

Lösungen zu den Aufgaben

Kapitel 1

Lösung 1.1

- a) 3,04 mol;
- b) $9,27_4 \cdot 10^{-23}$ g;
- c) 112 pm

Lösung 1.2

Die in der Aufgabenstellung fehlenden Angaben sind kursiv gedruckt:

Name	Formel/Stöchiometriezahl	Stoffmenge mol	molare Masse g/mol	Masse der Stoffmenge g
<i>Schwefeldioxid</i>	2 SO ₂	2,0	64,07	128,14
Kohlenstoffdioxid	3 CO ₂	3	44,01	132,03
<i>Kupfer(II)-oxid</i>	0,1 CuO	0,1	79,54	7,954
Natriumcarbonat	<i>Na₂CO₃</i>	1	106,00	106,00

Lösung 1.3

- a) $\approx 3,8 \cdot 10^{-9}$ mol;
- b) etwa 260 Millionen Jahre;
- c) 0,21 µg Eisen

Lösung 1.4

$\approx 6,6 \cdot 10^{-18}$ mol = 6,6 amol (= 6,6 Attomol = 6,6 Trillionstel Mol)

Lösung 1.5

HCl_(aq), N₂O, NaOH_(aq), HF_(aq), K₂CO₃, CaO, NaCl, NH₄Cl, HNO₃; (aq) = wäßrige Lösung

Lösung 1.6

Kalium-hexacyanoferrat(III) (≡ „rotes Blutlaugensalz“); Hexaaquaeisen(III)-chlorid; Silbertetraiodomercurat(II), Kalium-dicyanoargentat(I), Diamminsilber(I)-nitrat

Kapitel 2

Lösung 2.1

- a) Räumlich konstant beschaffene, also makroskopisch homogene Anhäufung von Teilchen;
- b) I: (hochreines) Silicium, (Rüben-)Zucker, II: Wein (Wasser, Ethanol, Aromastoffe), Meerwasser (Wasser, Natriumchlorid, weitere Salze), III: Eis/Wasser/-dampf, Graphit/Diamant;
- c) „Fernordnung“: regelmäßige geometrische Anordnung der Bestandteile in allen Raumrichtungen (Quarzkristalle SiO₂); „Nahordnung“: Regelmäßige Anordnung der unmittelbaren Nachbarn, aber Variabilität in deren weiterer Verknüpfung (Kieselglas SiO₂)

Lösung 2.2

- Wasser, Sieden bei $T_{\text{vap}} = 373,15 \text{ K}$ ($= 100 \text{ °C}$); Eis, Schmelzen bei $T_{\text{fus}} = 273,16 \text{ K}$ ($0,01 \text{ °C}$);
- kinetische Hemmung der Bildung der neuen Phase (s. 15);
- I: Zugabe von Impfkristallen (oder mechanisch: Schütteln, Rühren), II: Zugabe von Siedesteinen, III: wie I

Lösung 2.3

- Gemenge: Granit (Feldspat, Quarz, Glimmer), (Kalk-)Mörtel (Brantkalk, Sand), Messing (α -Phase reich an Kupfer, β -Phase an Zink);
- Mischkristalle: Messing (hochkupferhaltig: nur α -Phase), Gold(-schmuck) (Gold/Silber), viele Feldspäte [z. B. in der Reihe $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (*Albit–Anorthit*)]

Lösung 2.4

- s. Bild 2-1;
- Abnahme mit Druckzunahme; gegenläufig zu anderen Stoffen; durch Wasserstoffbrücken stabilisierte „aufgelockerte“ Struktur von Eis (s. 24.2.2).

Lösung 2.5

- Sublimieren unter dem Tripelpunkttsdruck für den Übergang fest-flüssig, Sieden bei Dampfdruck = Umgebungsdruck;
- nur, wenn er unzersetzt verdampft;
- besonders empfindlichen Stoffen wird bei $< 0 \text{ °C}$ im Vakuum durch Sublimieren von Eis das Wasser entzogen (biologische Präparate, Raumfahrer-Nahrung, Löslich-Kaffee)

Kapitel 3

Lösung 3.1

- $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol/l}$;
- 175,2 g H_2SO_4

Lösung 3.2

- $c(\text{HNO}_3) = 4,56 \text{ mol/l}$;
- $x(\text{HNO}_3) = 0,087$ ($\equiv 8,7 \%$);
- $\beta(\text{HNO}_3) = 287,5 \text{ g HNO}_3/\text{l}$

Lösung 3.3

- 137,3 ml;
- 136,3 mg H_2SO_4

Lösung 3.4

45,37 g Glaubersalz

Lösung 3.5

- 400 g Wasser;
- 725,4 ml der 25%igen Säure;
- Die beiden Volumina mischen sich nicht additiv (Volumenkontraktion!)

Kapitel 4

Lösung 4.1

- $m = 143,32 \text{ g AgCl}$;
- $w_{\text{Ag}} = 75,26 \%$, $w_{\text{Cl}} = 24,74 \%$;
- $169,87 \text{ g AgNO}_3$

Lösung 4.2

80 mg enthalten 0,417 mmol Molybdän, 1,247 mmol Schwefel \rightarrow Molybdäntrisulfid MoS_3

Lösung 4.3

Ungefähr 90 g Wasser (genauer Wert: 89,356 g)

Lösung 4.4 (Eingefügte Teile *kursiv*)

- $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$;
- $\text{SO}_4^{2-} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4$;
- $2 \text{Al} + 3 \text{Cu}^{2+} \rightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{Cu}$;
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Lösung 4.5

- Kontraktion $\Delta v = 44,828 \text{ l}$ (s. Gl. 4.4);
- Das Volumen v_o von $n_o = 4 \text{ mol}$ Startgemisch [723 K, 20 MPa ($\equiv 2 \cdot 10^7 \text{ N}\cdot\text{m}$)] ist $0,00120 \text{ m}^3$ (1,20 l); bei 11 % Ausbeute ist die Stoffmenge $\Sigma n_i = (0,89 \cdot 3 + 0,89 + 2 \cdot 0,11) \text{ mol} = 3,78 \text{ mol}$; als Kontraktion ($\Delta n/n_o$): v_o folgt $\Delta v = 0,066 \text{ l}$;
- in MPa: $p(\text{H}_2) = 14,1$; $p(\text{N}_2) = 4,7$; $p(\text{NH}_3) = 1,2$; $\Sigma p_i = 20,0 \text{ MPa}$

Lösung 4.6

- 56,9 g Al;
- 71,1 g Al

Lösung 4.7

- 146,1 g NaCl;
- 288 ml

Lösung 4.8

Für die enthaltenen 7.747 mol P werden zur Ausfällung gemäß der Apatit-Stöchiometrie 12.912 mol CaO (das 5/3-fache) benötigt. Das sind ca. 724 kg CaO.

Lösung 4.9

- je 3,6 mmol;
- 3,6 mmol je 0,5 g entsprechen (zufällig!) 0,36 g Kalk, $w(\text{CaCO}_3) = 72 \%$;
- 5 mmol CO_2 bei 273 K $\rightarrow v_o = 0,112 \text{ l}$, bei 1073 K das 1073/273-fache $\rightarrow 0,44 \text{ l CO}_2$

Kapitel 5

Lösung 5.1

$1 \text{ u} = 1,660540 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1/12 \text{ }^{12}\text{C}$; $1/12 \Sigma(6m_p, 6m_n, 6m_e) = 1,674231 \cdot 10^{-27} \text{ kg} > \text{u}$; die Differenz erklärt sich durch den Massendefekt (s. Gl. 0.1) beim Zusammentritt von je sechs Protonen, Elektronen und Neutronen.

Lösung 5.2

Nuklid: Atom bestimmter Ordnungszahl (Protonenzahl) und Massenzahl (Nukleonenzahl);

Isotope: Nuklide derselben Ordnungszahl, aber unterschiedlicher Massenzahlen.

Lösung 5.3

Reinelemente: Nur ein stabiles Isotop, z. B. Fluor, Natrium, Aluminium; Mischelemente: mehrere Isotope, z. B. Chlor, Magnesium, Eisen.

Lösung 5.4

Cobalt Co (27 p, 27 e, 32 n; $\Sigma = 86$), Barium Ba (56, 56, 81; 193), Blei Pb (82, 82, 125; 289)

Lösung 5.5

- Unterschiedliche Isotopenverteilung;
- ${}_{18}\text{Ar}/{}_{19}\text{K}$; ${}_{27}\text{Co}/{}_{28}\text{Ni}$;
- Verknüpfung der Röntgenspektren der Elemente mit ihrer Kernladungszahl (Moseleysches Gesetz)

Lösung 5.6

- $n = 1, 2, 3, 4, \dots$; $0 < l \leq (n-1)$; $|m| \leq l$; $s = \mp 1/2$;
- Pauli-Prinzip: Keine Übereinstimmung des Zustandes zweier Elektronen eines Atoms in allen vier Quantenzahlen; Hundesche Regel: Elektronenzustände gleicher Energie werden zunächst nur einfach besetzt;
- $l = 0 \rightarrow s$, $l = 1 \rightarrow p$, $l = 2 \rightarrow d$, $l = 3 \rightarrow f$;
- $2n^2 = 18$, entsprechend $3s^2 3p^6 3d^{10}$

Lösung 5.7

Analoge Valenzelektronenkonfigurationen, z. B. ns^1 für Alkalimetalle, $n(s^2p^6)$ für Edelgase

Lösung 5.8

Bohr postuliert exakt definierte Radien, für die eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit $1 \equiv 100\%$ folgt. Die Wellenmechanik gestattet nur Wahrscheinlichkeitsaussagen, die generell kleinere Werte ($\ll 1$) liefern; dennoch ergeben sich Aufenthaltswahrscheinlichkeits-Maxima gerade bei den Bohr-Radien.

Lösung 5.9

Beim Verdampfen erfolgt Atomisierung und Anregung des Valenzelektrons ($2s^1$, $3s^1$, $4s^1$); beim Zurückspringen in energieärmere Zustände wird die abgegebene Energie in günstigen Fällen als Emission von sichtbarem Licht wahrgenommen.

Kapitel 6**Lösung 6.1**

σ -Bindungen: rotationssymmetrische Überlagerung von Wellenfunktionen längs der Bindungsachse; π -Bindungen durch Überlagerung von Wellenfunktionen außerhalb der Bindungsachse (zwei „Flügel“ zentrosymmetrisch zur Verbindungslinie, dazwischen Knotenebene); als Skizze z. B. σ -Gerüst für Ethen, π -Bindung zwischen beiden C-Atomen

Lösung 6.2

- Umschreibung der realen Struktur von Verbindungen durch als solche nicht existente Grenzstrukturen mit unterschiedlicher Elektronenanordnung;
- vgl. 6.4.3 für Nitrat

Lösung 6.3

Kohlenstoff hat oberhalb 2s, 2p keine energetisch günstigen unbesetzten Orbitale zur Bildung der 5./6. Bindungen zur Verfügung; bei Silicium sind dagegen die 3d-Orbitale zur Ausbildung weiterer Bindungen verfügbar.

Lösung 6.4

Alle drei Größen haben ansteigende Zahlenwerte.

Lösung 6.5

- Ionisierungsenergie;
- Radon, Xenon, Krypton mit den geringsten Ionisierungsenergien; geeignete Partner wären Fluor und Sauerstoff mit den höchsten Elektronenaffinitäten.

Lösung 6.6

- Die Fähigkeit eines Atoms, im Molekül die Elektronen aus den von ihm ausgehenden Bindungen anzuziehen;
- durch Ionisierungsenergie und Elektronenaffinität der jeweiligen Elemente;
- EN wächst von den Alkalimetallen zu den Halogenen, aber fällt innerhalb einer Gruppe ab.

Lösung 6.7

$\Delta(\text{EN})$ klein \rightarrow kovalente Bindungen, groß \rightarrow polare Bindungen, Übergang zu Ionenbeziehung

Lösung 6.8

OZ: Vollständige Zuordnung der Bindungselektronen zum elektronegativeren Partner und Vergleich der sich ergebenden Elektronenzahlen mit denen im Grundzustand der Elemente, $[\text{NH}_4]^+$ mit: -3 für N und +1 für H;

FL: Häufige Zuordnung der Bindungselektronenpaare zu jedem Partner; Vergleich der sich ergebenden Elektronenzahlen mit denen im Grundzustand der Elemente, $[\text{NH}_4]^+$ mit +1 für N und ± 0 für H;

Bindigkeit: Anzahl der auf den jeweiligen Bindungspartner entfallenden Atombindungen, $[\text{NH}_4]^+$ mit Bindigkeit 4 für N und 1 für H

Lösung 6.9

PI_3 : schwach polare Atombindung, $\Delta(\text{EN})$ gering; AlF_3 : Ionenbeziehung, $\Delta(\text{EN})$ groß ($\gg 1,7$); CH_4 : unpolar, Atombindung, $\Delta(\text{EN})$ sehr gering; BaCl_2 : Ionenbeziehung, $\Delta(\text{EN})$ groß ($\geq 1,7$)

Lösung 6.10

$\text{LiH} + \text{HOH} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$: In LiH hat Wasserstoff die Oxidationszahl OZ -1 (\rightarrow Hydrid); er tritt mit einem Wasserstoff des Wassers (OZ = +1) zu molekularem Wasserstoff zusammen.

$\text{HCl} + \text{HOH} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$: In HCl hat Wasserstoff die OZ +1; mit Wasser entstehen hydratisierte Wasserstoff-Ionen $\text{H}^+_{(\text{aq})}$

Lösung 6.11

OZ = -2 in Schwefelwasserstoff H_2S , ± 0 in Schwefel S_8 , +2 in Natrium-thiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, +2,5 in Natriumtetrathionat $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$, +4 in Schwefeldioxid SO_2 , +6 in Schwefelsäure H_2SO_4

Lösung 6.12

-3: NH_3 Ammoniak; -2: N_2H_4 Hydrazin; -1: NH_2OH Hydroxylamin;

-1/3: HN_3 Stickstoffwasserstoffsäure; +1: N_2O Distickstoffoxid (Lachgas);

+2: NO Stickstoffmonoxid; +3: HNO_2 Salpetrige Säure; +4: NO_2 Stickstoffdioxid; +5: HNO_3 Salpetersäure

Lösung 6.13 (Ergänzungen *kursiv*)

Name	Bruttoformel	Oxidationszahlen der enthaltenen Elemente			
Ozon	O ₃				O: ±0
Natriumazid	NaN ₃	Na: +1	N: -1/3		
Ammoniumnitrit	NH ₄ NO ₂	N(NH ₄ ⁺): -3	N(NO ₂ ⁻): +3	H: +1	O: -2
<i>Natriumhydrogensulfit</i>	NaHSO ₃	Na: +1	S: +4	H: +1	O: -2
Lithiumhydrid	LiH	Li: +1		H: -1	
<i>Natriumnitrat</i>	NaNO ₃	Na: +1	N: +5		O: -2
Kaliumfluorid	KF	K: +1	F: -1		
<i>Schwefelsäure</i>	H ₂ SO ₄		S: +6	H: +1	O: -2
Eisen(III)-chlorid	FeCl ₃	Fe: +3	Cl: -1		
Wasserstoffperoxid	H ₂ O ₂			H: +1	O: -1

Kapitel 7**Lösung 7.1**

Zwei Kohlenstoff-Modifikationen; Graphit: Schichtengitter (Sechsecke, sp²-Hybrid), weich („Bleistift“), 1 Elektron je C-Atom delokalisiert, schwarz, Leiter; Diamant: Raumnetz mit vier gleichen Bindungen je Kohlenstoff (Tetraeder, sp³-Hybrid), extrem hart, farblos, Isolator

Lösung 7.2

Kohlenstoffdioxid CO₂: 8 Valenzelektronenpaare (VEP), 4 bindend, 4 nicht-bindend

→ 2 Doppelbindungen am C → dreiatomig linear O=C=O

Phosphorpentafluorid PF₅: 5 VEP, alle bindend → trigonale Bipyramide

Tetrachlorkohlenstoff CCl₄: 4 VEP, alle bindend → Tetraeder, Winkel 109,5°

Wasser H₂O: 4 VEP, 2 bindend, 2 nichtbindend → gewinkelt, Winkel <109,5°

Bortrifluorid BF₃: 3 VEP, alle bindend → trigonal eben, 120°

Schwefeldioxid SO₂: 9 VEP, 4 bindend, 5 nichtbindend (davon 1 VEP am S)

→ 2 Doppelbindungen, 1 freies EP → gewinkelt, Winkel <120°

Lösung 7.3

- Beim Vorliegen polarer Element-Wasserstoff-Bindungen, benachbart zu stark elektronegativen Atomen (F, O, N), z. B. in flüssigem Fluorwasserstoff HF_(l);
- Struktur Wasser/Eis (geringere Dichte Eis, Sprengen von Urgestein, Verwitterung); anomal hohe Siedetemperaturen von Fluorwasserstoff, Wasser, Ammoniak; Strukturstabilisierung von Bio-Molekülen

Lösung 7.4

- Volumenänderung beim Erstarren: Ausdehnung wegen Ausbildung voluminöser Eisstruktur;
- Druckabhängigkeit T_{fus}: Hoher Druck begünstigt Bildung der dichteren Phase, T_{fus} fällt ab

Lösung 7.5

Ethanol hat Wasserstoffbrücken, die zu einem weit stärkeren Zusammenhalt der Moleküle führen als die sonst nur verbliebenen van-der-Waals-Kräfte.

Lösung 7.6

- a) je 6;
- b) Ca 8, F 4;
- c) je 4;
- d) je 8

Lösung 7.7

Ternäre Oxide mit kubisch dichtgepackten Sauerstoffschichten: Perowskite AMO_3 , Prototyp CaTiO_3 ; Spinelle AM_2O_4 , Prototyp MgAl_2O_4 ; zur Position der Metalle A und M vgl. Tab. 7.6

Lösung 7.8

Schichtenfolge hexagonal dicht (hcp) ABABAB..., kubisch dicht (ccp) ABCABCABC...

