Damit ist bei solchen Reaktionen die Reaktionsgeschwindigkeit unabhängig von den Stoffkonzentrationen.

Reaktionen, die in einem Schritt ablaufen nennt man **Elementarreaktionen**. Bei solchen Reaktionen kann man aus der Reaktionsgleichung auf die Reaktionsordnung schließen. Die meisten Reaktionen laufen allerdings über (mehrere) Zwischenschritte ab, es laufen sozusagen mehrere Elementarreaktionen nacheinander ab. In einem solchen Fall ist die langsamste Reaktion der **geschwindigkeitsbestimmende Schritt** der Gesamtreaktion. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die nucleophile Substitution von *tert.*-Butylbromid mit Natronlauge; hier dissoziiert das organische Molekül im ersten Schritt in Ionen. Diese Elementarreaktion ist sehr langsam und bestimmt damit die Geschwindigkeit der Gesamtreaktion (↑ S. 107).

Eine charakteristische Größe bei der Betrachtung von Reaktionen und ihren Geschwindigkeiten sind die sogenannten **Halbwertszeiten**. Darunter versteht man die Zeit, in der die Konzentration einer (Ausgangs-)Substanz auf die Hälfte ihres Anfangswertes c_0 abnimmt: $c(\text{A}) = \frac{c_0(\text{A})}{2}$. Je kleiner die Halbwertszeit, umso schneller läuft die Reaktion ab.

Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit

Folgende Faktoren beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit:

- Konzentration der Reaktionspartner
- Druck und Temperatur
- Gegenwart weiterer, an der Reaktion beteiligter Stoffe, die nicht in der Reaktionsgleichung aufgeführt sind, z. B. Katalysatoren.
- Chemische Eigenschaften der Reaktionspartner. Reaktionen zwischen neutralen Teilchen (Moleküle) sind meist viel langsamer als Reaktionen zwischen geladenen Teilchen (Ionen).

Kollisionstheorien (Stoßtheorie)

Nach der Kollisionstheorie erfolgt eine Reaktion immer durch den **wirksamen** Zusammenstoß von Teilchen. Ein wirksamer Zusammenstoß muss die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Die Teilchen müssen in einer günstigen räumlichen Lage aufeinandertreffen.
- Die Teilchen müssen eine bestimmte Mindestenergie (kinetische Energie) aufweisen, damit eine Kollision zu einer Reaktion führt. Viele Reaktionen benötigen **Aktivierungsenergie** E_A , die in Form von Licht oder Wärme zugeführt wird.

Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit

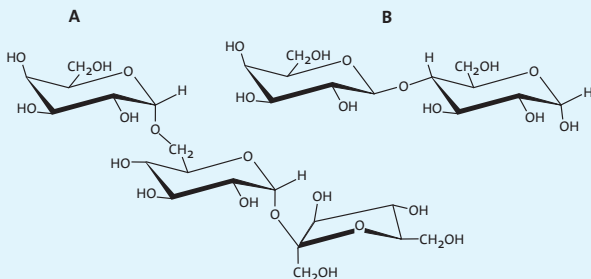
Je größer die Teilchenanzahl, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit für einen wirksamen Zusammenstoß von Teilchen bzw. umso mehr Teilchen können miteinander reagieren.

Damit folgt: Je höher die Konzentration, umso größer ist die Reaktionsgeschwindigkeit.

Anforderungsbereich II

- Begründen Sie die folgende Aussage aus der Zuckerchemie: „Besonders die Hydroxylgruppe am halbacetalischen Kohlenstoff-Atom zeichnet sich durch eine erhöhte Reaktionsfähigkeit aus.“
- Zeigen Sie an einem beliebigen Monosaccharid den Reaktionsmechanismus der Ringbildung in Strukturformeln (Haworth-Schreibweise). Beschreiben Sie kurz die einzelnen Schritte im Mechanismus. Benennen Sie den Reaktionsmechanismus. (↑ S. 139)
- Erläutern Sie ausführlich den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften eines Proteins. (↑ S. 150 f.)
- Aminosäuren zeigen typische Eigenschaften: Sie sind gut löslich in polaren Lösungsmitteln wie Wasser und schlecht löslich in unpolaren. Sie besitzen im Vergleich zu den normalen Carbonsäuren relativ hohe Schmelztemperaturen. Die meisten zersetzen sich beim Schmelzen. Erläutern Sie unter Verwendung der Strukturformel einer selbst gewählten Aminosäure diese Eigenschaften.
- 5-Hydroxypentanal geht eine intramolekulare Halbacetalbildung ein. Im 2. Schritt reagiert das entstandene Molekül mit Ethanol zu einem Vollacetal. Stellen Sie für beide Schritte die Reaktionsgleichung auf und benennen Sie den jeweils zugehörigen Reaktionsmechanismus.
- Die Reduktion von D-Glucose ergibt D-Sorbit, der auch in der Natur (beispielsweise im Seetang) vorkommt. D-Sorbit wird im industriellen Maßstab durch katalytische Hydrierung von D-Glucose unter Verwendung eines Nickel-Katalysator hergestellt.
 - a) Was versteht man unter einem Katalysator. Stellen Sie seine Wirkung in einer Zeichnung dar. (↑ S. 17 f.)
 - b) Formulieren Sie für die beschriebene Reaktion die Strukturformelgleichung. Gehen Sie dabei von der offenkettigen Form der Glucose aus.

- c) Nennen Sie zwei weitere Monosaccharide, die sich durch katalytische Hydrierung in D-Sorbit umwandeln lassen.
- Im Folgenden sind die Strukturformeln eines Trisaccharids A und eines Disaccharids B dargestellt.



- a) Benennen Sie die Verbindungen A und B mit ihren systematischen Namen.
- b) Geben Sie jeweils die Namen und Strukturformeln der Hydrolyseprodukte von A bzw. B an.
- c) Stellen Sie begründet das Verhalten der Verbindungen A und B gegenüber einer Fehling-Lösung dar. Verfahren Sie mit dem Hydrolysat analog. (↑ S. 113, 144)
- Beurteilen Sie die Richtigkeit der folgenden Aussage: „Konstruiert man zu einem beliebigen Molekül dessen Spiegelbild, so erhält man immer das zugehörige Enantiomer.“
- Gegeben sind die Aminosäuren Glycin, Serin und Alanin.
- a) Geben Sie jeweils die Strukturformel der Aminosäuren an und benennen Sie diese mit ihrem vollständigen systematischen Namen. (↑ S. 148)
- b) Aus den drei Aminosäuren soll das Tripeptid Gly-Ser-Ala aufgebaut werden. Stellen Sie die Strukturformelgleichung auf. Kennzeichnen Sie die wichtigsten Strukturmerkmale. (↑ S. 148 f.)
- c) Zwischen Peptidmolekülen können starke zwischenmolekulare Kräfte auftreten. Erläutern Sie, welche Kräfte

zwischen den in b) genannten Tripeptid-Molekülen auftreten. (↑ S. 151)

- Erläutern Sie anhand eines Beispiels Wirkungsweise und Substratspezifität von enzymatischen Reaktionen. (↑ S. 153 f.)
- Cellobiose und Maltose sind Disaccharide, die beide in saurer Lösung zu zwei Molekülen Glucose hydrolysieren.
 - a) Der systematische Name der β -Cellobiose lautet: β -D-Glucopyranosyl- β -D-glucopyranose. Zeichnen Sie das Molekül in der Haworth-Projektion. (↑ S. 141)
 - b) Das Enzym Maltase spaltet den Doppelzucker Maltose, nicht jedoch die Cellobiose in die Glucose-Bausteine. Erläutern Sie mithilfe kleiner schematischer Skizzen und geeigneter Fachausdrücke. (↑ S. 155)

Anforderungsbereich III

- Im Labor hat sich von einem Behälter die Beschriftung gelöst. Er enthält Glucose, Fructose oder Saccharose. Zum eindeutigen Nachweis von Glucose wird nun folgender Versuch durchgeführt:
Kupfersulfat und ammoniakalische Natrium-Kalium-Tartrat-Lösung werden zu gleichen Teilen gemischt. Zu 2 ml bis 3 ml dieser Mischung wird in ein Reagenzglas 1 ml der zu untersuchenden Lösung gegeben.
Ist dieser Versuch nach Ihrer Meinung zur eindeutigen Zuordnung bzw. zum Ausschluss von Glucose geeignet? Nehmen Sie begründet Stellung unter Einbeziehung von Reaktionsgleichungen und Strukturformeln. Schlagen Sie gegebenenfalls eine Alternative vor.
- Die folgenden beiden Verbindungen werden in Wasser gelöst:
Lösung A: α -D-Glucopyranose
Lösung B: Methyl- α -D-Glucopyranosid