Lösung 7.9

Fünfzählige und höhere als sechszählige Drehachsen

Lösung 7.10

Kristallsysteme: Unterschiede in Achsen (a, b, c) und Winkeln (α , β , γ); Kristallklassen: Unterschiede in der Kombination der Punktsymmetrieelemente; Raumgruppen: Einbeziehen der Translation und ihrer Kombinationen mit Punktsymmetrieelementen

Kapitel 8**Lösung 8.1**

- a) geschlossen;
- b) offen (Reagenzglas, Organismen), abgeschlossen (Universum, genähert: verschlossene Thermosflasche)

Lösung 8.2

$\text{O}_{2(\text{g})}$, $\text{C}_{(\text{Graphit})}$; alle anderen Stoffe entsprechen nicht dem Standardzustand bei Normalbedingungen

Lösung 8.3

Die Reaktionsenthalpie ist die Differenz der Bildungsenthalpien von Reaktionsprodukten und Ausgangsstoffen:

$$\Delta_r H_{(\text{AB}+\text{CD} \rightarrow \text{AD}+\text{BC})} = \Delta_f H_{\text{AD}} + \Delta_f H_{\text{BC}} - (\Delta_f H_{\text{AB}} + \Delta_f H_{\text{CD}})$$

Lösung 8.4

- a) +172,5 kJ/mol;
- b) endotherm;
- c) Druck \uparrow : CO-Ausbeute \downarrow ; Temperatur \uparrow : CO-Ausbeute \uparrow

Lösung 8.5

-3267,5 kJ/mol C_6H_6 (zur Bewertung s. 8.3.2, Beispiel 8.11)

Lösung 8.6

1,55 mol Al, entsprechend 41,9 g

Lösung 8.7

- a) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 5 \text{C}_{\text{Gr}} + 3 \text{SiO}_2 \rightarrow 3 \text{CaSiO}_3 + 2 \text{P}$ (bzw. $\frac{1}{2} \text{P}_4$) + 5 CO; $\Delta_r H^\circ = +1572$ kJ/mol;
- b) Stark endotherme Reaktion, Temperaturerhöhung begünstigt die Bildung der Produkte

Lösung 8.8

- a) Salze lösen sich exotherm (wasserfreies CaCl_2) für $\Delta_{\text{sol}} H > \Delta_G H$, endotherm ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) im anderen Fall;

- b) bei NaCl sind beide Terme etwa entgegengesetzt gleich;
- c) Einleiten von HCl-Gas in die kaltgesättigte Lösung (in der Kälte lösen sich Gase besser!) wirkt als „Zwang“ zur Ausfällung von Natriumchlorid

Lösung 8.9

Für die Bildung von einem Mol Bariumchlorid-dihydrat gilt:

$$\Delta_f H = \Delta_{\text{sol}} H(\text{BaCl}_2) - \Delta_{\text{sol}} H(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = (-8,46 - 21,54) \text{ kJ/mol} = -30,0 \text{ kJ/mol}$$

Lösung 8.10

1 mol H₂O $\hat{=}$ 2 mol Bindungen O-H \rightarrow Bindungsenergie O-H = 464 kJ/mol

Lösung 8.11

- a) $\Delta_f H = -1026,6 \text{ kJ/mol}$;
- b) Auf 1 mol TNT entfallen 3,5 mol CO und 3,5 mol C, deren Verbrennungsenthalpien sind: $\Delta_c H = 3,5 \Delta_f H(\text{CO}_2) + 3,5 \Delta_c H(\text{CO}) = -2367,8 \text{ kJ/mol}$;
- c) 500 kt TNT $\hat{=}$ $2,26 \cdot 10^{12} \text{ kJ}$; ein Atomkern liefert $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$, 1 kg ²³⁵U (= 4,26 mol) $8,22 \cdot 10^{10} \text{ kJ}$; es sind also 27,5 kg ²³⁵U enthalten

Lösung 8.12

- a) $\Delta_{\text{vap}} h^0$ (in kJ/g): Wasser 2,44, Ethanol 0,92, Diethylether 0,37;
- b) Starke Vernetzung der Wassermoleküle über 2 Brücken je Sauerstoff; bei Ethanol nur eine Brücke je Sauerstoff; bei Ether lediglich van-der-Waals-Wechselwirkungen

Kapitel 9**Lösung 9.1**

- a) Siedediagramm analog Bild 9-1b;
- b) $\Delta_{\text{mix}} H^0 = 0$, da die Wechselwirkungen zwischen allen Komponenten gleich sind;
- c) Siedediagramm analog zu Bild 9-1a

Lösung 9.2

Flüssigkeit und Dampf haben gleiche Zusammensetzung, eine destillative Trennung gelingt nicht; „azeotrope“ (\approx halbkonzentrierte) Salzsäure, „Primasprit“ (Ethanol 96 %, Wasser 4 %)

Lösung 9.3

- a) Eutektikum: Bei dem Schmelztemperaturminimum T_E koexistieren die festen Phasen A und B mit „eutektisch“ zusammengesetzter Schmelze; Dystektikum: Schmelztemperatur-Maximum, einen definierten Feststoff anzeigend (z. B. AB₂);
- b) das sehr feine Gefüge beider Phasen bewirkt meist günstige mechanische Eigenschaften

Lösung 9.4

- a) Ein solches Gemisch bildet unter Aufschmelzen von Eis eine gesättigte Lösung, deren eutektische Temperatur bei $-21 \text{ }^\circ\text{C}$ liegt;
- b) Die entstandenen Lösungen schaden der Vegetation und beschleunigen die Fahrzeugkorrosion.

Lösung 9.5

Vor dem Destillieren ist das verbliebene Wasser chemisch zu binden (z. B. durch Zugabe von Natriummetall oder durch längeres Kochen mit Branntkalk).

Kapitel 10

Lösung 10.1

- ΔG umfasst einen Enthalpie- und einen Entropieterm: $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$;
- $\Delta G < 0 \rightarrow$ die Reaktion sollte freiwillig ablaufen; $\Delta G > 0 \rightarrow$ freiwilliger Ablauf ist thermodynamisch unmöglich; $\Delta G = 0 \rightarrow$ Reaktion ist im Gleichgewicht

Lösung 10.2

Die klassische Thermodynamik liefert keinerlei Aussagen zu Reaktionszeit und -geschwindigkeit

Lösung 10.3

Die Entropie S eines Systems ist mit dessen Ordnungszustand verknüpft: Unordnung \uparrow , „Wahrscheinlichkeit“ \uparrow , Entropie \uparrow ; S wächst z. B. bei Volumenvergrößerung, beim Übergang $s \rightarrow l$, besonders aber bei $s \rightarrow g$ und $l \rightarrow g$.

Lösung 10.4

Durch die Fällung werden die zuvor an die Ionen fixierten Wassermoleküle frei; damit steigt die Teilchenzahl im System. Die damit verbundene Entropiezunahme ist oft stärker als die Entropieabnahme durch die Feststoffbildung.

Lösung 10.5

- $\Delta S > 0$, Zustand der stark verdünnten Lösung ist bei leichtlöslichen Salzen aus niedrig geladenen Ionen – trotz Fixierung von Wassermolekülen an die Ionen – meist „wahrscheinlicher“ als Ausgangszustand;
- $\Delta S > 0$, im Dampf liegt ein viel größeres Volumen vor;
- $\Delta S < 0$, Übergang Nahordnung zu Fernordnung;
- $\Delta S < 0$, da 4 mol Gasmischung nur 2 mol reinen Gases ergeben;
- $\Delta S > 0$, entscheidend ist Zuwachs des Gasvolumens;
- $\Delta S > 0$, Zunahme der Teilchenzahl durch Abbau der Hydrathülle bei der Chelatbildung

Lösung 10.6

Sowohl Fällung als auch Chelateffekt setzen Wassermoleküle aus den Hydrathüllen der Ionen frei \rightarrow Zunahme der Teilchenzahl \rightarrow Entropiezunahme

Lösung 10.7

$\Delta_{\text{mix}} G^0 < 0$; zwar Mischungs-Enthalpie = 0 (Aufg. 9.1b), aber Entropie > 0

Lösung 10.8

- Die Verbrennung bleibt kinetisch gehemmt bis zur Überwindung der Aktivierungsenergie;
- Zünden durch Katalysator (z. B. Platinkontakt) oder elektrischen Funken

Lösung 10.9

- $2 \text{NO} + 2 \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + 2 \text{CO}_2$; $\Delta_r H^0 = -747 \text{ kJ/mol}$;
- I: $\Delta_r S^0 = -198 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$, $\Delta_r G^0 = -688 \text{ kJ/mol} \ll 0 \rightarrow$ die Reaktion sollte freiwillig ablaufen; II: $\Delta_r G^0$ wird weniger stark negativ;
- Reaktionshemmung (\rightarrow Katalysator, erhöhte Temperatur nötig)

Lösung 10.10

Sie sollten – wie alle Reaktionen – freiwillig ablaufen für $\Delta G < 0$; alle Sublimations-, Verdampfungs-, Zersetzungs Vorgänge, sofern $|T \cdot \Delta S| > \Delta H$

Kapitel 11

Lösung 11.1

- a, b) keine Reaktion;
c) Silber fällt aus, Zink-Ionen Zn^{2+} gehen in Lösung

Lösung 11.2

Redoxpaar (s. Tab. 11.1): $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$; Nernstsche Gleichung: $E_{\text{eq}} = E^\circ + \{0,059 \text{ V} / 5\} \cdot \lg a^8(\text{H}^+)$; bei $\text{pH} = 0$ gilt wegen $a(\text{H}^+) = 1$ das Standardpotential E_{eq} ; für $\text{pH} = 7$ folgt $E_{\text{eq}} = 1,51 \text{ V} + \{0,059 \text{ V} / 5\} \cdot (-56) = (1,51 - 0,66) \text{ V} = +0,85 \text{ V}$

Lösung 11.3

Bei 99 % ist $[\text{Cl}^-] = 10^{-4} \text{ mol/l}$ ($\text{pCl} = 4$) und $[\text{Ag}^+] = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$ ($\text{pAg} = 5,77$); bei 101 % gilt umgekehrt $\text{pCl} = 5,77$ und $\text{pAg} = 4$; nach der Nernstschen Gleichung $\rightarrow \Delta E = 0,059 \text{ V} \cdot \Delta \lg[\text{Ag}^+] = 0,059 \text{ V} \cdot (-1,77) = 0,1044 \text{ V} \approx 104 \text{ mV}$

Lösung 11.4

$K = 1$; entsprechend Gl. 11.11 wird $\Delta_r G^0 = 0$ für $K_{\text{eq}} = 1$

Lösung 11.5

Ursache ist die „Überspannung“ für die Abscheidung von Wasserstoff an Blei

Lösung 11.6

- a) 63,54 g Cu (1 mol);
b) 32,69 g Zn ($\frac{1}{2}$ mol);
c) 18,48g Fe ($\frac{1}{3}$ mol);
d) 8,67 g Cr ($\frac{1}{6}$ mol)

Lösung 11.7

Die Ladung $240 \text{ A} \cdot \text{s} \triangleq 0,002487 \text{ mol} \approx 2,5 \text{ mmol}$ Elektronen; a) $1,25 \text{ mmol H}_2 \triangleq 2,52 \text{ mg}$, $0,625 \text{ mmol O}_2 \triangleq 20 \text{ mg}$; b) je $2,5 \text{ mmol}$, entsprechend $492,6 \text{ mg Au}$ und $269,6 \text{ mg Ag}$; c) $1,25 \text{ mmol F}_2 \triangleq 47,5 \text{ mg}$

Kapitel 12

Lösung 12.1

zunächst Carbonatbildung: $2 \text{M}^1\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{M}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; bei CO_2 -Überschuß auch Bildung der Hydrogencarbonate M^1HCO_3

Lösung 12.2

Säuren: Neutral- (HCN , H_2O , H_3PO_4 , NH_3); Kation- ($[\text{Al}(\text{OH})_2(\text{OH})_2]^+$, NH_4^+ , H_3O^+); Anion- (HCO_3^- , HSO_4^- , HPO_4^{2-}). Basen: Neutral- (H_2O , NH_3); Kation- ($[\text{Al}(\text{OH})_2(\text{OH})_2]^+$); Anion- (HCO_3^- , HSO_4^- , HPO_4^{2-}). Ampholyte: H_2O , HCO_3^- , $[\text{Al}(\text{OH})_2(\text{OH})_2]^+$, HSO_4^- , NH_3 , HPO_4^{2-}

Lösung 12.3

$[\text{H}^+]$ in mol/l:

- a) $2,0 \cdot 10^{-2}$;
b) $1,6 \cdot 10^{-10}$

Lösung 12.4

$K_{\text{Hac}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} = [\text{H}^+][\text{ac}^-]/[\text{Hac}]$; $K_{\text{Hac}} \cdot [\text{Hac}] = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^2/\text{l}^2 = [\text{H}^+][\text{ac}^-] = [\text{H}^+]^2$; $[\text{H}^+]^2 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^2/\text{l}^2$; $[\text{H}^+] = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$; $\text{pH} = 2,88$; $\alpha = 0,0133 = 1,33 \%$; die Näherung für $[\text{Hac}] (\approx c_{\text{Hac}})$ ist erlaubt, da nur gut 1 % der Säure dissoziiert

Lösung 12.5

pH für...

- a) > 7 ;
- b) $= 7$;
- c) < 7 ;
- d) $= 7$

Lösung 12.6pH-Werte: 3 (Essigsäure), 11 (K_2CO_3), 1 (Salzsäure), 13 (NaOH), 7 (KCl)**Lösung 12.7**pK_S der Indikatorsäure HInd sollte etwa übereinstimmen mit pH am ÄP: $pK_{HInd} = pH_{\text{ÄP}}$ **Lösung 12.8**Der Äquivalenzpunkt liegt bei pH > 7 → nur Phenolphthalein ist geeignet**Lösung 12.9**
 NH_4^+/NH_3 , $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$, HPO_4^{2-}/PO_4^{3-} , „ $H_2CO_3^*/HCO_3^-$ “, HCO_3^-/CO_3^{2-} , $H_3C-COOH/H_3C-COO^-$,
 $H-COOH/H-COO^-$
Lösung 12.10Pufferwirkung ist optimal bei pH = pK_S der Brønstedsäure:

- a) 4,75;
- b) 9,25;
- c) 7,2;
- d) 10,3

Lösung 12.11

- a) $Hac + OH^- \rightarrow ac^- + H_2O$;
- b) Die Ausgangslösung enthält 50 mmol Hac. Dazu kommen 25 mmol NaOH. Es ergibt sich eine Pufferlösung mit $[Hac] = [ac^-]$; dort ist pH = pK = 4,75;
- c) vgl. Bild 12-1b;
- d) die Zugabe von 2,5 mmol HCl verschiebt das Verhältnis Hac : ac⁻ (in mmol) von 25 : 25 auf 27,5 : 22,5 (das entspricht 5,5:4,5 mmol/l) → pH = pK + lg(4,5 : 5,5) = 4,66

Lösung 12.12

- a) 6,25 ml NaOH enthalten 0,625 mmol Ionen OH⁻, binden also 0,625 mmol Protonen je 250 ml Wasser; 1 l enthält 2,5 mmol; also $[H^+] = 2,5 \cdot 10^{-3}$ mol/l;
- b) 2,60;
- c) Eisen(III)-Ionen sind in wässriger Lösung ziemlich starke Brønsted-Säuren (Tab. 12.1)

Lösung 12.13

- a) $[H_3O^+] = 10^{-2}$ mol/l; $30 \text{ m}^3 \triangleq 300 \text{ mol } H_3O^+ \rightarrow 150 \text{ l Kalilauge}$;
- b) der pH-Wert 12 entspricht bei 25 °C einem Wert [OH⁻], der identisch ist mit [H₃O⁺] bei pH = 2 → 150 l Salzsäure

Kapitel 13

Lösung 13.1

- Lösungen im Gleichgewicht mit dem Bodenkörper;
- Wegen kinetischer Hemmung der an sich überfälligen Kristallisation ist Sättigungskonzentration überschritten;
- Zugabe von Impfkriställchen oder Fremdkeimen, oft schon durch mechanische Erschütterung

Lösung 13.2

- $[\text{Cu}^+] = (3 \cdot 10^{-12} \text{ mol}^2/\text{l}^2)^{-1/2} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$;
- $[\text{I}^-] = 10^0 \text{ mol/l}$; $\rightarrow [\text{Cu}^+] = 3 \cdot 10^{-12} \text{ mol/l}$

Lösung 13.3

$L(\text{CaSO}_4) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{l}^2$; für die Gesamtlösung (300 ml) gilt: $[\text{Ca}^{2+}] = (200/300) \cdot 10^{-3} \text{ mol/l} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$, $[\text{SO}_4^{2-}] = (100/300) \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$; das Produkt $[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$ ist mit $2,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ viel kleiner als $L(\text{CaSO}_4)$; CaSO_4 fällt nicht aus

Lösung 13.4

- $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2 \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$;
- $[\text{S}^{2-}] = K_{\text{S}(1,2)}(\text{H}_2\text{S}) \cdot [\text{H}_2\text{S}] / [\text{H}^+]^2 = (10^{-22} \cdot 0,1/10^{-2}) \text{ mol/l} = 10^{-21} \text{ mol/l}$;
- $[\text{Pb}^{2+}]_{\text{min}} = 10^{-7} \text{ mol/l}$

Lösung 13.5

- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$; $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$; die Konzentration $[\text{OH}^-]$ reicht aus für die Fällung;
- $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 6 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Zn}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2 \text{OH}^-$; NH_3 -Überschuß begünstigt die Komplexbildung;
- $[\text{OH}^-]$ fällt durch die Pufferwirkung stark ab, es erfolgt von vornherein nur Komplexbildung

Lösung 13.6

- Ethylendiamin-tetraessigsäure; Formel s. Bild 13-2;
- EDTE bildet als sechszähliger Chelat-Ligand sehr stabile 1:1-Komplexe mit den meisten Kationen; der Äquivalenzpunkt ist dementsprechend scharf;
- die Komplexstabilität ist sehr stark erhöht gegenüber der von Komplexen mit einzähligen Liganden, und zwar durch die positive Reaktionsentropie und den entsprechend stärker negativen Wert der freien Reaktionsenthalpie (s. Aufg. 10.6)

Lösung 13.7

Komplexbildung erfolgt im Verhältnis Kation : Ligand = 1:1;

- 10,00 ml (EDTE-Lösung ist 5x stärker als die der Ca^{2+} -Ionen);
- ebenfalls 10,00 ml EDTE (Lösung ist zweimal stärker als die der Al^{3+} -Ionen)

Lösung 13.8

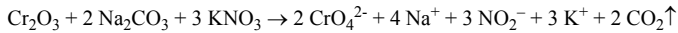
Für Ni(II) werden 20 ml EDTE ($c_{\text{EDTE}} = 0,05 \text{ mol/l}$) benötigt; das entspricht gerade $n(\text{Ni}^{2+}) = 1 \text{ mmol}$; somit enthalten 50 ml Ausgangslösung 1 mmol Ni(II), d. h.: $[\text{Ni}^{2+}] = 1,0 \text{ mmol}/50 \text{ ml} \equiv 0,02 \text{ mol/l}$

Kapitel 14

Lösung 14.1

- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KX} \rightarrow \text{HX} \uparrow + \text{KHSO}_4$ ($\text{X} = \text{F}, \text{Cl}$);

- b) partiell: $3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{KBr} \rightarrow \text{Br}_2\uparrow + \text{SO}_2\uparrow + 2 \text{KHSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$;
 c) partiell: $9 \text{H}_2\text{SO}_4 + 8 \text{KI} \rightarrow 4 \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 8 \text{KHSO}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$

Lösung 14.2**Lösung 14.3**

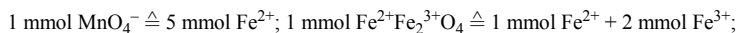
- a) $2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{CuI}\downarrow + \text{I}_2$; $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$;
 b) $2 \text{mol Cu}^{2+} \triangleq 2 \text{mol S}_2\text{O}_3^{2-}$; 1 ml Maßlösg. $\triangleq 0,1 \text{ mmol S}_2\text{O}_3^{2-} \triangleq 0,1 \text{ mmol Cu}^{2+} = 6,354 \text{ mg Cu}^{2+}$