Beide Lösungen werden in einem Polarimeter untersucht. Zu Beginn werden folgende Drehwinkel gemessen:

$$\text{Lösung A: } [\alpha]_{\text{D}}^{25\text{ }^{\circ}\text{C}} = 112^{\circ}$$

$$\text{Lösung B: } [\alpha]_{\text{D}}^{25\text{ }^{\circ}\text{C}} = 158^{\circ}$$

Wie ändern sich die jeweiligen Drehwinkel im Verlauf der Zeit? Stellen Sie eine Vermutung auf und stellen Sie diese in einem Diagramm (Drehwinkel über Zeit) dar. Begründen Sie Ihre Aussage ausführlich anhand geeigneter Strukturformeln und Reaktionsgleichungen. (↑ S. 129)

- Eine Substanzprobe enthält eine Mischung aus den Aminosäuren Glycin, Serin und Alanin. Die Aminosäuren sollen voneinander getrennt werden. Schlagen Sie ein geeignetes Verfahren vor. Erläutern Sie Ihre Auswahl ausführlich.

3.6 Prüfungsaufgaben zur analytischen Chemie

Anforderungsbereich I

- Erklären Sie die Begriffe qualitative bzw. quantitative Analyse. (↑ S. 162)
- Erklären Sie das Prinzip des chromatografischen Trennens an einem Beispiel Ihrer Wahl. (↑ S. 131)
- Formulieren Sie die Gleichungen für alle Fällungsreaktionen, die ablaufen können, wenn man Sulfid-Ionen zu einer Lösung gibt, die Zink-Ionen, Silber-Ionen, Quecksilber-Ionen und Blei(II)-Ionen enthält. Geben Sie die Reihenfolge an, in der die entsprechenden Salze ausfallen. (↑ S. 34, 164 f.)

Anforderungsbereich II

- Eine salzsaure wässrige Lösung enthalte Ni^{2+} - und Pb^{2+} -Ionen. Beim Einleiten von H_2S fällt nur eines der beiden Ionen als Sulfid aus.
 - a) Benennen Sie das Sulfid, aus dem der Niederschlag besteht. (↑ S. 165)

- b) Erklären Sie die Grundlage der Trennmethode. (↑ S. 164)
- c) Nach dem Abtrennen des gefälltten Sulfids wird das H_2S -haltige Filtrat bis zur deutlich alkalischen Reaktion mit Ammoniak versetzt. Beschreiben und erläutern Sie die dabei möglichen Beobachtungen.
- Ein Gemisch von MgCl_2 und AlCl_3 wird in Wasser gelöst.
 - a) Reagiert die Lösung sauer, neutral oder basisch? Begründen Sie Ihre Aussage.
 - b) Aus obiger Lösung sollen entweder nur die Mg^{2+} -Ionen oder nur die Al^{3+} -Ionen als Hydroxid ausgefällt werden. Wie gehen Sie vor? Erläutern Sie die chemischen Grundlagen eines möglichen Trennverfahrens.
 - Die Elementaranalyse einer Verbindung, die nur aus Phosphor, Sauerstoff und Wasserstoff besteht, ergab folgende Gehalte an Wasserstoff und Phosphor: 2,5 Gewichtsprozent Wasserstoff und 38,3 Gewichtsprozent Phosphor. Für die Verbindung wurde eine molare Masse von 162 g ermittelt.
 - a) Bestimmen Sie die empirische Formel. Beschreiben Sie kurz die Vorgänge bei einer Elementaranalyse. (↑ S. 170 f.)
 - b) Welche Strukturformel schlagen Sie vor? Skizzieren Sie unter Einbeziehen der Bindungstheorie Ihren Vorschlag.

Anforderungsbereich III

- Bei der Titration von 25 ml der schwachen Säure HX mit 0,25-molarer Natronlauge stellt sich nach Zugabe von 5 ml Maßlösung ein pH-Wert von 4,5 ein. Der Äquivalenzpunkt wird nach Zugabe von 34,5 ml Natronlauge erreicht. Erstellen Sie eine Skizze der Titrationskurve. Berechnen Sie den K_s -Wert der Säure. Geben Sie geeignete Indikatoren an. (↑ S. 133 f.)
- Die Titration nach Mohr ist eine Methode zur quantitativen Bestimmung von Chlorid-Ionen. Die Chlorid-Ionen-Lö-

sung wird mit einer Silbernitratmaßlösung titriert, wobei sich ein Silberchloridniederschlag bildet. Als Redoxindikator wird Kaliumchromat verwendet. Am Äquivalenzpunkt sind die Silber-Ionen-Konzentration und die Chlorid-Ionen-Konzentration gleich groß. Steigt die Silber-Ionen-Konzentration weiter an, bildet sich ein rotbrauner Niederschlag von Silberchromat Ag_2CrO_4 .