Lösung 14.4

- a) $2 \text{MnO}_4^- + 16 \text{H}^+ + 5 \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2\uparrow + 8 \text{H}_2\text{O}$;
 b) $M_{\text{ox}} = 88 \text{ g/mol}$; $100 \text{ mg} \triangleq 1,136 \text{ mmol}$; 1 mol MnO_4^- oxidiert 2,5 mol ox; $1,136 \text{ mmol ox} \triangleq 0,4544 \text{ mmol MnO}_4^- \triangleq 0,4544 / 0,02 \text{ ml}^{-1} = 22,72 \text{ ml Maßlösung}$;
 c) Selbstindizierung durch Eigenfarbe von MnO_4^-

Lösung 14.5

- a) $3 \text{AsO}_3^{3-} + \text{BrO}_3^- \rightarrow 3 \text{AsO}_4^{3-} + \text{Br}^-$; $3 [\text{Sb}(\text{OH})_4^-] + \text{BrO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 [\text{Sb}(\text{OH})_6^-] + \text{Br}^-$;
 b) Das starke Oxidationsmittel Brom zerstört den Indikator

Lösung 14.6

- a) 10 ml MnO_4^- -Verbrauch (0,2 mmol);
 b) 30 ml MnO_4^- (0,6 mmol)

Lösung 14.7

- a) $4 \text{Au} + 8 \text{CN}^- + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 [\text{Au}(\text{CN})_2]^- + 4 \text{OH}^-$; $2 [\text{Au}(\text{CN})_2]^- + \text{Zn} \rightarrow 2 \text{Au} + [\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$;
 b) Cyanid und Cyanwasserstoff („Blausäure“) sind hochtoxisch (s. 23.2.2)

Kapitel 15**Lösung 15.1**

Wasser siedet in 3000 m Höhe bei etwa 90 °C; die Reaktion ist wesentlich langsamer (s. Aufg. 15.8)

Lösung 15.2

- a) insgesamt: 3. Ordnung;
 b) bezüglich A 1., hinsichtlich B 2. Ordnung

Lösung 15.3

- a) Reaktion 1. Ordnung;
 b) Reaktion 2. Ordnung

Lösung 15.4

Rohrzucker (RZ), Gl. 15.11: Aus $[\text{RZ}]_0 = 100$ und $[\text{RZ}]_t = 82$ sowie aus $t = 1800 \text{ s}$ folgt $k = 1,1025 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$; mit k und $[\text{RZ}]_t = 25$ ergibt sich $t_{75} = 210 \text{ min}$

Lösung 15.5

2. Ordnung ($1/[\text{Ester}]$ gegen $t \rightarrow$ Gerade); Geschwindigkeitskonstante $k \approx 8,1 \cdot 10^{-2} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Lösung 15.6

100 mg Nitr(y)amid (NA) $\hat{=}$ 1,612 mmol; beim Zerfall entstehen identische Stoffmengen N_2O und H_2O ;
 12,38 ml N_2O (288 K, 1 bar) $\hat{=}$ 0,517 mmol; Gl. 15.11 gibt für $[\text{NA}]_{70} = 1,095$ mmol und $[\text{NA}]_0 = 1,612$ mmol
 bei $t = 4200$ s ein $k = 9,20 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;

Einsetzen von k und $\frac{1}{2} [\text{NA}]_0$ für $[\text{NA}]_t$ in Gl. 15.11 ergibt dann als Halbwertszeit $t_{1/2} = 2 \text{ h } 5 \text{ min}$

Lösung 15.7

Aus einer Wertetabelle mit $\ln k$ und $10^3/T$ und dem zugehörigen Diagramm folgt die Geradengleichung $\ln k = 28,79 - 29,737 \cdot 10^3/T$. Aus dem Anstieg, $29,737 = E_a \cdot 10^{-3} \cdot K/R$, ergibt sich mit $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ein $E_a \approx 250 \text{ kJ/mol}$ (die Verwechslung zwischen der Konstanten k und der absoluten Temperatur in K ist zu vermeiden)

Lösung 15.8

Aus je 2 Wertepaaren von $\ln k$ ($\ln 2k$, $\ln 3k$; k beliebig) und $1/T$ (T in Kelvin = 298, 308; 363, 373) können die Anstiege ermittelt und analog zu Aufg. 15.7 die E_a -Werte (in kJ/mol) berechnet werden:

- $k \rightarrow 2k$: $E_a \approx 53$; $k \rightarrow 3k$: $E_a \approx 83$;
- entsprechend, $k \rightarrow 2k$: $E_a \approx 78$; $k \rightarrow 3k$: $E_a \approx 123$

Lösung 15.9

- $K_{\text{eq}} = 62 \pm 20$;
- $K_{\text{eq}} = k_{\text{h}}/k_{\text{r}} = 0,14 \text{ l}/(\text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}) / 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ l}/(\text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}) = 56$

Lösung 15.10

$t_{1/2} (^{238}\text{U}) = 4,56 \cdot 10^{+9} \text{ a}$ (die Stoffmengen verhalten sich reziprok zu den Zeiten $t_{1/2}$)

Lösung 15.11

- Reaktion 1. Ordnung: Die Auftragung von $\ln[\text{BB}]_t$ über t ergibt eine Gerade, nicht dagegen die von $1/[\text{BB}]_t$ über t (was einer Reaktion 2. Ordnung entspräche);
- Geschwindigkeitskonstante $k = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;
- $t_{1/2} = 13 \text{ h } 15 \text{ min}$

Kapitel 18**Lösung 18.1**

Die ortho-Moleküle H_2 , D_2 , T_2 , HD , HT , DT ; die entsprechenden para-Moleküle; die Atome H, D, T; die Kationen H^+ , D^+ , T^+ und die Anionen H^- , D^- und T^- - insgesamt also 21 Spezies!

Lösung 18.2

Die $\text{p}K_{\text{S}}$ -Werte betragen:

HClO_3	≈ 0
HClO_2	2
H_4SiO_4	≈ 10
H_3PO_4	≈ 2

Lösung 18.3

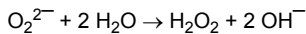
Elektrolytisch gewonnener Wasserstoff ist stets an Deuterium verarmt und hat darum eine etwas geringere Dichte als der durch Kohlevergasung hergestellte, „natürliche“ Wasserstoff.

Kapitel 19

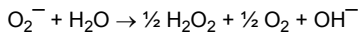
Lösung 19.1

Weil das Li^+ -Ion das kleinste Kation der Alkalimetalle ist, wird bei dessen Umhüllung mit Wassermolekülen im Vergleich zu den anderen Alkalimetall-Ionen die größte Hydratisierungsenergie freigesetzt, was die Reaktion des Lithiums mit Wasser stark begünstigt. Diese Reaktionstendenz wird in einem stark negativen Standardpotential widerspiegelt.

Lösung 19.2



Lösung 19.3



Kapitel 20

Lösung 20.1

Jedes der 8 Eck-Ionen gehört 8 Elementarzellen, jedes der 6 flächenzentrierenden Ionen 2 Elementarzellen an, während die 8 F^- -Ionen vollständig der betrachteten Elementarzelle zuzurechnen sind. So resultiert für die Elementarzelle die Formel $\text{Ca}_{8/8}\text{Ca}_{6/2}\text{F}_8 = \text{CaF}_2$.

Lösung 20.2

Weil die Valenzelektronen der Erdalkalimetallatome auf Grund der niedrigen Kernladung und der großen Entfernung dieser Elektronen vom elektrostatisch positiv geladenen Atomkern nur relativ locker gebunden sind und darum schon durch die verhältnismäßig niedrige Energie der Gasflamme angeregt werden.

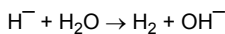
Lösung 20.3

Aragonit; Calciumcarbonat; CaCO_3 .

Lösung 20.4

Weil bei dieser Behandlung die Cl^- -Ionen schon in beträchtlichem Maße mit den Wasserstoffatomen des Wassermoleküle reagieren, so daß bei dem Versuch, Magnesiumchlorid-hexahydrat durch Erwärmen zu entwässern, nicht nur Wasserdampf, sondern auch gasförmiger Chlorwasserstoff entweicht. Dadurch entsteht als fester Rückstand nicht MgCl_2 , sondern ein Magnesiumoxid-hydroxid-chlorid, dessen chemische Zusammensetzung von den Bedingungen des thermischen Prozesses, wie Aufheizgeschwindigkeit, Endtemperatur und Heizdauer, abhängt.

Lösung 20.5



Lösung 20.6

Der Schwerspat, Bariumsulfat, BaSO_4 , muß zunächst mit Kohlenstoff zu Bariumsulfid reduziert werden (Gl. 1), und dieses wird mit Salzsäure umgesetzt (Gl. 2). Die Reaktionsgleichungen:



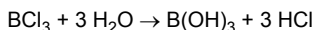
Kapitel 21

Lösung 21.1

Borate sind Salze von Borsäuren, Boranate Salze mit dem Tetrahydridoborat-Anion $[\text{BH}_4]^-$.

Lösung 21.2

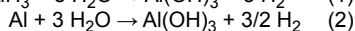
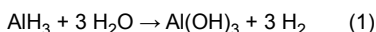
Die Borsäure stammt aus den Exhalationen des Vulkans, was darauf beruht, daß Borsäure mit Wasserdämpfen flüchtig ist.

Lösung 21.3

Das Bortrichlorid reagiert heftig und exotherm mit dem Wasser. Dabei bildet sich Salzsäure und Borsäure, welche auskristallisiert.

Lösung 21.4

In jeder der beiden Reaktionen werden Wasserstoff, H_2 , und Aluminiumhydroxid, Al(OH)_3 , gebildet. Die Reaktionsgleichungen sind:



Der Unterschied besteht darin, daß pro mol Al(OH)_3 gemäß Gl. 1 doppelt so viel Wasserstoff entwickelt wird wie nach Gl. 2.

Lösung 21.5

- Eine gewogene Probe m_1 des Gemenges wird mit verdünnter Salzsäure einige Zeit stehengelassen, filtriert, mit Aqua chloridfrei gewaschen und getrocknet. Der Rückstand wird gewogen: m_2 . Die Massedifferenz $m_1 - m_2$ ist gleich der Masse an metallischem Aluminium.
- Im Kolben einer geschlossenen Apparatur wird eine gewogene Probe des Gemenges mit verdünnter Salzsäure übergossen. Dann wird das Volumen des entwickelten Wasserstoffs gemessen und daraus die Masse des Aluminiums berechnet.

Lösung 21.6

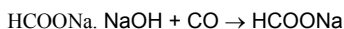
Die Größen der Ionenradien von Ga^{3+} -Ionen und Al^{3+} -Ionen sind sehr ähnlich, so daß Ga^{3+} -Ionen die Al^{3+} -Ionen auf deren Gitterplätzen in den Aluminiumsilicaten und im Bauxit ersetzen können.

Lösung 21.7

- TlCl_2 stellt eine verknäppte Darstellung der Formel von Thallium(I)-tetrachlorothallat(III) $\text{Tl}^I[\text{Tl}^III\text{Cl}_4]$ dar;
- Analog entspricht Tl_2Cl_3 dem Tri-Thallium(I)-hexachlorothallat(III) $\text{Tl}_3^I[\text{Tl}^III\text{Cl}_6]$.

Kapitel 22**Lösung 22.1**

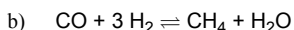
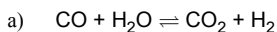
Es entsteht das Natriumsalz der Ameisensäure, Natriumformiat,



Bedingungen: Erhöhte Temperatur und CO-Druck.

Lösung 22.2

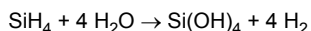
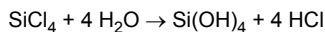
Die Ursache dafür ist die außerordentlich große Stabilität des Graphitgitters.

Lösung 22.3**Lösung 22.4**

Bortrichlorid – Borsäure; Kohlenstofftetrachlorid – Kohlensäure; Carbonylchlorid (Phosgen) – Kohlensäure; Formylchlorid – Ameisensäure; Siliciumtetrachlorid – Kieselsäure; Sulfurylchlorid – Schwefelsäure.

Die Formeln sind in der Tabelle angegeben:

Säurechlorid	BCl_3	CCl_4	COCl_2	HCOCl	SiCl_4
Säure	B(OH)_3	H_2CO_3	H_2CO_3	HCOOH	Si(OH)_4

Lösung 22.5**Kapitel 23****Lösung 23.1**

In alkalischer Lösung. Das gilt allgemein für protonenabhängige Redoxgleichgewichte: Die OH^- -Ionen stehen stets auf der Seite des Reduktionsmittels, die Protonen stets zusammen mit den Elektronen auf der Seite des Oxidationsmittels.

Lösung 23.2

$\text{N}_4\text{H}_4 = (\text{NH}_4)\text{N}_3$, Ammoniumazid; $\text{N}_5\text{H}_5 = (\text{N}_2\text{H}_5)\text{N}_3$, Hydraziniumazid.

Lösung 23.3

-1/3.

Lösung 23.4

Verbindung	Bindigkeit	Oxidationszahl	Koordinationszahl
NH_3	3	-3	3
NH_4^+	4	-3	4
NCl_3	3	-3	3
N_2H_4	3	-2	3
NH_2OH	3	-1	3
HNO_2	3	+3	2
HNO_3	4	+5	3

Lösung 23.5

Bindigkeit: 5; Oxidationszahl: +5; Koordinationszahl: 4.

Lösung 23.6

Das Phosphor(V)-oxid, P_4O_{10} .

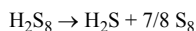
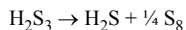
Kapitel 24**Lösung 24.1**

- In jeder der beiden Reaktionen wird Sauerstoff entwickelt.
- Die Lösung der Hyperoxide wird alkalisch. Die Lösung der Dioxygenylverbindung wird sauer.
- In jeder der beiden Reaktionen entsteht eine Lösung, die Iodid zu Iod oxidiert.
- $$\text{O}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{OH}^-$$

$$\text{O}_2^+ + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_3\text{O}^+$$

Lösung 24.2

- a) Die durchschnittliche Oxidationszahl des Schwefels beträgt: Im Trisulfan, H_2S_3 : $-2/3$; im Octasulfan, H_2S_8 : $-1/4$.
- b) Die Disproportionierungsprodukte sind Schwefelwasserstoff und Schwefel:

**Lösung 24.3**

Sulfite,	Na_2SO_3	–	schweflige Säure,	H_2SO_3 ,
Nitrite,	NaNO_3	–	salpetrige Säure,	HNO_2 ,
Orthosilicate,	Na_4SiO_4	–	Orthokieselsäure,	H_4SiO_4 ,
Hypochlorite,	NaOCl	–	hypochlorige Säure,	HOCl .

Lösung 24.4.

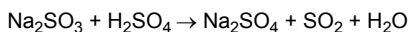
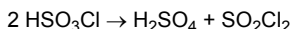
- a) Orthoborsäure - H_3BO_3 , Kohlensäure - H_2CO_3 , Essigsäure - CH_3COOH , Orthokieselsäure - H_4SiO_4 , salpetrige Säure - HNO_2 , Salpetersäure - HNO_3 , Orthophosphorsäure - H_3PO_4 , phosphorige Säure - H_3PO_3 , Schwefelsäure - H_2SO_4 , schweflige Säure - H_2SO_3 .
- b) Bortrichlorid - BCl_3 , Carbonylchlorid - COCl_2 , Acetylchlorid - CH_3COCl , Siliciumtetrachlorid - SiCl_4 , Nitrosylchlorid - NOCl , Nitrylchlorid - NO_2Cl , Phosphoroxidchlorid - POCl_3 , Phosphortrichlorid - PCl_3 , Sulfurylchlorid - SO_2Cl_2 , Chlorschwefelsäure - HSO_3Cl , Thionylchlorid - SOCl_2 .

Lösung 24.5

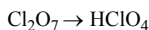
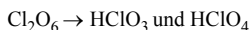
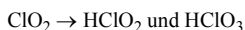
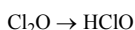
- a) Durch den Geruch.
- b) Durch die Ausfällung schwerlöslicher, charakteristisch gefärbter Metallsulfide, z. B. Bleisulfid PbS – schwarz; Quecksilbersulfid HgS – schwarz; Cadmiumsulfid CdS – gelb; Zinksulfid ZnS – weiß.

Lösung 24.6

Es wird ein stechend riechendes Gas entwickelt, das sich als Schwefeldioxid erweist.

**Lösung 24.7**

Es handelt sich um eine Dismutierung der Chlorschwefelsäure.

Kapitel 25**Lösung 25.1****Lösung 25.2**

In der hypochlorigen Säure liegt das Cl-Atom in der Oxidationsstufe +1 vor. Die bei der Disproportionierung gebildeten Verbindungen gehören demnach den Oxidationsstufen –1 und +3 an. Es entstehen Chlorwasserstoff, HCl , und Chlorsäure, HClO_3 .

Lösung 25.3

Weil nach den Nomenklaturregeln in binären Verbindungen stets das elektronegativere Element die Endsilbe -id trägt und Fluor das elektronegativste Element überhaupt ist.

Lösung 25.4

Weil in wäßriger Lösung stets auch OH^- -Ionen anwesend sind und diese sich wesentlich leichter oxidieren lassen als F^- -Ionen, so daß stets O_2 anstatt F_2 entwickelt würde.

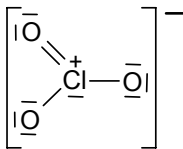
Lösung 25.5

- a) Fluorwasserstoff und Sauerstoff.
 b) Chlorwasserstoff und hypochlorige Säure.
 a) $\text{F}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HF} + \frac{1}{2} \text{O}_2$
 b) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HOCl}$

Fluor als das Element mit der höchsten Elektronegativität entreißt allen anderen Verbindungen ihren Wasserstoff.

Lösung 25.6

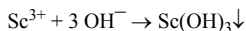
Die Valenzstrichformel sieht folgendermaßen aus:



Das Chlorat-Ion ist pyramidal gebaut, ganz analog dem Sulfit-Ion. Nach der VSEPR-Theorie ist das einsame Elektronenpaar am Cl-Atom als Ligand, das Cl-Atom damit als tetrakoordiniert aufzufassen.

Kapitel 26**Lösung 26.1**

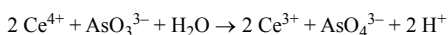
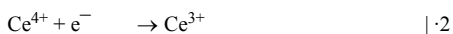
Scandiumchlorid, ScCl_3 , ähnelt stark dem Aluminiumchlorid, AlCl_3 . Dementsprechend erscheint schon nach den ersten Tropfen Lauge ein schleimiger Niederschlag von Scandiumhydroxid, $\text{Sc}(\text{OH})_3$, dessen Menge allmählich zunimmt. Bei weiterem Laugezusatz beginnt er sich infolge der Bildung löslicher Hexahydroxoscandiat-Ionen langsam wieder aufzulösen, denn Scandiumhydroxid ist, wie Aluminiumhydroxid, amphoter.

**Lösung 26.2**

Unter starker Wärmeentwicklung bildet sich eine Suspension. Der Bodenkörper besteht aus Lanthanhydroxid, $\text{La}(\text{OH})_3$, die Lösung ist stark alkalisch.

Kapitel 27**Lösung 27.1**

Die Energie für die Entfernung jeweils eines Elektrons aus den Eu^{2+} - und Yb^{2+} -Ionen ist besonders groß, weil dabei die stabilen f^7 - bzw. f^{14} -Konfigurationen angegriffen werden müssen, bei den Gd^{2+} - und Lu^{2+} -Ionen dagegen besonders klein, weil das einzelne 5d-Elektron besonders locker gebunden ist.

Lösung 27.2

Kapitel 28

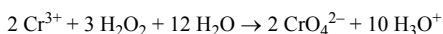
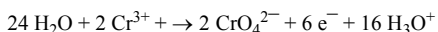
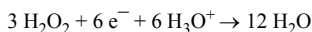
Lösung 28.1

Diese Beständigkeit des Titans beruht auf der Passivierung der Metalloberfläche.

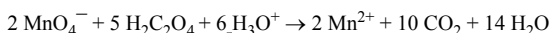
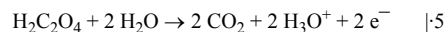
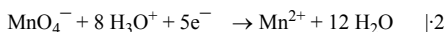
Lösung 28.2

Das Cr^{6+} -Ion hat einen viel kleineren Radius als das V^{5+} -Ion: Cr^{6+} 26 pm; V^{5+} 54 pm.

Lösung 28.3



Lösung 28.4

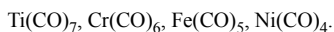


Lösung 28.5

Die höherwertigen Kationen eines Elements sind stets kleiner, *härter*, als die niederwertigen. Dementsprechend haben Fe^{3+} -Ionen eine höhere Polarisationskraft als Fe^{2+} -Ionen und stoßen dadurch die Protonen der komplex gebundenen H_2O -Moleküle stärker ab.

Lösung 28.6

Das ist darauf zurückzuführen, daß nur die stabilsten Carbonyle gebildet werden und das sind diejenigen, in denen die Zentralatome Edelgaskonfiguration haben. Da jedes CO-Molekül 2 Elektronen in die Bindung einbringt, können nur Metallatome mit einer geraden Anzahl von Valenzelektronen die 18er Schale des Kryptons erreichen. Dementsprechend sind die Formeln:



Lösung 28.7

Für den ersten Fall (FeCl_2) werden die Protonen im HCl-Gas, für den zweiten Fall (FeCl_3) wird Chlor eingesetzt.

Kapitel 29

Lösung 29.1

- Wolfram,
- Tantalcarbid, TaC;
- Diamant.

Lösung 29.2

Die beiden Elemente treten darum stets vergesellschaftet auf, weil ihre Ionenradien infolge der Lanthanoidenkontraktion nahezu gleich groß sind.

Lösung 29.3

Zirkon wird durch eine Passivierungsschicht vor dem Säureangriff geschützt.

Kapitel 30

Lösung 30.1

Die Elemente der Platingruppe gehören zu den Edelmetallen. Das bedeutet, daß sie als Elemente reaktionsträge und damit nur schwer in Verbindungen zu überführen sind und, umgekehrt, die Verbindungen unter Abscheidung des Metalls leicht zerfallen und auch leicht reduziert werden können.

Lösung 30.2

Das edelste Platinmetall ist Iridium. Dessen edler Charakter drückt sich klar in seinem Standardpotential aus: Dieses hat den größten positiven Wert aller Platinmetalle.

Lösung 30.3

Die eine Ursache ist in den atomaren Größenverhältnissen zu sehen, infolge derer die O-Atome in der Lage sind, das Zentralatom in tetraedrischer Koordination zu umgeben und es dabei einzuhüllen. Die zweite Ursache liegt in der ausgeglichenen Elektronenbilanz, auf Grund derer neutrale MO_4 -Moleküle resultieren. Beide Ursachen führen dazu, daß *zwischen* den MO_4 -Molekülen (*intermolekular*) nur schwache van-der Waals-Kräfte herrschen, die schon bei relativ niedrigen Temperaturen überwunden werden, also zu niedrigen Schmelz- und Siedetemperaturen führen.

Lösung 30.4

Palladium hat als einziges Metall in diesem Ausmaß die Fähigkeit, relativ große Volumina an Wasserstoff in fester Lösung aufzunehmen, auf die gelösten H_2 -Moleküle partiell Elektronen zu übertragen und damit den Wasserstoff chemisch zu aktivieren.

Kapitel 31

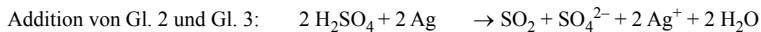
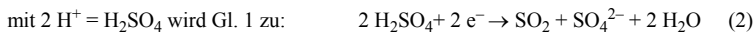
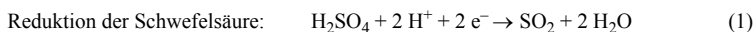
Lösung 31.1

Cu^{2+} -Ionen haben ein größeres Ionenpotential $\varphi = n \cdot e/r$ als Cu^+ -Ionen, wie man aus den Radien für die Tetrakoordination ersieht: Cu^{2+} 57 pm, Cu^+ 60 pm. Darum ergeben Cu^{2+} Ionen mit dem harten Liganden H_2O eine größere Hydratationsenergie als Cu^+ -Ionen. In Komplexen mit vier weichen Liganden dagegen erreichen die Cu^+ -Ionen die besonders stabile Edelgaskonfiguration (Krypton), die Cu^{2+} -Ionen aber nicht.

Lösung 31.2

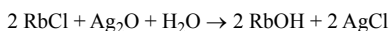
Im Cu-Atom ist das 3d-Orbital mit 10 Elektronen voll besetzt und damit energetisch relativ stabil. Dagegen ist das einzelne 4s-Elektron des Cu-Atoms nur locker gebunden und durch Oxidation leicht zu entfernen, wobei die Cu^+ -Stufe entsteht.

Lösung 31.3



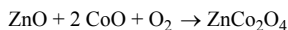
Lösung 31.4

Indem man eine Rubidiumchlorid-Lösung mit einer wäßrigen Suspension von überschüssigem Silberoxid, Ag_2O , versetzt und vom ausgeschiedenen Silberchlorid abfiltriert.



Kapitel 32

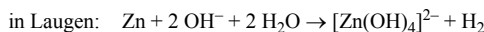
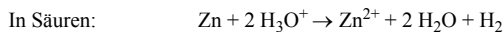
Lösung 32.1



Lösung 32.2

Aussage 1: Zink ist ein elektropositives Metall oder ein Metall mit einem stark negativen Standardpotential.

Aussage 2: Zink ist amphoter.



Lösung 32.3

Die Reaktion verläuft nach rechts hauptsächlich darum, weil die Hg–N-Bindung im Quecksilberamidchlorid viel stärker polar und damit fester ist als die homöopolare Hg–Hg-Bindung im Quecksilber(I)-chlorid, Hg₂Cl₂.

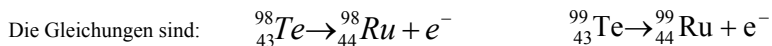
Kapitel 33

Lösung 33.1

Die Uran-Atome senden dabei α-Strahlen aus. Diese bestehen aus He²⁺-Ionen.

Lösung 33.2

Es entstehen die stabilen Ruthenium-Isotope ${}_{44}^{98}\text{Ru}$ und ${}_{44}^{99}\text{Ru}$.



Kapitel 35

Lösung 35.1

sp sp sp² sp³ sp³ sp² sp² sp³ sp² sp sp

a) CH≡C-COOH b) CH₃-NH₂ c) CH₂=CH-CH₂-N=C=O d) CO₂

Lösung 35.2

Verbind.	a	a	b	c	c	c	d
Winkel	CCC	CCO	HCN	CCN	CNC	NCO	OCO
Wert	180°	120°	109°	109°	120°	180°	180°

Kapitel 36

Lösung 36.1

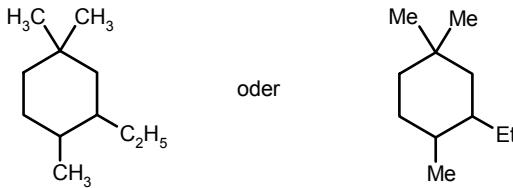
Butan (n-Butan) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Methylpropan (Isobutan) $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

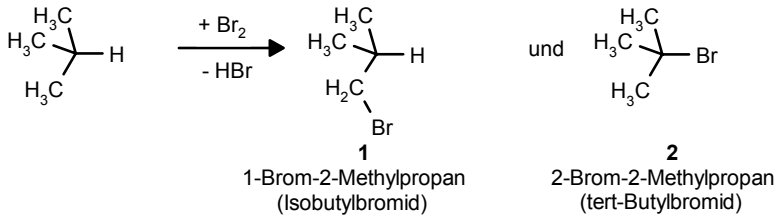
Lösung 36.2

2,2,4-Trimethylpentan

Lösung 36.3



Lösung 36.4

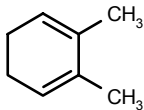


Gleiche Reaktionsgeschwindigkeiten vorausgesetzt, bildeten sich die Produkte **1** und **2** im Verhältnis 9:1. Tatsächlich wird ein Verhältnis von ca. 1:1600 gefunden. Die C-H-Bindung in einer Methylgruppe ist stabiler als die Bindung des tertiären H-Atoms an Kohlenstoff. Letzere wird daher leichter gespalten (vgl. 37.3).

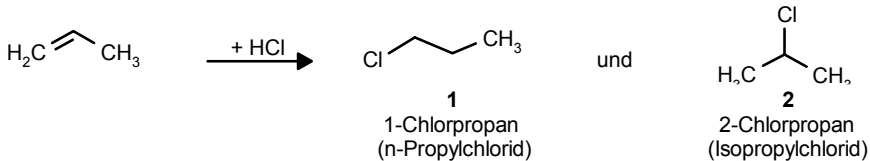
Lösung 36.5

E-6-Methyl-2-hepten

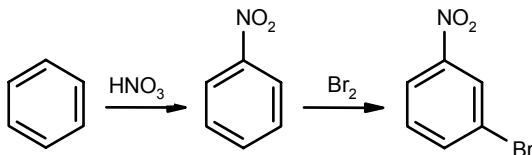
Lösung 36.6



Lösung 36.7



Produkt **2** bildet sich bevorzugt aufgrund der MARKOWNIKOW-Regel: Das Wasserstoffatom der Säure orientiert sich zu dem Kohlenstoffatom, das die meisten Wasserstoffatome trägt.



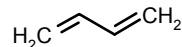
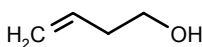
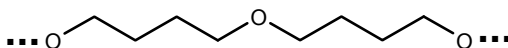
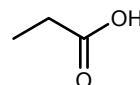
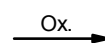
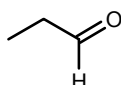
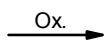
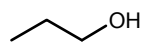
NO₂ dirigiert in die m-Stellung, Br dagegen in die o- und p-Position. Um zum m-Nitrobrombenzen zu gelangen, muß zuerst nitriert werden.

Lösung 36.9

Heptan und Toluol reagieren unter den angewandten Bedingungen nicht. Die Mischung bleibt gelb. Die beiden anderen Stoffe bewirken eine Entfärbung. 1-Hepten addiert Brom an die C=C-Bindung. Phenol reagiert mit Brom im Sinne einer S_E-Reaktion.

Lösung 36.101,4-Butandiol: HOCH₂CH₂CH₂CH₂OHBildung eines cyclischen Ethers:
(Hauptreaktion)Tetrahydrofuran
(Lösungsmittel)

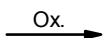
Eliminierungsreaktionen:

Bildung eines Polyethers:
(Polyaddition)**Lösung 36.11**

1-Propanol

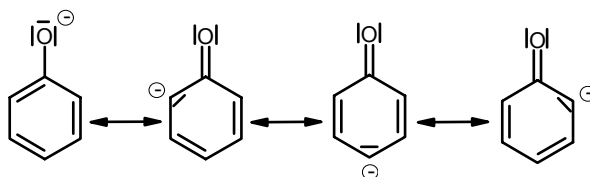
Propanal

Propionsäure

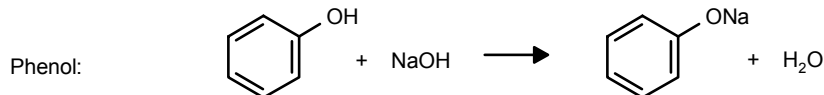


2-Propanol

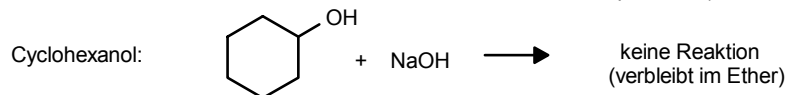
Aceton

Lösung 36.12**Lösung 36.13**

Beide Stoffe werden in einem wenig polaren Lösungsmittel gelöst und anschließend mit Lauge behandelt.



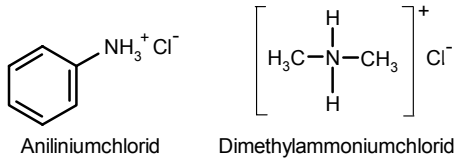
Natriumphenolat (wasserlöslich)

**Lösung 36.14**

Es entsteht die Lösung des entsprechenden Ammoniumsalzes ($R_3N + HCl \rightarrow [R_3NH]^+Cl^-$). Das Salz ist polarer als das Amin. Sein Dampfdruck bei Raumtemperatur ist vernachlässigbar. Die Ammoniumsalz-Lösung ist daher geruchlos.

Lösung 36.15

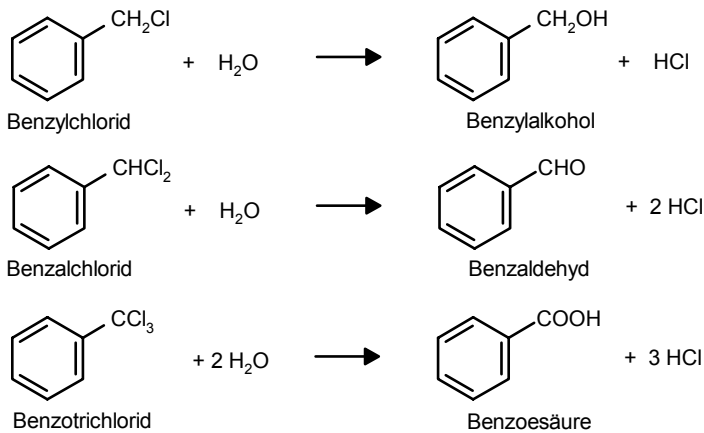
Allgemein gilt: Je stärker eine Säure, desto schwächer ihre korrespondierende Base – und umgekehrt. Aliphatische Amine sind stärker basisch als aromatische. Deshalb sind arylsubstituierte Ammoniumionen saurer als alkylsubstituierte. Das Aniliniumsalz reagiert deshalb stärker sauer als das Dimethylammoniumsalz.



Lösung 36.16

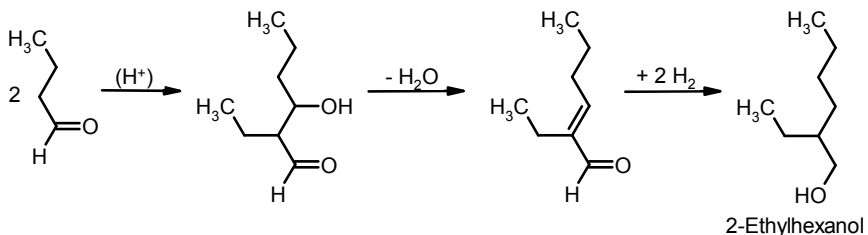
CH₃I, CH₃Br, CH₃Cl, CHCl₃, CCl₄. Monohalogenverbindungen sind reaktiver als hochhalogenierte. Innerhalb der Methylhalogenide steigt die Reaktivität mit der Polarisierbarkeit.

Lösung 36.17



Aufgrund der aktivierenden Wirkung des Phenylrestes werden auch die höher halogenierten Toluol-Derivate rasch hydrolysiert.

Lösung 36.18

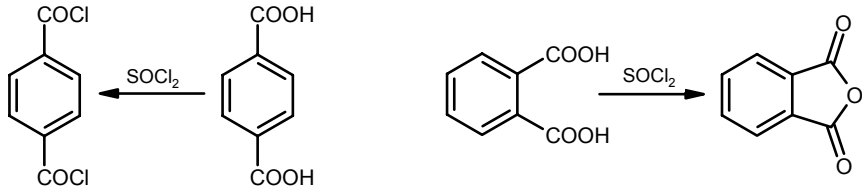


Lösung 36.19

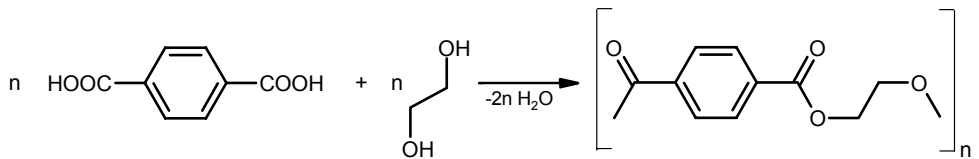
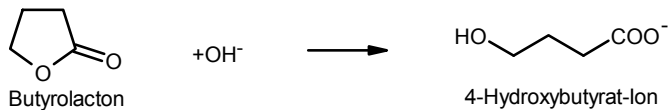
Beide Aldehyde werden relativ rasch durch Luftsauerstoff zu Ameisen- bzw. Essigsäure oxidiert, d. h., das betroffene Gewässer bzw. Grundwasser wird sauer, der pH-Wert sinkt. Darüber hinaus sind sowohl Form- als auch Acetaldehyd toxisch, insbesondere für Mikroorganismen. Da beide Stoffe rasch abgebaut werden, gehen von ihnen keine Langzeitschäden aus.

Lösung 36.20

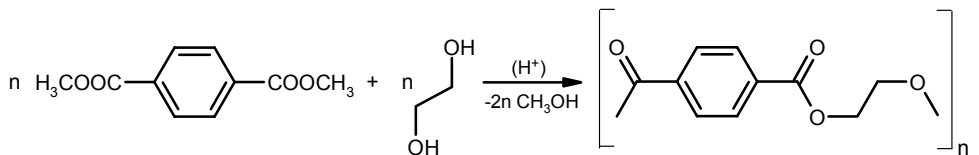
Durch die o-Stellung der Carboxylgruppen geht Phthalsäure in ein cyclisches Anhydrid über. Terephthalsäure (ebenso Isophthalsäure) bildet das zweifache Säurechlorid.

**Lösung 36.21**

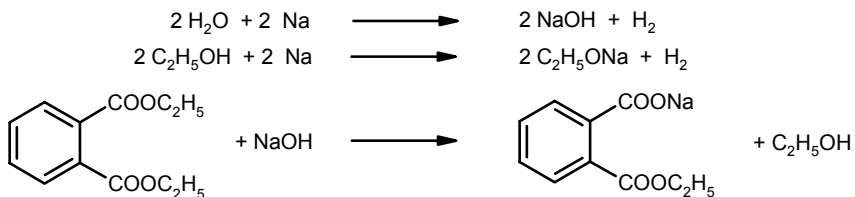
Es bildet sich ein Polyester.