- a) Begründen Sie anhand geeigneter Reaktionsgleichungen den folgenden Verfahrensfehler: „Die Endpunktanzeige erfolgt in sauren Lösungen zu spät oder gar nicht.“
- b) Welche Konzentration dürfen die Chromat-Ionen nicht überschreiten?

3.7 Prüfungsaufgaben zur industriellen Chemie

Anforderungsbereich I

- Erklären Sie den Begriff Cracken in der Erdölchemie. (↑ S. 174)
- Formulieren Sie die allgemeine Reaktionsgleichung des Fischer-Tropsch-Verfahrens. (↑ S. 177)
- Was versteht man unter dem „Klopfen“ eines Motors? Nennen Sie Möglichkeiten, dieses zu verhindern. (↑ S. 178 f.)
- Erklären Sie, wie ein Dreiwegekatalysator wirkt. (↑ S. 176)
- Nennen Sie wichtige Bestandteile in modernen Waschmitteln. Erklären Sie stichpunktartig die jeweilige Funktion.
- Erklären Sie den Unterschied zwischen Roheisen, Eisen und Stahl. (↑ S. 188)

Anforderungsbereich II

- Das Element Chlor wird großtechnisch durch verschiedene Verfahren hergestellt. Beschreiben Sie die Grundzüge der beiden wichtigsten elektrochemischen Verfahren unter An-

- gabe der jeweiligen Elektrodenreaktionen. Nennen Sie Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren. (↑ S. 183)
- Beschreiben Sie, wie in der Technik das Element Sauerstoff gewonnen wird. Gehen Sie bei Ihren Ausführungen besonders auf die Lösung des auftretenden Trennproblems ein.
 - In der Reduktionszone des Hochofens setzt sich Fe_2O_3 mit Kohlenstoff zu elementarem Eisen und CO um.
 - a) Stellen Sie die Reaktionsgleichung für diese Umsetzung auf. (↑ S. 187)
 - b) Berechnen Sie die Masse an Fe_2O_3 , die zur Darstellung einer Tonne Eisen mindestens notwendig ist. Welches Volumen würde das dabei gebildete CO unter Normalbedingungen mindestens einnehmen?
 - Salpetersäure lässt sich auf verschiedene Arten herstellen. Bei einem Verfahren geht man vom Stickstoff der Luft aus, bei einem anderen Verfahren dient Ammoniak als Ausgangsstoff. Beschreiben Sie die wesentlichen Vorgänge beider Verfahren durch Reaktionsgleichungen. (↑ S. 184)
 - Beschreiben Sie das industrielle Verfahren zur Herstellung von Schwefelsäure. Formulieren Sie die jeweiligen Reaktionsgleichungen und nennen Sie die Reaktionsbedingungen. (↑ S. 185)

Anforderungsbereich III

- Erläutern Sie die folgende Aussage: „Der Begriff Eutektikum spielt für viele technische Prozesse eine zentrale Rolle.“
- „Die wirtschaftliche Aluminiumherstellung erfordert billige Energie.“ Erläutern Sie diese Aussage anhand von Reaktionsgleichungen und Skizzen ausführlich.

A

Acetatpuffer	50, 53
Addition	95, 112
Akkumulatoren	61
Aktivierungsenergie	16 f.
Aktivität, optische	141
Aldehyde	111
– als Reduktionsmittel	114
Aldehyd-Gruppe	88, 112
Aldoladdition	115
Alizarin	130
Alkane	90 ff.
Alkene	88, 94
Alkine	88, 95
Alkoholate	106
Alkohole	105
alpha-C-Atom	113
Altersbestimmung, radioaktive	77
Aminogruppe	88, 149
Aminosäuren	118, 148
Ammoniaksynthese	31, 37, 182
Ampholyte	41
Analyse	162, 164 ff.
Anionenbase	39
Anziehung, elektrostatische	85
Äquivalenzpunkt	165
Arrhenius-Gleichung	16
Atmung	160
Atomkern	75 f.
Aufheller, optische	168
ATP	157
Autoprotolyse	7, 42
auxochrome Gruppe	127, 129
Azofarbstoffe	128
Azogruppe	89