**Lösung 36.22****Lösung 36.23**

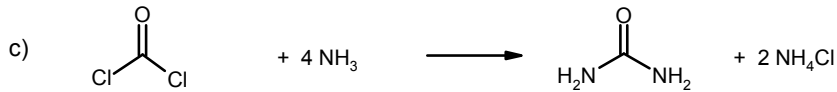
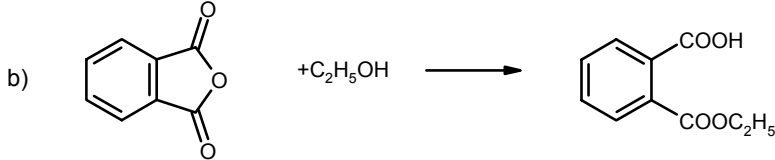
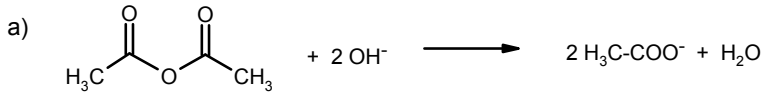
Es bildet sich ebenfalls der entsprechende Polyester.

**Lösung 36.24**

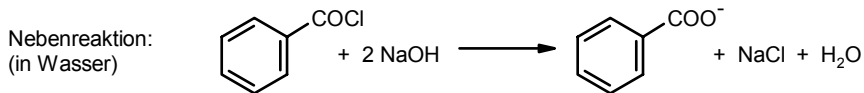
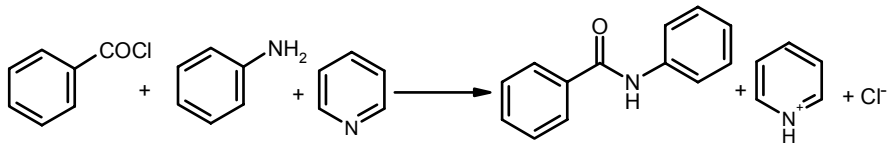
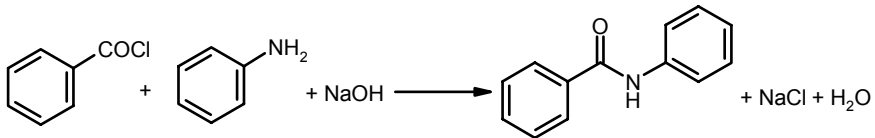
Als nucleophile Komponenten liegen in diesem System OH^- und $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^-$ vor. Das Ethoxid-Ion reagiert im Sinne einer Umesterung – allerdings unter Neubildung von Ethoxid-Ionen, also ohne eine Veränderung zu bewirken. Die aus dem Wasser gebildeten OH^- -Ionen verseifen den Ester und werden dabei verbraucht.



Lösung 36.25

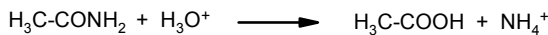
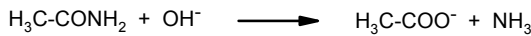


Lösung 36.26



Sowohl Benzoylchlorid als auch Anilin sind schlecht wasserlöslich. Sie bilden eine organische, lipophile Phase, zu der die OH^- -Ionen kaum Zugang haben.

Lösung 36.27



Lösung 36.28

2 mol NH_3 bilden 1 mol Harnstoff – $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ – daraus folgt:

$$n_{\text{A}} = 2n_{\text{H}} = 2m_{\text{H}}/M_{\text{H}} = 2 \cdot 30 \cdot \text{g} \cdot \text{mol} / 60 \cdot \text{g} = 1 \text{ mol}$$

$$m_{\text{A}} = n_{\text{A}}M_{\text{A}} = 1 \cdot \text{mol} \cdot 17 \cdot \text{g} / \text{mol} = 17 \text{ g}$$

Es werden also täglich ca. 17 g Ammoniak in der Leber gebunden. Zum Vergleich: Die letale Dosis an Ammoniak beträgt ca. 1-2 g.

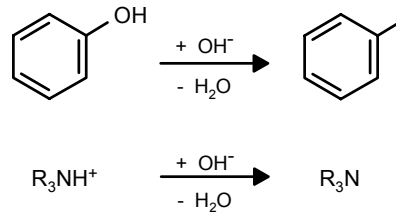
Kapitel 37

Lösung 37.1

Es lösen sich vollständig: CH_3OH , Anilin, Ethylamin, Aceton, 1,4-Butandiol. Außer Anilin lösen sich die anderen Stoffe aufgrund ihrer hohen Polarität auch in Wasser. Anilin, selbst nur wenig mit Wasser mischbar, wird durch Säuren in wasserlösliche Aniliniumsalze überführt.

Lösung 37.2

Zunächst wird solange Lauge zum Abwasser zugesetzt, bis es eine alkalische Reaktion zeigt. Unter diesen Bedingungen liegen Phenole als wasserlösliche Phenolate, Amine jedoch keinesfalls als Ammonium-Ionen, sondern in ihrer nur wenig polaren Neutralform. Wird jetzt mit einem organischen Lösungsmittel (z. B. Diethylether) extrahiert, so gehen die Amine, nicht jedoch die Phenole in die organische Phase über. Nach Eindampfen des Ethers verbleibt ein Rückstand, der an Aminen angereichert ist.



Lösung 37.3

Reihenfolge: 1 - 2 - 4 - 3

Lösung 37.4

- Methylamine, *tert*-Butylmethylether, Dichlorethan, Essigsäure, Ethylen, Formaldehyde, Methanol, Vinylchlorid.
- Methylamine, Essigsäure, Formaldehyd, Methanol.
- Methylamine (heben den pH-Wert), Essigsäure (senkt den pH-Wert).

Kapitel 38

Lösung 38.1



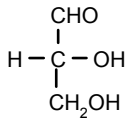
Lösung 38.2

$\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}^*\text{HCl-CH}_3$, C^*HFClBr , $\text{H}_3\text{C-C}^*\text{H(OH)-C}_2\text{H}_5$

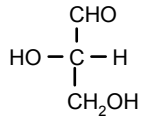
(Die Chiralitätszentren sind mit einem „*“ markiert)

Lösung 38.3

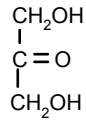
Entscheidend für die biologische Wirksamkeit von Eiweißen ist deren korrekte Raumstruktur (Tertiär- und Quartärstruktur). Bereits Temperaturen oberhalb 42 °C führen aufgrund der vergrößerten Molekülbeweglichkeit bei vielen Proteinen zu Veränderungen der Raumstrukturen und somit zur massiven Beeinträchtigung der Lebensfähigkeit.

Lösung 38.4

D-Glycerinaldehyd



L-Glycerinaldehyd



Dihydroxyaceton

Lösung 38.5

Der Speichel enthält Stärke spaltende Enzyme (Amylasen). Verbleibt das Brot eine Weile im Mund, so wird die enthaltene Stärke zu Zuckern (z. B. Maltose) hydrolisiert.

Kapitel 39

Lösung 39.1

Soda (Natriumcarbonat) reagiert in Wasser schwach basisch. Es bewirkt daher die alkalische Hydrolyse (Verseifung, vgl. 38.4) von Fetten. Dabei bilden sich die Natriumsalze der Fettsäuren (Seifen). Diese haben, wie erläutert, eine Tensidwirkung und unterstützen deshalb die Beseitigung von Fettschmutz.

Register

A

- Abbindeprozeß 234
- Abfall 476
- Abgasverbrennung 209
- Abrösten 292
- absolute Konfiguration 450
- Absorption 499
- Abwasser 27, 36, 176
- Acetal, 409
- Acetaldehyd 413, 414
- Acetaldol 412, 413
- Acetamid 423, 425, 432
- Acetanhydrid 416, 422, 451
- Acetat 12, 174
- Acetessigsäuremethylester 420
- Aceton 412ff.
- Acetonitril 204, 424, 425
- Acetophenon 414
- Acetylaceton 412, 434
- Acetylchlorid 416, 422
- Acetylen 60, 250, 253, 382
- Acetylsalicylsäure 453
- Achat 257
- Acheson, Edward Goodrich 252
- Acheson-Verfahren 252
- Acidimetrie 156, 170
- Acrolein 414
- Acrylnitril 267, 425
- Acrylsäure 418
- Actinium 311f.
- Actinoide 47, 49, 72, 311, 363f.
 - , Radioaktivität 364
 - , Zerfallshalbwertszeiten 364
- Actinoidenkontraktion 364
- Addition 380
 - , elektrophile 381, 385
- Adenin 469
- Adenosin-phosphate 265
- Adsorption 122, 203, 290, 499
- Aerosol 27
- Affinität, chemische 139
- Aggregatzustand 7, 17ff.
- Airbag 268
- Akronyme 523
- Aktivierungsenergie 23, 197, 204ff., 533
 - , der elektrischen Leitfähigkeit 100ff.
- Aktivität 37, 166
 - , katalytische 320
 - , optische 81
- Aktivitätskoeffizient 37, 178
- Aktivkohle 252, 257
- Alanin 454
- Alaun 39
- Alchemisten 10
- Aldehyde 408ff., 438
 - , Nachweis 410
- Aldole 434
- Aldolreaktion 410 ff.
- Aldosen 462ff.
- Aliphaten, halogenierte 122
- Alkalimetallcarbonate 229
- Alkalimetalle 49, 225
 - , Flammenfärbung 225
 - , Ozonide 229
- Alkalimetallhalogenide 124f., 228
- Alkalimetallhydride 227
- Alkalimetallhydroxide 229
- Alkalimetalloxide 229
- Alkalimetrie 156, 170
- Alkane 61, 373ff., 380
 - , radikalische Substitution 379
- Alkanole 391ff.
- Alkene 381ff.
- Alkine 384ff.
- Alkohole 391ff., 440
 - alkoholische Gärung 394
- Alkydharze 483
- Alkyларомaten, Halogenierung 389
- Allred, A. L. 63
- Allotropie 20
- allotrope Modifikationen 296
- Altersbestimmung 202
- Aluminium 237, 243
 - , Gewinnung 133
 - , Struktur 87
- Aluminiumchlorid 243f.
- Aluminiumfluorid 245, 302
- Aluminiumhydrid 247
- Aluminiumhydroxid, Amphoterie 245
- γ -Aluminiumoxid 246

- Aluminium-Recycling 244
aluminothermische Reaktion 243
Alumosilicate 258
Amalgam-Verfahren 228
Ameisensäure 169, 253, 262, 415, 417, 418
Americium 363
Amethyst 257
Amidbindung 423, 456
Amide 267, 456
Amidoschwefelsäure 267, 296
Amidosulfonsäure 296
Amine 400ff., 438, 439
Aminosäuren 453ff.
–, essentielle 459
– isoelektrischer Punkt 454
– proteinogene 453
Ammoniak 11, 203, 254, 265, 270, 400
–, Assoziation 95
–, flüssiges 170, 227
–, letale Dosis 551
–, pK_B-Wert 400
–, pK_S-Wert 411
–, Struktur 57
–, Synthese 33, 37
Ammoniumacetat 174
Ammoniumcyanat 271, 369
Ammoniumdichromat 326
Ammoniumdodecamolybdatphosphat 339
Ammoniummetavanadat 325
Ammoniumnitrat 271
Ammoniumnitrit 271
Ammoniumperchlorat 308
Ammoniumphosphate 275
Ammoniumperoxodisulfat 295
amorph (Stoff, Zustand) 17f.
Ampholyte 165f.
Amylopektin 466, 467
Amylose 465, 466
Anatas 321
Andrussow-Verfahren 271
Anhydrid (Säure, Base) 93, 174
Anhydrit 93, 282, 302
Anilin 401, 403, 447
–, pK_B-Wert 401, 426
Anion 10
Anionsäure 165, 169
Anisaldehyd 413
Anisol 399
Anisotropie (Eigenschaften) 89, 94, 103, 252
Anode 147, 150, 261
Anodenschlamm 153
Anomalie des Wassers 287
Anomer 463
anorganisches Benzol 242
Antacidum 277
Anthophyllit 258
Anthracen 390
Anthrachinonverfahren 285
Anthrazit 251
Antiklopfmittel 227, 260, 399
Antimon 263, 276
Antimon(III,V)-oxid 277
Antimonpentachlorid 277
Antimontrisulfid 277
Antioxidantien 297
anthropogen 25
Apatit 40, 264, 272, 275, 300, 302
L-Äpfelsäure 452, 453
Aquakationen 222
Äquivalenzpunkt 156, 170ff., 193
Arachidinsäure 460
Aragonit 20, 232
Aräometer 152
Argentit 348
Argentometrie 156, 187f.
Arginin 455
Argon 217
Aromaten 386ff.
–, Giftigkeit 390
–, Zweitsubstitution 388
aromatische Amine 401
aromatischer Zustand 386
Arrhenius, Svante August 164f., 204
Arrhenius-Gleichung 205
Arrhenius-Konzept (Säure-Base) 173f.
Arsen 263, 276
Arsenkies 277, 281
Arsenopyrit 277
Arsen(III)-oxid, Arsentrioxid 277
Arsen(V)-oxid 278
Arsenpentachlorid 277
Arsensäure 276, 278
Arsen(III)-sulfid 179, 193
Arsenrichlorid 277f.
Arsentrifluorid 277
Arsenwasserstoff 277
Asbest 258
Asbestose 258

- Asparagin 454
Asparaginsäure 455
Aspirin 451
Assoziation (Flüssigkeiten) 25
Astat 299f., 303
Asymmetriezentrum 449
Atmosphäre 202
Atmung 281, 331
Atom 41
atomare Masseneinheit 42
Atombau 41f.
Atombindung 69ff., 72
Atombombe 127, 361
Atomgewicht, s. Atommasse, relative
Atomhypothese 41
Atomisierung 122, 141, 528
Atomisierungsenthalpie, siehe Enthalpie
Atomkern 42
Atommasse, relative 8, 34, 46
Atommodell, Rutherford-Bohrsches 43
Atomorbitale (AO) 56ff., 100
–, Linearkombination (LCAO) 56ff.
Atomspektrum 43
ATP 470
Aufbauprinzip (Periodensystem) 44
Aufbereitung von Trinkwasser 290
Aufenthaltswahrscheinlichkeit (Elektron) 44f., 52
Ausdehnungskoeffizient (thermischer) 112
Austenit 90
autogenes Schweißen 220, 283
Autoprotolyse 165ff., 289
Autoxidation 282, 291
Avogadro, Amadeo 8, 35
Avogadro-Konstante 8, 97, 111, 153
Azide 268
Azid-Ion 268
Acidimetrie 170
Azobenzene 427
- B**
Backpulver 230
Baddeleyit 336
Bahn(funktion) 44
Bandsilicate 257
Barium 231
Bariumcarbonat 179
Bariumhydroxid 234
Bariumperoxid 285
Bariumsulfat, Baryt 179, 235
Bariumsulfid 235
Base(dissoziations)konstante 167
Bastnäsit 317
Batterie 146
Bauxit 238, 244f.
Bayer, Karl Josef 244
Bayerit 245
Bayer-Verfahren 246
Becquerel, Henri 359
Beilstein (Handbuch) 522
Beilstein, Friedrich Konrad 522
Beizen 305
Belousov-Zhabotinskij-Reaktion 204
Benzaldehyd 409, 414
Benzin 26, 380
Benzoessäure 418, 426
Benzol (Benzen) 66, 82, 99, 385, 390, 446, 447
Benzonitril 425
Benzophenon 409
Benzoylchlorid 421
Benzylalkohol 395
Benzylidenaceton 412
Berggold 348
Bergkristall (s. auch Quarz) 251, 257
Berkelium 363
Berliner Blau 330
Bernsteinsäure 416
Bernsteinsäureanhydrid 416
Berthelot, Marcelin Pierre Eugène 135
Beryll 232, 257
Beryllium 231
Berylliumverbindungen 233ff.
Berzelius, Jöns Jakob 10, 145, 207, 369
Beständigkeit, thermische 7
Bestimmungsgrenze 510f.
Bezugsselektrode 195
Bindigkeit 66, 85, 529
Bindung
–, Atom- 69ff.
–, chemische 53ff.
–, heteropolare 69f.
–, homöopolare 69f.
–, Ionen- 69
–, kovalente 64, 69ff.
–, metallische 69ff.
–, polare 64, 72
–, van-der-Waals- 70ff.
–, π - 56ff.
–, δ - 56ff.

- Bindungs(dissoziations)energie 72, 121f.,
206, 300, 370, 532
Bindungsgrad, -ordnung 66, 69
Bindungsisomerie 273
Bindungskriterien 54
Bindungspolarität 7, 57
Bindungstyp 7, 64
Bindungswinkel 371
Bioakkumulation 443, 461
Biogas 380
Biomasse 270
Biomineralisation 235
Bismut 12, 263, 276
Bismut(III)-nitrat 276
Bismutoxidchlorid 278
Bismutpentafluorid 277, 301
Bismut(III)-oxid, -trioxid 264, 278
Bittermandelöl 413
Bjerrum, Jannik 183
Blausäure 13, 271f.
Blei 12, 152, 249, 259
Bleiakkumulator 261
Bleiazid 268
Bleichen 286, 295, 304
Bleichlorid 179
Blei(II)-chromat 326
Bleiglanz, -sulfid 14, 251, 281
Bleiglätte 261
Bleikammerverfahren 294
Bleikristall 258, 261
Blei(IV)-oxid 261
Blei(II)-sulfat 261
Bleitetraclorid 260
Bleitetramethyl, -tetraethyl 227, 260
Bleiweiß 260
Blindwert 510f.
Blitzlicht 233
Blut, Gerinnung 235
Blutkörperchen, rote 226
Blutlaugensalz, rotes bzw. gelbes 14, 329
Blutplasma 226
Bodenstein, Max Ernst August 212
Bohr, Niels Hendrik David 43
Bohr-Postulate 43
Boltzmann, Ludwig 111
Boltzmann-Formel 138f.
Boltzmann-Konstante 111, 138
Böhmit 245
Bombenkalorimeter 114
Bor 237, 239
–, Struktur 87
Boran 240
Borat 242
Borax 238, 242
Boraxperle 242
Borazin 242
Borcarbid 239, 241
Boride 239
Born, Max 44, 53, 97, 123
Bornit 348
Bornitrid 94, 242
Börnstein, Richard 522
Borsäure 93, 223, 238
Borsäuretrimethylester 242
Bortrichlorid 237, 241, 246
Bortrifluorid 240f.
Bortrioxid 239
Bosch, Carl 266
Boudouard, Octave Leopold 253
Boudouard-Gleichgewicht 253, 323
Brandbomben 305
Braun, Karl Ferdinand 38
Braunkohle 251
Braunstein 151, 195, 208, 308, 321, 328
Bravais, Auguste 78
Bravaisgitter 79
Brechzahl, Brechungsindex 103
Bredig, Georg 154
Bredigsche Gleichung 154
Brennstoffzelle 152, 221
Brenzkatechin (Brenzkatechol) 396
Brillanten 251
Brom 299f., 303, 307
Bromaceton 412
Bromalkane 304
Bromatometrie 196
Bromcarnallit 300
Bromoform 305
Bromtrifluorid 305
Bromwasserstoff 305f.
Brønsted, Johannes Nicolaus 164f.
Brønsted-Base 165, 167, 174
Brønsted-Lowry-Konzept 165, 174
Brønsted-Säure 165, 167ff., 174, 243
Bronze 7, 100, 260, 349
Brucit 92, 234
Bruttoformel 11
Bruttogleichung 210f.

- Bruttostabilitätskonstante 183
BTX 390
Bürette 156
Buna 482
Bunsenbrenner 380, 432
Buntkupfererz 348
Buntpigmente 329
1,3-Butadien 381, 384
Butan 380, 432
n-Butanol 391ff., 432ff., 441
sec-Butanol 391ff., 441
tert-Butanol 391ff., 441
Buttersäure 415
Buttersäureester 418
tert-Butyl-methylether 399
Butyraldehyd 409
 γ -Butyrolacton 452
- C**
Cadaverin 403
Cadmium 355ff.
Cadmiumchlorid 92
Cadmiumgelb 356
Cadmiumhydroxid 234, 356
Cadmiumsulfid 356
Calcit 20, 103, 232
Calcium 12, 232f.
Calciumbromid 17
Calciumcarbid 20, 21, 253, 384
Calciumcarbonat 20f., 40, 141, 234
Calciumchlorid 123, 125, 230
Calciumfluorid 234, 301
Calciumhydroxid 65, 234
Calciumiodat 300
Calciumoxid 21
Calciumphosphat 235
Calciumsulfat, s. Anhydrit, Gips
Californium 363
Caprinsäure 417
Capronsäure 417
Caprylsäure 417
Carbide 252
Carbochlorierung 241, 322
Carbonat, -Ion 12, 251
Carbonsäureamide 417ff.
Carbonsäureanhydride 416, 420ff.,
Carbonsäurechloride 422
Carbonsäureester 416, 418ff.
Carbonsäurehalogenide 421ff.
Carbonsäuren 11, 222, 414ff.
carbonyl (als Ligand) 13, 93
Carbonyle 341
Carbonylreaktion 437
Carbonylverbindungen 408ff.
Carboxylate 415
Carboxylgruppe 169, 414ff.
Carnallit 232, 300
Carnot, Nicolas Léonard Sadi 106
Carosche Säure 295
Cassiterit 251
Cäsium 225
Cäsiumhalogenid-Gitter 91f., 227
Cellulose 10, 95, 467
Cer 315
Cerimetrie 156, 317f.
Ceriterden 312, 317
Cer(IV)-oxid 317, 366
C-H-Acidität 410ff.
Chalcedon 20, 234
Chalkogene 49, 279
Chalkogenwasserstoffe 288
Chalkopyrit 348
Chalkosin 348
Charaktertafeln 82
Chelateffekt 141, 185ff., 533
Chelatkomplex 185ff., 440
Chemical Abstracts 523
Chemie, bioanorganische 186
Chemie im Internet 523ff.
Chemieliteratur 515ff.
–, Allgemeine u. Anorganische Chemie 515f.
–, Chemiegeschichte 521
–, Elemente 515
–, gesamte Chemie 516
–, Instrumentelle Analytik, Gleichgewichte 520
–, Lexika 516
–, Nachschlagewerke 521ff.
–, Nomenklatur 516
–, Organische Chemie 518
–, Physikalische Chemie 517
–, populäre Darstellungen 519
–, Praktikum 519f.
–, Starthilfen 515
–, Technische Chemie 520
–, Umweltchemie 520
Chemilumineszenz 272, 283
chemische Bindung 53

- Chilesalpeter 264, 300
Chiralität 449ff.
Chlor 8, 10, 299f., 303f., 488
Chloralkali-Elektrolyse 228, 304, 355, 488
Chloralkane 304
Chloramin 268
Chlorat-Ion 13
Chlorbenzol 478
Chlorid-Ion 13
–, argentometrische Titration 157
Chlorige Säure 13
Chlorit-Ion 13
Chlorknallgas 303
Chlorkohlenwasserstoffe 489ff.
Chlormonofluorid 305
p-Chlornitrobenzen 427
Chloroform 433, 443
Chlorophyll 186, 235, 281
Chloroxide 306
Chlorsäure 13, 308
Chlorschwefelsäure 295f.
Chlorsulfonsäure 296
Chlortrifluorid 305
Chlorwasser 303
Chlorwasserstoff 27, 303, 305
Chrom 319, 322, 326
–, Passivierung 322
Chromatographie 499ff.
–, Adsorptions- 501
–, Dünnschicht- 501
–, Gas- 507
–, Papier- 504
–, Verteilungs- 504
–, Säulen- 505
Chrom(III)-chlorid 326
–, Hydrat-Isomerie 326
Chrom Eisenstein 321
Chromgelb 327
Chrom(III)-hydroxid 179
Chromit 321, 326
Chromnickelstahl 324f.
Chromoxide 326
Chrom(VI)-oxidchlorid 327
Chromsäure 326
Chrysopras 257
Chrysotil 258
Cinnabarit 14, 354
Cisplatin 345
Citronensäure 452
CKW 490ff.
Claus, Karl Karlowitsch 291
Claus-Verfahren 291
Clausius, Rudolf Ludwig Emanuel 105, 135
Clusterverbindungen 93
Cobalt 12, 319ff., 331
Cobaltalaune 332
Cobalt(II)-chlorid 331
Cobalt(III)-fluorid 332
Cobaltglas 331
Cobaltiake 332
Cobalt-Komplexe 332
Cobaltoxide 331
Cobalt(III)-sulfidhydroxid 331
Cobalt(II)-thiocyanat 185
Coenzym B12 324
Coltan 336
Contergan 478
Cordierit 209
Coulomb, Charles Augustin de 288
Coulombsches Gesetz 97, 288
Cracken 384
Creutzfeld-Jakob-Syndrom 457
Cristobalit 20, 91ff., 251
Crotonaldehyd 412f
Crotonsäure 452
Curium 363
Cyanamid-Ion 268
Cyanate 271
Cyanat-Ion 268
cyano (als Ligand) 13
Cyansäure 272
Cyanide, Cyanwasserstoff 13, 271f., 291, 329, 425
cyclische Verbindungen 442
Cycloalkane 373ff., 376
Cycloalkene 381ff.
Cyclohexan, Konformationen 380
Cyclohexanon 414
Cyclophosphorsäure 276
Cyclosilicate 257
Cystein 454
Cystin 457
Cytidin 469
Cytosin 469
- D**
Dalton, John 34
Dampf, übersättigter 23, 131

- Dampfdruckkurve 21
Daniell, John Frederic 151, 220
Daniell-Element 151f., 159
Daniellscher Hahn 220
Davy, Sir Humphry 145, 150
DDT 494
de Boer, J. H. 322
Decarboxylierung 417, 456
Degussa-Verfahren 271
Dekantieren 27
Deletion 475
Delokalisierung 223
Demokrit von Abdera 41
Dendrochronologie 202
Dentallegierungen 324, 343
Desoxidationsmittel 239, 255
Desoxyadenosyl--5'-monophosphat 469
Desoxyguanosin 469
Desoxyribonucleinsäure 265, 468ff.
D-Desoxyribose 468
D-Desoxyribose (β -Form) 465
Destillation 27
–, azeotrope 131
–, fraktionierende 27, 130
–, Vakuum- 22
Deuterium 220
Deuteriumoxid 220
Diacetyl 186
Diacetyldioxim 186
Diadochie 317
Dialyse 27
Diamant 60, 89f, 98., 102, 251ff., 371
Diammindichloroplatin(II) 13, 344f
Diamminsilber(I)-ion 525
Diaphragma 151
Diaphragma-Verfahren 228
Diaspor 245
Diastereomere 450
Diazverbindungen 271
Dibenzylidenaceton 412
Diboran 237, 240f.
1,2-Dibromethan 304
Dibutylphthalat 420
1,3-Dicarbonyl-Verbindungen 411
1,2-Dichlorethan 305
Dichlorpolysulfane 295
1,3-Dichlorpropen 494
Dichromat 30
Dichte 109
Dicyan 271
Diederwinkel 268, 285
Dielektrizitätskonstante 25, 163, 288
Diels-Alder-Reaktion 383
Dien 383
Dieselöl 380
Diethylether 135, 392, 399, 432
Diethylmalonat 420
Diiodpentaoxid 307
Dimethylamin 400, 403
–, pK_B -Wert 400
N,N-Dimethylformamid 424, 424
Dioxan 399
Dioxine 495, 514
Dioxygenylhexafluoroplatinat 344f
Dioxygenyl-Verbindungen 286, 298
Dioxygenyl-Kation, 286
Diphenyl 390
Diphenylether 304, 399
Diphosphorsäure 276
Dipol 98
dipolar-aprotische Lösungsmittel 424
Dipolmoleküle 30
Dipolmoment 30, 287f.
Dirac, Paul Adrien Maurice 53
dirigierende Wirkung 388
Disaccharide 465
Dischwefeldichlorid 291, 295
Dischwefeldinitrid 296
Disilicate 257
Dismutierung 254, 256
dispers, grob- 26
–, kolloid- 26
–, molekular- 33
Disproportionierung (Redox-) 194f., 254ff., 352
Dissoziationsgrad, -konstante 167ff.
Distickstoffmonoxid 17, 255, 269
Distickstoffpentaoxid 269
Distickstofftrioxid 269
Distickstofftetraoxid 269
Disulfid-Brücken 457
Diphenyl 390
Disauerstoff 56
DL-Form 450
DNS 468ff.
Döbereiner, Johann Wolfgang 1, 46, 153, 343
Döbereiner-Feuerzeug 343
Dolomit 232
Doppelbindung 381ff.

–, konjugierte 451
 π - π -Doppelbindungen 250
 Doppelbindungscharakter 280
 Doppelbindungsregel 88
 Doppelspat 30
 Dotieren 81
 Drehachse 75ff., 81
 Drehinversionsachsen 78, 81
 Drehspiegelachsen 78, 81
 Dreifachbindung 66
 Dreiweg-Katalysator 338, 343
 Duktilität 100
 Duroplast 481
 Dysprosium 315
 Dystektikum 133, 532

E

Eau de Javelle 194
 Edelgase 8, 70, 87, 217
 Edelgasfluoride 302
 Edelgaskonfiguration 62, 217
 Edelgasverbindungen 217f., 344f.
 Edelmetalle 341f.
 Edelstahl 324
 Edukte 198
 Eigen, Manfred 107, 139
 Eigendissoziation 163
 Eigenfunktion 44
 Eigenhalbleiter 255
 Eigenwerte (Elektronenenergie) 44
 K-Einfang 359
 Einstein, Albert 2
 Einsteinium 363
 Einzelpotential 147
 Eis 21f., 287
 Eisen 7, 17, 100, 319, 323, 329
 –, Korrosion 323
 Eisen(II)-chlorid 17, 330
 Eisen(III)-chlorid 17, 330
 Eisendisulfid 14
 Eisen(II)-hydroxid 329
 Eisenkies 14, 282
 Eisen(II,III)-oxid 329
 Eisen(III)-oxidaquat 329
 Eisen-Schwefel-Komplexe 331
 Eisen(III)-sulfat 330
 Eisen(II)-sulfid 291, 331
 Eisen(III)-thiocyanat (-rhodanid) 185

Eisenvitriol 330
 Eisessig 170
 Eiweiße 10, 453ff.
 Elastomere 481
 Elektrochemie 145ff.
 Elektroden, diverse 155
 Elektrolyse 10, 152f., 287, 295
 Elektrolyte 163
 Elektrolytkupfer 349
 Elektrolytlösung 44
 Elektron 42
 Elektronegativität 17, 63f., 69f., 84, 280, 300
 Elektronenaffinität 61f., 97, 279, 529
 Elektronenaustausch 191ff.
 Elektronenbilanz 192
 Elektronengas 70
 Elektronenhülle 43ff.
 Elektronenkonfiguration 46f.
 Elektronenmangelstrukturen 83f., 238, 239
 Elektronenpaar 83f.
 –, -Akzeptoren, -Donatoren 164
 Elektronenstrahlmikroanalyse 133
 elektronischer Halbleiter 255
 Elektron-Legierung 301
 elektrophile Addition 383, 387, 489
 elektrophile Substitution 387, 489
 Elektrophilie 219, 435ff., 440
 elektrostatische Wechselwirkung 431
 Element, chemisches 7, 10, 19, 515
 –, galvanisches 145ff., 151ff.
 –, Hauptgruppen- 47, 49, 63
 –, Misch- 7, 19
 –, Nebengruppen- 47, 49, 63
 –, Rein- 7, 19, 528
 Elementanalyse 350
 Elementarladung 42, 97, 153, 231
 Elementarreaktionen 201, 207
 Eliminierung 407
 Eloxal 243
 Eluent, s. Laufmittel
 eluotrope Reihe 503
 Emulgatoren 487
 Emulsion 30, 33
 Enantiomere 450
 endergonisch 140
 endotherme Verbindung 283, 385
 Energie, Abstoßungs- 97
 –, Eigenwerte 44
 –, freie 105

- , innere 105, 114f.
 - , kinetische 205
 - Energieerhaltungssatz 106, 135
 - Energieniveau 46
 - , MO-Schema 282
 - Enolat-Anionen 413
 - enolisierbare Carbonylverbindungen 412
 - Enstatit 258
 - l-Entartung 47
 - Enthalpie 115ff.
 - , Atomisierungs- 96f., 101, 121
 - , Bildungs- 118ff.
 - , Erstarrungs- 136
 - , freie, s. Freie Enthalpie
 - , Hydratations- 122ff.
 - , Lösungs- 122ff., 178
 - , Reaktions- 116ff., 160, 531
 - , Schmelz- 115, 122, 136
 - , Sublimations- 96f.
 - , Verbrennungs- 117f., 121, 532
 - , Verdampfungs- 115, 135
 - Entropie 105, 135ff., 533
 - , Reaktions- 186
 - , Schmelz- 136f.
 - , statistische Interpretation 107, 138
 - , Umwandlungs- (Tabelle) 137
 - , Verdampfungs- 137
 - Enzyme 95, 208, 458
 - Enzym-Substrat-Komplex 458
 - Epichlorhydrin 448
 - Ephedrin 478ff.
 - Epoxid 448
 - Erbium 315
 - Erdalkalimetallcarbonate 234
 - Erdalkalimetalle 231
 - , Flammenfärbung 231
 - Erdalkalimetalhydride 233
 - Erdalkalimetalloxide 234
 - Erdatmosphäre
 - Erdgas 251, 282, 380
 - Erdhülle 214
 - Erdkruste 214
 - Erdöl 251, 389
 - Erdölverbrauch 477
 - Erhaltungssätze für Masse und Energie 2
 - Erio T 184, 187
 - Erlenmeyer-Regel 254, 393
 - Erstarren 122, 133
 - Essigsäure 2, 33, 200, 415ff., 432
 - , pKs-Wert 169, 411
 - , Titration 170f.
 - Essigsäureethylester, s. Ethylacetat
 - Essigsäuremethylester, pKs-Wert 411
 - Ester 30, 418ff.
 - Esterkondensation 420
 - Ethan 374ff.
 - Ethanol 26, 395
 - , pKs-Wert 396, 411
 - Ethanolamine 448
 - Ethansäure, s. Essigsäure
 - Ethen (Ethylen) 208, 383
 - Ether 30, 398ff.
 - Etherperoxid 399
 - Etherspaltung 399
 - Ethin, s.a. Acetylen 250, 253, 384
 - Ethylacetat 420
 - Ethylbenzen 390
 - Ethylbenzoat 420
 - Ethylendiamin 184f.
 - Ethylendiamin-tetraessigsäure 184, 186f., 536
 - Ethylenoxid 448, 489
 - 2-Ethylhexanol 395, 549
 - Europium 315
 - Eutektikum 132f., 532
 - Eutrophierung 270, 282
 - exergonisch 140
 - Extrahieren 26
- ## F
- Fahlerz 348
 - Fajans, Kasimir 360
 - Faktoren, stöchiometrische 41
 - Fällungsreaktionen 177ff.
 - Faraday, Michael 145, 153
 - Faraday-Konstante 153, 159
 - Faradaysche Gesetze 153f.
 - FCKW 231, 307, 490, 492
 - Fedorow, Jewgraf Stepanowitsch 80
 - Fehler, systematischer 509
 - , zufälliger 509ff.
 - Fehling, Hermann Christian v. 350
 - Fehlrigsche Lösung 350, 410, 464
 - Fehlordnung 18, 81
 - Feldspat 30, 29, 226, 238, 258
 - f-Elemente 311
 - Ferment, s. Enzym
 - Fermium 363

- Fernordnung 17, 526
 Ferrate 329
 Ferrite 328
 Ferroin 195
 Ferromangan 323
 Ferrosilicium 255
 Ferrovanadium 322
 Festkörper, idealer 17, 80
 Festkörperphysik 75
 Fette 459ff.
 Fettsäuren 459
 –, essentielle 461
 Feuerstein 257
 Filtration 26
 Fischer-Projektion 450
 Fixierbad, -salz 192, 295, 351
 Flammenfärbung 225, 231
 Flammschutzmittel 304
 Fließgleichgewicht 139
 Flotation 33
 Flüchtigkeit (organ. Verbindungen) 438ff.
 Fluor 299ff., 305
 Fluorapatit 264, 303, 305,
 Fluorchlorkohlenwasserstoffe 302, 492
 Fluorwasserstoff 95, 302, 305
 Flüssigkeit (allgemein) 17
 –, polare, unpolare 30
 –, überhitzte, unterkühlte 28
 Flüssigkeitsgemisch 30
 Flüssigkristall 14
 Flußsäure 302
 Flußspat, Fluorit 92, 300, 302
 Folgereaktion 204
 Formaldehyd 250, 272, 352, 413, 414
 formale Ladung, s. Ladung
 Formalin 413
 Formamid 424
 Formel, Brutto- 11
 –, empirische 2
 –, erweiterte Summen- 11
 –, Struktur- 2, 17
 –, Summen- 2, 11
 Forsterit 257
 Fraktionierung 33, 130f.
 Francium 225
 Frasch, Hermann 291
 Frasch-Verfahren 291
 Freie Enthalpie 140ff., 188
 –, Bildungs- 286
 –, Reaktions- 139, 145, 157ff., 186, 200, 536
 Freiheit(sgrad) 21
 Freone 492
 Friedel-Crafts-Reaktionen 244, 406, 422
 Frigene 492
 D(-)-Fructose 463
 Fuller, Richard Buckminster 251
 Fullerene 30, 251
 Fumarsäure 416, 417, 418
 funktionelle Gruppen 391
 Furan 446
 Fusionsreaktion, thermonucleare 362
- G**
- Gadolinium 315, 318
 Gadolinit 317
 D(+)-Galactose 463
 Galenit 14, 251
 Gallium 46, 237, 246
 Galliumarsenid 246, 277
 Galvani, Luigi 145
 galvanische Zelle, s. Element, galvan.
 Garnierit 321
 Gärung, alkoholische 394, 464
 Gärungsprozeß 282
 Gas 17f., 29, 42, 75, 80
 Gasexplosion 142
 Gaskonstante 116
 Gasmischung 30
 gauche-Konformation 268, 285
 Gaußkurve 510
 Gefriertemperatur-Erniedrigung 44
 Gefriertrocknung 22
 Gefüge 76
 Gegenstromprozeß 131
 Gel 18
 Gelatine 33
 Gemenge 19f., 26, 526
 Gemisch, s. auch Mischung 7, 19f.
 –, binäres 129ff.
 –, fein- bzw. grobdisperses 19
 –, heterogenes (Gemenge) 19f.
 Generatorgas 254
 genetischer Code 473
 Geoakkkumulation 443
 Germanium 46, 249, 259f.
 Geschwindigkeitsgleichung 199f.
 Geschwindigkeitskonstante 197, 199ff., 210, 537