B

Bändermodell	82
Base	38
Basenkonstante	7, 46
Basenstärke	46
Batterien	63
Beizenfarbstoffe	127
Benzinpyrolyse	176
Benzen	101
Bildungsenthalpie	23
Bindung, chemische	77 f.
– Übergänge	85
Bleiakkumulator	61
Brennstoffzelle	64
Brönsted-Lowry-Theorie	38

C

Calvin-Zyklus	159
Carbanion	100, 113
Carbenium-Ion	100
Carbokation	100, 112
Carbonsäuren	117
Carbonylgruppe	112
Carboxylgruppe	117
Cellulose	146
chemische Reaktion	
endotherm/exotherm	6, 33
– Triebkraft	24
chemisches Gleichgewicht	8, 28 f.
– Beeinflussung	31
– Berechnung	36
– Säure-Basen-Reaktion	40 f.
chirale Moleküle	136, 142
Chlor-Alkali-Elektrolyse	183
Chromatografie	131
Chlorophyll	130, 159

chromophore Gruppe	126, 128	Elektrode	54
Citronensäurezyklus	161	Elektrolyse	65
Coenzym	154	– Chlor-Alkali	183
Cracken	174	– Schmelzfluss	186
Copolymerisation	124	Elektron	68
		Elektronegativität	78 f.
		Elektronengas	66
D		Elektronen-	
Daniell-Element	57	konfiguration	72 f., 80
Delokalisierung, Elektronen	100	Elektronenpaarbindung	77 f.
Destillation, fraktionierte	173	Elementaranalyse	
Diazotierung	128	nach Liebig	170
Dicarbonsäuren	118	Elemente,	
Dicarbonylbindung	141	elektrochemische	56 f.
Direktreduktion	188	Eliminierung	97
Disaccharide	140	Enantiomer	128, 171
Dispersionskräfte	85	endergonisch	26
Disproportionierung	174, 184, 187	Energie, elektrische	59, 67
Dissoziation, Wasser	50, 85	Energieumsatz	19 f.
Disulfidbrücke	124, 151	Enthalpie	19 f.
Doppelbindung	79 f.	Entropie	24
– konjugierte	99, 128	Enzym	136, 153
Doppelhelix	157	Essigsäure	117
d-Orbital	72	Esterbildung	119
Dreiwegekatalysator	176	Estergruppe	89
Durchschnitts- geschwindigkeit	11	Ether	109
Duroplaste	121	exergonisch	26
E		F	
Edelgasregel	73	Faraday-Gesetz	66, 187
Effekt		Faraday-Konstante	66
– bathochromer	127, 134	Fehling-Reaktion	113 f.
– induktiver	119	Fette	120
Eiweißstoffe	148 ff.	Fettsäure	118
Elastomere	121	Fischer-Tropsch-Verfahren	177
		Fließgleichgewicht	161
		Formel, chemische	168

Fotosynthese	159	Hund, Regel von	73, 86
freie Enthalpie	25	Hybridisierung	74
funktionelle Gruppen	89	Hydrathülle	83
Furan-Ring	128	Hydroformylierung	115, 179
		Hydroxylgruppe	89
		Hydroxysäuren	118
G		I	
galvanisches Element	56	Indigo	130
Gärung	158	Indikatoren	
Gasgleichung,		– pH-	127, 131
allgemeine	163, 169	– Redox	127, 135
Geschwindigkeitsgesetz	12	Induktionskräfte	85
Gibbs-Helmholtz-		Inversion	144
Gleichung	26	Iod-Wasserstoff-	
Gichtgas	187	Gleichgewicht	37
Gitterenergie	83	Ionenbindung	83
Gleichgewicht,		Ionenkonzentration,	
chemisches	28 f.	Berechnung	35
Gleichgewichtsbedingung	28	Ionenprodukt, Wasser	7, 42 f.
Gleichgewichtskonstante	30	Isolatoren	82
Glockenböden	173	Isomerie	91
Glykogen	145	– <i>cis-trans</i>	94
Glykolyse	158, 161	Isotope	75
Grenzstrukturen, fiktive	100	Isotopenmarkierung	76
H		K	
Haber-Bosch-Verfahren	182	Katalysator	17 f., 31
Halbelement	55	K-Einfang	76
Halogenkohlenwasser-		Kernladungszahl	86
stoffe	96	Kernreaktor/-spaltung	77
Hauptquantenzahl	69	Ketogruppe	89, 112
Hauptsatz, zweiter		Ketone	115
(Thermodynamik)	24	KKK-Regel	104
Henderson-Hasselbach-		Kohlenstoffatom,	
Gleichung	53	Orbitalmodell	90 f.
Hess, Satz von	21	– Hybridisierung	74, 90
Hochofenprozess	187		
Hormone	137		

Komplementärfarbe	126, 128	Metallbindung	82
Komplexverbindungen	80	Metathese	174
Knopfzellen	63	Milchsäuregärung	158
Königswasser	184	molare Masse, Ermittlung	169
Kontakt-Verfahren	185	Momentan-	
Konvertierung	182	geschwindigkeit	11
Konzentration	8	Monocarbonylbindung	141
Korrosion	60	Monosaccharide	138
kovalente Bindung	76	MTB-Ether	110
Kraft, zwischenmolekulare	84	Mutarotation	139, 143
Kupplung	128		
L			
Ladung, elektrische	66	Nachweisreaktionen	164
Le-Chatelier-Prinzip	7, 31	NADH/NAD ⁺	154
Leitungsband	82	Natriumacetat	50
Licht	126, 128	Nebenquantenzahl	69
Liebig-Elementaranalyse	170	Nernst-Gleichung	58
Liganden	81	Neutralisation	118, 165
Lithium-Ionen-Akku-		Nickel-Metallhydrid-	
mulator	62	Akkumulator	62
Lithium-Knopfzelle	63	Nitriersäure	185
Lokalelement	60	Nitrogruppe	89
Löslichkeitsprodukt	34	Normalpotenzial	55
Lösungsenthalpie	83	Nucleinsäuren	156 f.
		Nucleophilie	100
		Nucleotide	156
		Nuklide	76, 87
M			
magnetische Quantenzahl	69		
Maskierung	81, 167	O	
Maßanalyse	163	Octanzahl	175, 177
Masseneinheit, atomare	76	Orbitalmodell	71
Massenspektrometer	168	Ostwald-Verfahren	184
Massenwirkungsgesetz	36	Oxidationszahlen	73, 80, 105
Massenzahl	75	Oxonium-Ion	40
Membranverfahren	183	Oxosäuren	118
Mesomerie	99	Oxo-Synthese	179

P		Q	
Pauli-Prinzip	69	Quantenzahlen	69 f.
Peptidbindung	149	Quartärstruktur	150
Peptide	150	R	
Phenolphthalein	134	Racemat	142
Periodensystem	86 f.	Reaktionsenthalpie	6, 19 f.
pH-Wert	7, 44	Reaktionsgeschwindigkeit	8, 29
– Berechnung	48 f.	– Beeinflussung	15
pK_B -Wert	46	Reaktionsenergie	19 f.
pK_S -Wert	45	Reaktionsenthalpie	19 f., 67
Platforming	175	– Berechnung	27, 67
polare Elektronenpaarbindung	78	Reaktionsordnung	13
Polarimeter	143	Redoxreaktion	55, 58
Polyaddition	123	Redoxsystem	55
Polyester	122	Reforming	175
Polykondensation	122	RGT-Regel	16
Polymerisation	121	Roheisen	188
Polysaccharide	144 f.	S	
Polyurethan	123	Sauerstoff-Aufblas-	
p-Orbital	71	Konverter	189
Potenzial,		Säure	38
elektrochemisches	54	Säure-Basen-Paar,	
Potenzialdifferenz	61	korrespondierendes	42, 47
Primärstruktur	150	Säure-Basen-Reaktion	40
Proteide	151	Säurekonstante	7, 45
Proteine	150	Säurestärke	45
Protolyse/-gleichgewichte	40 f.	Schmelzflusselektrolyse	186
Protonenakzeptoren	38	Sekundärstruktur	150
Protonendonatoren	38	Separationsprozess	131
Pufferung	52	Sequenz	149
Pyran-Ring	138	s-Orbital	71
Pyrolysebenzin	177	Spannung, Erzeugung	56
		Spannungsreihe	54 f.
		Spinquantenzahl	69