- Gesellschaft Deutscher Chemiker 524
Gesetz, konstante Proportionen 41
–, Volumen- (Avogadro) 42
Gesetz, Coulombsches 97, 288
–, Erhaltung der Energie 2
–, Erhaltung der Masse 2
–, Masse-Energie-Äquivalenz 2
–, multiple Proportionen 41
–, Volumen- (Avogadro) 42
–, Winkelkonstanz (Steno) 76
Gibbs, Josiah Willard 105
Gibbs-Helmholtz-Gleichung 140ff.
Gibbsit 253
Gillespie, Ronald J. 83
Gips 93, 181, 234
Gitter (Kristallstruktur)
–, Brucit- 92
–, Cadmiumchlorid- 92
–, Cäsiumchlorid- 91
–, Diamant 7, 87, 252
–, einfach kubisches 87
–, Flußspat-, Fluorit- 92, 234
–, Ilmenit- 92
–, Korund- 92
–, kubisch raumzentriertes 87
–, Natriumchlorid-, Steinsalz- 75, 90, 92
–, Nickelarsenid- 92
–, Perowskit- 92
–, Spinell- 90
–, Wurtzit- 90, 92, 356
–, Zinkblende- 92, 356
Gitterenergie 95ff., 122ff., 279, 288
Gitterkonstante 76, 79
Glas 17f., 103
Glasätzen 302
Glaselektrode 155, 170
Glauber, Johann Rudolf 139
Glaubersalz 32
Gleichgewicht, chemisches 19, 37ff., 145ff.
–, dynamisches 44, 200
–, gekoppeltes 188
–, mechanisches 19
–, thermisches 19
–, thermodynamisches 28, 106, 140ff.
Gleichgewichtskonstante 145, 158ff.,
165f., 200
–, stöchiometrische (konventionelle) 35
–, thermodynamische 44
Gleichgewichtszustand 106
Gleitspiegelebene 80 f.
Glimmer 30, 226, 238, 258
D-Gluconsäure 464
D-(+)-Glucose 463ff.
D-Glucuronsäure 464
Glühstrümpfe 366
Glutamin 454
Glutaminsäure 455
Glycerin (Glycerol) 26, 395, 459, 483
Glycin 454
Glycogen 466
Glykol (Glycol) 3, 344, 395
Gmelin (Handbuch) 522
Gmelin, Leopold 522
Goethe, Johann Wolfgang von 3
Gold 8f., 342f., 347, 348, 351
Gold(I)-chlorid 351
Goldrubinglas 33
Goldschmidt, Hans 243
Granat 312
Granit 7, 30
Graphit 89, 102, 117ff., 249ff.
Graphitfluorid 252
Moderator 253, 361
Grenzstrukturen, mesomere 68f.
Grignard, Victor 232
Grignard-Verbindungen 232
Grippe-Viren 468
Grundgesamtheit 512
Gruppentheorie 82
Guanin 469
Guericke, Otto von 41
Guldberg, Cato Maximilian 44, 200
Gummi 482
Gußeisen 324
Gyre 77
- ## H
- Haber, Fritz Jacob 123, 266, 303, 348
Haber-Born-Kreisprozeß 98, 123f.
Haber-Bosch-Verfahren 33, 266
Habitus (Kristalle) 76
Hafnium 335, 337
Hafniumcarbid 338
Hahn, Otto 365
Halbacetal 409
Halbleiter 19, 101, 277, 296
Halbmetall 19, 85

- Halbwertszeit 201f.
Halit 14, 226
Hall, Charles Martin 244
Hall-Heroult-Verfahren 244
Halogene 299
–, Bindungsdissoziationsenergie 300
–, Elektronegativität 299
–, Elektronenaffinität 299
–, Oxidationswirkung 193
–, Radioisotope 299
Halogenierung 389
Halogenkohlenwasserstoffe 30, 403ff.
Halogenoxide 300, 306
Halogen-Oxosäuren 308
Halogensauerstoffsäuren 300
halogensubstituierte Alkene 405
halogensubstituierte Aromaten 405
Halogenwasserstoffe 305
Häm 92
Hämatit 320
Hamilton, Sir William Rowan 43
Hamilton-Operator 43
Hämoglobin 187, 253, 324
Harkinssche Regel 317
Harnstoff 267f., 272, 324, 551, 369, 424
Harz 17
Hauptgruppenelemente 47ff.
Hauptsätze; siehe Thermodynamik
Hausmannit 328
Heisenberg, Werner Karl 43
Heitler, Walter Heinrich 56
Heizöl 380
Helium 58, 217f.
Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand v.
105, 139
Hemimorphit 354
Hemmung, kinetische 177, 286, 526
Henderson-Hasselbach-Gleichung 171
Henrysches Gesetz 499
Hermann, Carl 77
Héroult, Paul Louis 244
Hessel, Johann Friedrich Christian 78
Hess, Germain Henri 114, 117
Heteroaromat 445ff.
Heterocyclen 445ff.
heterogenes System, s. System
Hexaaqueisen(III)-Ion 174, 525
Heteropolymolybdate 339
Hexachlorcyclohexan 494
Hexachloroplatinsäure 344f
Hexacyanoferrat-Komplexe 329
Hexafluorozirconat-Ion 337
Hexafluorokieselsäure 256, 302
Histamin 456
Histidin 18, 455
Hochofen 323
Holmium 315
Holz 7
HOMO, siehe Orbital
homologe Reihe 373
Homopoly-Anionen 339
"horror vacui" 41
HPLC 507
Hückel-Regel 82, 386
Hume-Rothery, William 88
Huminstoffe, Huminsäuren 226, 258
Hund, Friedrich 45, 56
Hundsche Regel 44, 263, 528
Hyacinth 338
Hybridisierung (sp-, sp²-, sp³-) 59f., 371
Hydrargillit 244f.
Hydratationsenergie, -enthalpie 123ff., 289
Hydrathülle 182
Hydratisomerie 325, 332
Hydrazin 267f., 352
Hydride 223
Hydrid-Ion 220, 227
Hydrieren 410, 460
Hydroxycarbonsäure 449ff.
Hydrochinon 397f.
Hydrogencarbonat-Ion 254
Hydrogensulfat 18, 294
Hydrogensulfid-Ion 18, 170
Hydrogensulfit-Ion 18
Hydrolyse 174, 289
Hydron, Hydronium-Ion 163, 222
Hydrophilie 26, 392
Hydrophobie 26
Hydrosphäre 214, 443
Hydrothermalsynthese 257
Hydroxide 17
Hydroxid-Ion 163, 280, 289
Hydroxid-Radikale 283
Hydroxybuttersäure 451
Hydroxylamin 268
Hydroxylgruppe, glykosidische 463
Hygroskopizität 30
Hyperoxide 228, 286

Hyperoxid-Ion 286
hypochlorige Säure 18, 223
Hypochlorit-Ion 194
hypophosphorige Säure 275
Hypophosphorsäure 275

I

Identitätsoperation 75
I-Effekt 435ff.
Ilmenit 92, 321, 325
Imidazol, pK_B -Wert 447
Impfkristall 526
ionisierende Strahlung 304, 359, 361f.
Indium 237, 246
Industrieabgase 33
induzierter Dipol 404
Inertpaar-Effekt 238, 250, 264
Inhibitor 207
Insulin 324, 457ff.
Intercalationsverbindungen 252, 303
Interhalogenverbindungen 46, 305
Internet, s. Chemie im Internet
Inversion, Elementanordnung 46
Inversion, -sdrehachse 78, 81
Inversionszentrum 78, 81
Invertzucker 466
Iod 17, 299f., 303, 304
Iodheptafluorid 301
Iodide, Nachweis 192
Iodometrie 156, 295, 303, 306, 351
Iodpentafluorid 305
Iodstärke-Reaktion 304
Iodwasserstoff 199, 206, 222, 305f.
Iodzahl 461
Ionenaktivität 44, 147, 178
Ionenaustausch(er) 33, 290, 312
Ionenbeziehung, -bindung 69ff.
Ionengitter 90ff.
Ionenkonzentration 178
Ionenkristalle 10, 95f., 100
Ionenpotential 125, 231, 288
Ionenradius, s. Radius
Ionenreaktion 163f., 199
Ionenwanderung 151
Ionisierung 141
Ionisierungsenergie 61f., 97, 279, 529
Iridium 341, 343f.
Iridosmium 342

irreversibel; s. Zustandsänderung
Isocyanat-Gruppe 480
isoelektrischer Punkt 100, 454f.
Isoleucin 60, 454
Isomerie 374ff.
–, Diastereo- 449
–, Z/E- (cis/trans-) 60, 381
Isomorphie 133
Isophthalsäure 417
Isopoly-Ionen 245
Isopren 481
Isopropanol 395
Isopropylidenacetylaceton 412
Isosterie 254, 268f., 308
Isotop 8, 528
Isotropie, optische 103
IUPAC-Regeln 7, 17, 373

J

Jenaer Glas 241, 258
Joule, James Prescott 130
Joule-Thomson-Effekt 130

K

Kainit 232
Kalibrierung 511
Kalilauge 273
Kalisalpeter 264
Kalium 17, 150, 225
Kaliumchlorat 208, 308
Kalium-hexacyanoferrat(II), -ferrat(III) 13f.
Kaliumnitrat 103
Kaliumoxide 230
Kaliumperchlorat 308
Kaliumpermanganat 328
Kaliumperosmat 344
Kaliumtetrachloroaurat 18, 352
Kaliumtetraoxoferrat(VI) 329
Kalk, gebrannt, gelöscht, -milch, -wasser 40, 234
Kalkseife 235
Kalkstein 235
Kalomel 14, 199, 357
Kalottenmodell 89
Kältebad, -mischung 133, 178
Kaolin 258
Kampfgase 303
Kant, Immanuel 1

- Katalysator 203, 206ff., 533
Katalyse 197, 206ff.
Kat(h)ode 151f., 261
Kation 9
Kation(en)säure 165
Kaustifizierung 229
Kautschuk 28, 481
Keim (neue Phase) 28, 177
Kelvin, s. Thomson
 β -Kephalin, 462
Kernbrennstoff 365
Kerneinfang 226
Kernit 238
Kernladungszahl 8, 46
Kernreaktion 42, 297, 359, 365
Kernreaktor 360f., 365
Kernreaktor-Brennstäbe 336f.
Kernspaltung 361
Kernteknik 302
Kernumwandlungen 360
Kernwaffensprengstoff 365
Kerosin 380
Kesselstein 232, 235
Keto-Enol-Tautomerie 410ff.
Ketone 408ff.
Ketosen 462
Kettenreaktion 204, 303
Kettensilicate 257
Kraftfahrzeug-Abgase 143
Kieselgel 30, 91, 257, 501ff.
Kieselglas ("Quarzglas") 17, 30, 91, 257
Kieselgur 251, 257
Kieselsäure 237, 257
Kieserit 232
Kipp, Jacobus Petrus 354
Kippscher Apparat 292, 354
Kirchhoff, Gustav Robert 116
Kirchhoffsches Gesetz 116
Klinker 258
Knallgas 19, 44, 152, 220
Knoevenagel-Kondensation 413
Knöllchenbakterien 265
Kochsalz 7, 9, 14
Kohlearten 251
Kohlenhydrate 462ff.
Kohlensäure 223, 254
Kohlenstoff 17, 249, 251
–, Verbrennung 119
Kohlenstoffdioxid 137, 221, 249, 251, 253f., 281
Kohlenstoffmonoxid 118f., 221, 253f.,
277, 323, 331
Kohlenstoff-Element-Bindung 404
Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung 370
Kohlenstofffasern 252
Kohlenstoffdisulfid 291
Kohlenwasserstoffe 30, 281, 373ff.
Kohlevergasung 221
Koks 252
Kolbe-Synthese 451
komplementäre Basenpaare 471ff.
Komplex, aktivierter 204, 210
Komplexbildung 182ff., 536
Komplexchemie 320
Komplexe, anionische, kationische 18
–, Nomenklatur 18
Komplexon, Komplexometrie 187f., 200
Komplexstabilität 184ff.
Kompressibilität 112, 129
Komproportionierung 194, 254, 261, 304
Kondensation 122, 245, 259, 275
Kondensationskurve 131
kondensierte Phosphorsäuren 275
Konfiguration 263, 450
Konformation 378ff.
Kongenerie 378, 493ff.
Königswasser 270, 348
Konstantan 349
Konstitution 374
Konstitutionsisomere 374
Kontakt, -gift 209
Kontaktverfahren 209, 294
Kontrollwert 514
Konvertierung 221, 266
Konzentration, s. Zusammens.-größen
Konzentrationskette 155
Koordinationsverbindungen 182, 440ff.
Koordinationszahl 96, 182, 298
Korrosion 154, 293
Korrosionsschutz 154, 323
Korund 92, 238, 243ff., 257
kosmische Strahlung 220, 362
Kovalenzradius 105
Kraft, elektromotorische 147f.
Kreide 234
Kreisprozeß 106, 117f.
–, Born-Haberscher 98
Kresole 75, 398
Kristall, idealer 80, 139

- , realer 81
 - Kristallchemie 75
 - Kristallgitter, s. Gitter
 - Kristallklassen 78, 531
 - Kristallstruktur 77
 - Kristallographie 104
 - Kristallsysteme 78f., 531
 - kritische Größe 361
 - kritische Temperatur 21
 - Kroll, William Justin 322
 - Kroll-Verfahren 322, 337
 - Kryolith 14, 238, 300, 302
 - Krypton 217
 - Kryptonkonfiguration 330
 - Kugelpackungen, dicht(est)e 85ff., 246, 253, 356
 - Kunststoffe 479ff.
 - , Entsorgung 484
 - , Struktur-Eigenschafts-Beziehungen 481
 - Kupfer 17, 153, 347ff.
 - , iodometrische Bestimmung 158
 - Kupferglanz 348
 - Kupfer(II)-hydroxid 350
 - Kupferkies 348
 - Kupferoxide 349f.
 - Kupfer(I)-sulfid 349, 351
 - Kuppelprodukt 477, 489
- L**
- Lachgas 14, 195, 269
 - Lactid 451
 - Lacton 451
 - Lactose 466
 - Ladung, effektive 63, 65
 - , formale 65f.
 - Ladungsbilanz 41, 192
 - Ladungsdichte 125
 - Landolt, Hans Heinrich 522
 - Landolt/Börnstein (Handbuch) 522
 - Langmuir-Fackel 220
 - Langmuir, Irving 220
 - Lanthan 311
 - Lanthanhydroxid 312
 - Lanthanoide 49, 311, 315ff., 354, 339, 342
 - , Ionisierungsenergie 316
 - , Radioisotope 311, 315
 - Lanthanoidenkontraktion 238, 316f., 335, 338, 341, 363
 - Lanthanoxid 312
 - Latex 33
 - Laufmittel 501
 - Laurinsäure 460
 - Lavoisier, Antoine Laurent 5
 - Lawrencium 363
 - Lebenskraft (vis vitalis) 2
 - Lebewesen 139
 - Le Chatelier, Henry Louis 38
 - Lechatelierit 91
 - α -Lecithine 460
 - Leclanché, Georges 151
 - Leclanché-Element 151
 - LED 277
 - Legierung, eutektische 132
 - Leitfähigkeit, elektrische 100
 - , Aktivierungsenergie 101f.
 - , metallische 100
 - Leitung, Elektronen- 101
 - l-Entartung 47
 - Leucin 454
 - Leukipp 41
 - Lewis, Gilbert Newton 164
 - Lewis-Base 289
 - Lewis-Säure 289
 - Lichtenberg, Georg Christoph 3
 - Liebig-Kühler 18
 - Liganden, Ligatoren 18, 182
 - , Namen einzähniger 18
 - , mehrzähnige 186
 - Ligandenfeld(theorie) 45, 185
 - Lindan 494
 - Linde, Carl Paul Gottfried von 130
 - Linearkombination Atomorbitale (LCAO) 56ff.
 - linksdrehende Milchsäure 449ff.
 - Linolsäure 460
 - Linolensäure 460
 - Lipide 459ff.
 - lipophil 392
 - Lipscomb, William Nunn 241
 - liquidus 17, 133
 - Literatur, chemische, s. Chemieliteratur
 - Lithium 225
 - , Hydratisierungsenergie 225
 - , Standardpotential 225
 - Lithiumalanat 244, 256
 - Lithiumcarbonat 230
 - Lithiumhydrid 65, 227
 - Lithiumnitrid 227, 265
 - Lokalelement 153

- London, Fritz Wolfgang 56
Löslichkeit 177f.
–, organischer Verbindungen 438ff.
–, Temperaturabhängigkeit 178
–, von Stoffklassen 181f.
Löslichkeitsprodukt 156, 178f.
Lösung, allgemein 19, 33
–, gesättigte 177f.
–, übersättigte 177
Lötmetalle 260
Lowry, Thomas Martin 164
Luft 19, 30, 33
Luftembolie 218
LUMO, siehe Orbital
Lutetium 315
Lysin 455
- M**
- Madelung-Konstante 96
Magnesit 232
Magnesium 231
Magnesiumcarbonat 234
Magnesiumhydroxidchloride 233
Magnesiumoxid 234
Magnesiumperchlorat 289, 308
Magnesiumsulfat 235
Magnetit 92, 196, 320, 329
Magnetkies 320
Magnetwerkstoffe 45, 317
Magnus, Albertus 139
Makromoleküle 10, 107
Makrosystem, -zustand 107, 138
Maleinsäure 416, 417, 418
Maleinsäureanhydrid 422
Malondialdehyd, pK_S -Wert 411
Malonsäure 417
Malonsäurediethylester, pK_S -Wert 411
Malonsäuredinitril 425
Maltose 465
Mangan 319, 323, 328
Mangandioxid 328
Manganknollen 321
Manganometrie 156, 328
Mangan(II)-oxid 328
Mangan(VII)-oxid 328
Mangan(II)-sulfat 329
Marienglas 93
Markasit 14, 330
Markownikow-Regel 547
Marmor 7, 30, 181, 234
Maskierung (Ionen) 185
Maßanalyse 156
Masse, molare ("Molmasse") 9, 110
Massenanteil 28
Massenkonzentration 28
Massendefekt 42
Masseneinheit, atomare 8, 42
Massentransfer 504, 507
Massenwirkungsgesetz 36, 42, 198
Massenzahl 42
Maßlösung 29, 42, 156, 295
Materialforschung 104
Mauguin, Charles-Victor 77
Maxwell, James Clerk 105
Mayer, Julius Robert von 106
Mechanismus 19
Medikamente, Haltbarkeit 201
Meerwasser 300
M-Effekte 26, 435ff., 415, 419
 $d\pi$ - $p\pi$ -Mehrfachbindungen 280
 $p\pi$ - $p\pi$ -Mehrfachbindungen 249, 280
Mehrfachbindungsregel 71, 249, 263
Meitner, Lise 46, 365
Membran-Verfahren 228
Mendeleejew, Dimitrij Iwanowitsch 46
Mendelevium 363
Mennige 261
Mercaptid 456
Mesomerie (Resonanz) 68f., 372, 385
Mesomerieeffekte, s. M-Effekte
Messing 33, 349
Metallcluster 328, 332, 341
Metall 8, 9, 49
–, Schmelztemperaturen 98
–, Struktur 85ff.
Metallelektroden 147ff., 195
Metallindikatoren 188
metallische Bindung 69ff.
Metallothermie 233, 239
Metaphosphorsäure 276
Metasäure 241
metastabil 284, 286
Metavanadate 326
Methan 65, 68, 141f., 250f., 255, 380
–, pK_S -Wert 411
Methanisierung 254
Methanol 221, 394ff.