SSS-Regel	104	V	
Stahlerzeugung	188	Valenzband	82
Standardbedingungen	21	Valenzelektronen	72, 80
Stärke	144	Van-der-Waals-Kräfte	84, 151
Steamcracking	176	Verseifung	120
Stereospezifität	155	Vitamine	152
Stoffklassen, org. Chemie	89	W	
Stoffmengenkonzentration	8	Wärmesummen, konstante	21
Stromschlüssel	35	Wasserhärte	167
Substituenten erster/ zweiter Ordnung	104	Wasserstoffbrücken- bindung	84
Substitution	92	Winderhitzer	187
– elektrophile	102 f.	Wirkstoffe	137, 152 f.
– nucleophile	107	Wirkungsquantum, plancksches	68
– radikalische	93	Z	
Substitutionsregeln, Zweitsubstitution	103	Zellspannung	59
Sulfidfällung	164	– Berechnung	59
Synthesegas	115, 177	Zentralatom	81
Synthesekautschuk	124	Zerfallsgesetz	76
System, konjugiertes	99	Zweitsubstitution, elektrophile	103
T			
Tertiärstruktur	148		
Titration	133, 165 f.		
Titrationsskurve	166		
Tollens-Reaktion	114		
Treibstoffgewinnung	173		
Triarylfarbstoffe	129		
Trockenelement	63		
U			
Übergangsmetalle	80 f.		
Unschärferelation	71		
Umesterung	120		
Umschlagbereich, Indikator	132		

Bildquellen (Abbildungen Umschlag innen)

Bibliographisches Institut, Berlin/Bild und Wort, Literatur- und Medienagentur, Hans-Joachim Rech (Aspirin); Bibliographisches Institut, Berlin/Prof. Dr. Ulrich Sinn (Bronze); W. Clemens, Siemens, Erlangen (Polymerelektronik); CORBIS/Royalty-Free (Emdokles); B. Mahler, Fotograf, Berlin (Elektrolyse); MAN, Augsburg und München (industrielle Chemie); picture-alliance/akg-images (Lavoisier); picture-alliance/Bildarchiv Okapia (DNA, Fullerene); T. Weinkauff, Zuse-Institut Berlin (Benzol); WGV Verlagsgesellschaft, Weinheim (Kunststoffe)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Das Wort **Duden** ist für den Verlag Bibliographisches Institut GmbH als Marke geschützt.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Für die Nutzung des zum Buch zugehörigen Downloadangebots gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der Websites www.duden.de und www.lernhelfer.de, die jederzeit unter dem entsprechenden Eintrag abgerufen werden können. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

4., aktualisierte Auflage

© Duden 2016 D C B A

Bibliographisches Institut GmbH, Mecklenburgische Straße 53, 14197 Berlin

Redaktionelle Leitung David Harvie

Redaktion Dr. Ulrich Kilian

Autoren Dr. Eva Danner, Dr. Angelika Fallert-Müller, Dr. Roland Franik

Herstellung Uwe Pahnke

Typografisches Konzept Horst Bachmann

Umschlaggestaltung Büroecco, Augsburg

Satz Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG

Druck und Bindung Heenemann GmbH & Co. KG,

Bessemerstraße 83–91, 12103 Berlin

Printed in Germany

ISBN 978-3-411-70654-9

Auch als E-Book erhältlich unter: 978-3-411-91209-4

www.lernhelfer.de

Chemie – Topthemen

Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung	26
Massenwirkungsgesetz	36
Berechnung des pH-Werts	50
Die Nernst-Gleichung	58
Hybridisierung	74
Komplexverbindungen.....	80
Elektrophile Substitution	102
Säure-Base-Indikatoren.....	132
Eiweißstoffe – Proteine	148
Nucleinsäuren.....	156
Elementaranalyse nach Liebig	170
Cracken und Reforming.....	174
Salpeter- und Schwefelsäure.....	184

DUDEN

Die geniale Kombination für das erfolgreiche Abitur in Chemie!

Effektives Lernen mithilfe des „Schnell-Merk-Systems“

und

gezieltes Prüfungstraining mit passenden Originalprüfungen

- Kompakt zusammengefasster Lernstoff
- Topthemen zur Vertiefung
- Extrakapitel mit Prüfungsratgeber
- Prüfungsfragen aus allen Anforderungsbereichen
- Originalprüfungen mit Lösungen zum Download für 1,- €

Angepasst an Grund- und Leistungskursthemen.
Für alle Bundesländer geeignet.

ISBN 978-3-411-70654-9
9,99 € (D) · 10,30 € (A)



www.lernhelfer.de