- , Energieträger 394
 - , pK_S -Wert 396
 - Methansäure, s. Ameisensäure
 - Methionin 454
 - Methylamin 267, 400, 403
 - , pK_B -Wert 400
 - Methylbutyrat 418, 420
 - Methylformiat 420
 - Methylisonitril 204
 - Methylorange 173
 - 3-Methylpentan-2,4-dion 412
 - 2-Methylpropylpropionat 418
 - N-Methyl-pyrrolidon 424, 424
 - Meyer, Julius Lothar 46
 - Micelle 485
 - Mikroskopie 107
 - Mikrozustand 107, 138
 - Milchsäure 449
 - Milchsäuregärung 464
 - Milchzucker 465
 - Minerale 14
 - Mineralisierung 443
 - Mineralogie 107, 26
 - Mischbarkeit 7, 25f., 130ff.
 - Mischindikator (pH) 173
 - Mischkristall 19, 89, 133, 526
 - Mischmetall 317
 - Mischphase 18, 36
 - Mischung 18ff., 27ff.
 - , ideale 30
 - , azeotrope 131
 - Mittelwert 509
 - Modifikation 30
 - Modifikationswechsel 122
 - Moissan, Henri Ferdinand-Frédéric 149
 - Mol 8, 28f.
 - Molalität 28ff.
 - Molekularität, s. Reaktion
 - Moleküle 54, 61
 - Molekülmasse, relative 9
 - Molekülorbital 100
 - Molekülorbital-Theorie (MO-Theorie) 56ff.
 - Molekülspektroskopie 82
 - Molekülsymmetrie 81ff..
 - Molmasse, s. Masse, molare
 - Molvolumen, s. Volumen, molares
 - Molybdän 335, 337, 339
 - Molybdänblau 339
 - Molybdändisulfid 339
 - Molybdänit 336
 - Monazitsand 317, 364
 - Mond, Ludwig 324
 - Mond-Verfahren 324
 - Monelmetall 301, 324
 - Monosaccharide 462ff.
 - Monosilan 237, 255f.
 - Monosilicate 257
 - Montmorillonit 258
 - Morpholin 402, 403
 - , pK_B -Wert 402
 - Mörtel 234
 - Moseley, Henry Gwyn Jeffreys 46, 528
 - Mülldeponie 142
 - Mulliken, Robert Sanderson 56, 63
 - Multiplikationstabeln 82
 - Muscon 413
 - Muscovit 258
 - Mutationen 362, 474
 - Myristinsäure 460
- ## N
- Nachweisgrenze 510f.
 - NAD 470
 - Nahordnung 17, 525
 - Nanoröhren 251
 - Napalm 243
 - Naphthalen (Naphthalin) 390
 - α -Naphthol 398
 - β -Naphthol 398
 - Natrium 9ff., 149, 225
 - Natriumazid 268
 - Natriumbismutat(V) 264
 - Natrium/Blei-Legierungen 227
 - Natriumcarbonat 14, 230
 - Natriumchlorat 14, 228, 306, 308
 - Natriumchlorid 9f., 103, 122, 226
 - , Gitterenergie 124
 - , Landpflanzen 226
 - , Meeresspflanzen 75, 226
 - Natriumchlorit 275, 308
 - Natriumchromat 327
 - Natriumcyanid 271, 350
 - Natriumdichromat 327
 - Natriumfluorid 303
 - Natriumhexafluorosilicat 303
 - Natriumhexahydroxoantimonat(V) 278
 - Natriumhydrogencarbonat 229

- Natriumhypochlorit 228, 268, 307
 Natriumiodid 304
 Natrium-Kalium-hexanitrocobaltat(III) 332
 Natriumnitrat 271
 Natriumnitrit 271
 Natriumperborat 242, 286
 Natriumperchlorat 308
 Natriumphenolat 397
 Natriumthiosulfat 294
 Natriumtriphosphat 276
 Natronlauge 229, 488
 Natronsalpeter 264
 Natta, Giulio 209
 Naturphilosophen 41
 Nebengruppenelemente 41
 Neodym 315
 Neon 217
 Neptunium 363f.
 Nernst, Walther Hermann 105
 Nernstsche Gleichung 154, 158, 191, 534
 Neusilber 349
 Neutralbase 165
 Neutralisation 172ff.
 Neutralkomplex 18
 Neutralsäure 165, 169
 Neutrinos 361
 Neutron 8, 42
 Neutronenabsorber 239, 317
 Neutronenquelle 297
 Neutronenstrahlung 360
 Newman-Projektion 268, 378
 Nichtgleichgewichtszustand 28
 Nickel 319, 332
 Nickelarsenid 92
 Nickeldiacetyldioxim 186, 332
 Nickel(II)-oxid 332
 Nickeltetracarbonyl 324
 Nickelvitriol 332
 Nicotin 439
 Niobit 336
 Niobium 335, 337f.
 Nitr(yl)amid 211
 Nitrat-Ion 18, 68f.
 –, Nachweis 193
 Nitride 265
 Nitrierung 387
 Nitrit-Ion 283
 4-Nitroanilin, pK_B -Wert 426
 Nitrobenzol 10, 271, 427, 447
 4-Nitrobenzoesäure, pK_S -Wert 426
 Nitrocellulose 271
 Nitroglycerin (Glycerintrinitrat) 271, 427, 432
 Nitrogruppe 270
 Nitromethan 411
 – pK_S -Wert 396
 Nitrophenol, pK_S -Wert 396
 Nitrosamine 271, 403
 nitrose Gase 269
 Nitrosylchlorid 271, 283, 306
 p-Nitrotoluen (p-Nitrotoluol) 427
 Nitroverbindungen 426ff.
 Nobelium 363
 Nomenklatur, chemische 2, 10, 373ff., 516
 Nordstrandit 245
 Normalbedingungen 109
 Normalität 29f.
 Normallösung 30
 Normaltemperatur 111
 Normal-Wasserstoffelektrode 147, 156
 Nucleinsäuren 468ff.
 nucleofuge Austrittsgruppen 437
 nucleophile Substitution 392ff., 405ff., 489
 Nucleophilie 435ff., 440
 Nucleoside 468ff.
 Nucleotide 468ff.
 Nukleon 8, 42
 Nuklid 8f., 46, 528
 Nullpunkt, absoluter 136, 138
 Nullpunktsenergie 97
 Nyholm, Ronald Sydney 83
 Nylon 108
- O**
- Oberfläche, spezifische 209
 Oktaeder 77
 Oktaederlücken 90f.
 Oktafluorotantalat 338
 n-Octan 119ff., 120
 Oktanzahl 380, 389
 Oktettregel 71, 263, 280
 Öle 460
 Oleum 294
 Olivin 92f., 257
 Ölsäure 460
 Opal 30, 251, 257
 Opferanode 153
 optische Aktivität 449

- Orbital 44, 53f.
–, d-, 3d- 53f., 311
–, f- 49, 54, 316
–, p- 53f.
–, s- 53f.
–, σ - 56
–, π - 56
–, HOMO 101
–, LUMO 101
Ordnungszahl 8
organische Verbindungen 431ff.
–, Abbau 443
–, Flüchtigkeit 431ff., 438ff.
–, Löslichkeit 431ff., 438ff.
–, Polarität 438ff.
Orthoborsäure 241
Orthokieselsäure 93
Orthoklas 258
Orthoperiodsäure 308
Orthophosphorsäure 65, 93, 168ff., 273, 275
Orthosäuren 241
Orthotellursäure 298
Osmiridium 342
Osmium 341f., 344
Osmiumverbindungen 342f.
Ostwald, Wilhelm 270
Ostwald-Verfahren 270
Ottomotor 120
Oxalsäure, Oxalat 196, 352, 417
1,3-Oxazol 446
Oxidation 146
Oxidationsmittel 149, 191ff.
Oxidationsschmelze 196
Oxidationszahl, –stufe 12f., 67ff., 191ff.
–, Ermittlung 66
–, Hauptgruppenelemente 67
–, Lanthanoiden 68
–, Nebengruppenelemente 67
Oxide 284
Oxid-Ion 287
Oxo-Anion 294
Oxonium-Ion 163, 222, 280, 289
Oxoniumhexafluoroantimonat(V) 222
Oxosalze 285
Oxosäure 222f., 285
Ozon 117, 229, 254f., 283f., 301, 307
–, iodometrische Bestimmung 283
Ozonabbau, –zerfall 209, 270, 284
Ozonid, Ozonid-Ion 67, 287
Ozonloch 207
Ozonschicht 284
- P**
Palladium 29, 284, 341, 343, 344f
Palladium(II)-chlorid 344f
Palladiumhydrid-Phasen 344f
Palladiumtetrafluorid 344f
Palmitinsäure 460
Paracelsus, Philippus A. Theophrastus 139
Paraffine 65, 380
Paraffinoxidation 380
Paraformaldehyd 413
Parallelreaktion 204
Paramagnetismus 286
Partialdruck 36
partielle Oxidation 221
passivierende Oxidschicht 232, 243
Passivierung 150, 150, 270, 321, 337f., 354
Patina 348
Pauli, Wolfgang 44
Pauli-Prinzip 44, 55, 97, 528
Pauling, Linus Carl 56, 63, 69, 223
Paulingsche Regeln 307
Paulingsche Systematik der Oxosäuren 223, 254
PCB 18, 493ff.
Pearson, Ralph G. 164
Pechblende 232, 364
Pentachlorphenol 495
Pentagondodekaeder 77
Pentlandit 321
Peptidbindung 456
Perchlorsäure, Perchlorat 18, 67, 170, 223, 307f.
Periode 8, 45
Periodensystem der Elemente (PSE) 8, 45,
515, 524
–, IUPAC-Benennung 50
Peritektikum 133
Perkin-Reaktion 422
Perlon 269
Permangansäure, Permanganat 193f., 196, 328
Perowskit 92, 531
Peroxid 285
Peroxid-Ion 285
Peroxydischwefelsäure 295
Peroxymonoschwefelsäure 295
Peroxyverbindungen 286
Perrheniumsäure 337, 339

- Persistenz 443
Pestizide 201, 276, 304
Pferdeschwanzeffekt 442
Phase 7, 18ff.
–, mobile 500ff.
–, stationäre 500 ff.
Phasendiagramm 20ff.
–, Wasser 21ff.
Phasengesetz 21ff., 129
Phasengrenzfläche 30
Phasenumwandlung 122, 141
Phenakit 92
Phenanthren 195
1,18-Phenanthrolin 195
Phenol 395ff., 398, 438
–, pKs-Wert 396, 411
–, qualitativer Nachweis 397
Phenol-Formaldehyd-Harze 484
Phenolphthalein 171, 535
Phenylalanin 454
Phenylhydrazon 410
Phenylhydroxylamin 427
Phosgen 255, 421, 422
Phosphane 273
Phosphat 469
Phosphide 273
Phosphinsäure 275
Phospholipide 462
Phosphonsäure 274f.
Phosphor 263, 272
–, weiß 8, 88
–, schwarz 10, 88
Phosphor(III)-chlorid, -trichlorid 274
Phosphor(V)-chlorid, -pentachlorid 60, 274, 416
phosphorige Säure 275
Phosphorite 264
Phosphormolekül, Struktur 274
Phosphor(III)-oxid 264, 274
Phosphor(V)-oxid 274f., 289
Phosphoroxidchlorid 60, 274
Phosphorsulfid 274, 291
Phosphortrifluorid 274
Photoeffekt, äußerer 225
Photographie 351
Photohalbleiter 297
Photosynthese 202, 235, 255, 281, 321, 462
photovoltaische Zelle 276
Phthalsäure 417, 418
Phthalsäureanhydrid 422, 483
pH-Wert 155, 166f., 535
–, Berechnung 168 f.
–, Blut 173
–, Indikatoren 171, 172f.
–, Titrationskurve 171ff.
Pikrinsäure, pKs-Wert 396
Piperidin 402f.
–, pKs-Wert 402
Planck, Max Karl Ernst Ludwig 43
Plasma (Aggregatzustand) 18
Platin 341, 343, 344f
Platinhexafluorid 344f
Platinmetalle 341
Platinmohr 343
Platon 41
Plexiglas 483
Plutonium 363f.
Plutonium– 261, 361
Plutoniumtetrachlorid 365
Plutoniumtetrafluorid 365
polare Gruppen 443
polare Substanzen 443
Polarisation 98
Polarisierbarkeit 97f., 164, 404
polarisierende Wirkung 294
Polarität 431, 438
Polonium 279f., 282, 296
–, Struktur 87
Poloniumdioxid 297
Polyacrylnitril 483
Polyaddition 480
Polyamid 269, 481
Polyamid-Bildung 483
Polyarthritis 352
Polychlordibenzo-p-dioxine 496
Polychlordibenzofurane 496
polychlorierte Biphenyle 493ff.
Polyester 482, 550
Polyethylen 483
Polykondensation 480
Polymerisation 383ff., 479ff.
Polymethacrylsäureester 483
Polymorphie 30
Polypeptid 456
Polyphosphorsäure 275, 276
Polypropylen 483
Polysaccharide 466ff.
Polystyren 483

- Polysulfide 292
Polytetrafluorethylen 483
Polythiazyl 296
Polytypen 94
Polyurethane 480ff.
Polyvanadate 326
Polyvinylchlorid 304, 483, 492ff.
Polyxen 342
Porphin 186
Portlandzement 258
Positronen 360f.
Postulate, Bohrsche 43
Potential, chemisches 44
Potential, elektrisches 108
Potentiometrie 155f.
Pottasche 14
Powell, H. M. 83
Praseodym 315
Priestley, Joseph 281
Primärstruktur 38, 456
Primärzellen 151
Prinzip des kleinsten Zwanges 38
Prinzip nach Thomsen und Berthelot 135, 141
Probenlagerung 512
Probennahme 512
Probenvorbereitung 513
Prolin 454
Promethium 315
Propan 380
1,3-Propandiol 26
1,2,3-Propantriol (s. Glycerin)
1-Propanol 26, 391
Propen 383, 384
Propionaldehyd 414
Propionsäureisobutylester 418
Propylamin 432
Propylbutyrat 418, 420
Protactinium 363f.
Protactiniumtetrafluorid 365
Protactiniumdioxid 365
Proteinbiosynthese 472ff.
Proteine 95, 265, 453ff.
–, fibrilläre 458
–, globuläre 458
–, Denaturierung 458
–, zinkhaltige 354
Protium 220
Protolyse 182, 289
Protolysegleichgewicht 165
Proton 8, 42, 219, 288
–, Hydratationsenergie 222
Protonenakzeptor, –donator 164f.
Protonentransfer 8
Protonsäuren 222
Prozeß, thermodynamischer 113
–, adiabatischer 113
–, endergonischer 113, 140f.
–, endoenergetischer 113
–, endothermer 113f. 135 141
–, exergonischer 113, 140f.
–, exoenergetischer 113
–, exothermer 113
–, irreversibler 113
–, isobarer 113, 115
–, isochorer 113
–, isothermer 113
–, isotherm-isobarer 113
–, reversibler 113
Proust, Joseph Louis 41
Pseudohalogen 271
Pufferlösungen 173, 535
Punktgruppen 82
Punktmutation 474
Punktsymmetrieelemente 76, 81f.
Purinbasen 469
PVC 483, 492ff.
P-Wert 432
Pyrex-Glas 241, 258
Pyridin 402ff., 446ff.
–, pK_B-Wert 402, 447
Pyridinium-Kation 413
Pyridoxal 414
Pyrimidin, pK_B-Wert 447
Pyrimidinbasen 469
Pyrit 14, 261, 291f., 320, 331
Pyrochlor 336
Pyrolusit 321, 328
pyrophor 321
Pyrophosphorsäure 275
Pyrrotin 320
Pyrrol 446f.
–, pK_B-Wert 447
Pyrrolidin, pK_B-Wert 402
- ## Q
- Quant, Quantenmechanik 43ff.
Quantenzahl, Haupt- 43ff.

–, magnetische 45
 –, Neben- 45, 53
 –, Spin- 44
 quartäre Ammoniumsalze 402
 Quartärstruktur 457
 Quarz 30, 91ff., 251, 257
 Quecksilber 17, 353ff., 356
 Quecksilber(II)-amidchlorid 356
 Quecksilber(I)-chlorid (Kalomel) 14, 356
 Quecksilber(II)-chlorid (Sublimat) 14, 356
 Quecksilber(I)-nitrat 356
 Quecksilber(II)-oxid 281, 356
 Quecksilber(I)-perchlorat 356
 Quecksilber(II)-sulfat 356
 Quecksilber(II)-sulfid 14, 356

R

Racemat 450
 radikalische Substitution 379, 489
 Radioaktivität 220, 311
 –, künstliche 360
 –, natürliche 359, 362
 –, natürliche Belastung 218, 230
 –, Halbwertszeit 202f., 220
 Radiochemie 42
 Radioisotope 218, 225f., 231f., 279, 299, 335
 Radiolyse 364
 Radionuclide 360, 362
 –, künstliche 361
 –, zur Banddickenmessung 361
 –, zur γ -Defektoskopie 361
 –, zur Tumorbekämpfung 361
 Radium 231
 Radiumchlorid 232
 Radius, Atom- 95f.
 –, Ionen- 95f., 231
 –, Orbital- 96
 –, van-der-Waals- 96
 Radon 217f.
 –, radioaktive Belastung 360, 365
 Raketentreibstoff 240
 Raney-Nickel 324
 Raschig, Friedrich 268
 Raschig-Verfahren 268
 Rasenbleiche 194
 Rauchgasentschwefelung 229
 Rauchgasreinigung 234
 Rauhreif 22
 Raumgitter 8, 75f.
 Raumgruppe 79f.
 Raumnetzstruktur 250, 257f.
 Raum-Zeit-Ausbeute 477
 Reaktant 198
 Reaktion (s. auch Prozeß)
 –, chemische 33
 –, exotherme 114
 –, freiwillige 113
 –, gehemmte 113
 –, Molekularität 197, 201, 210
 –, oszillierende 204
 Reaktionsbarriere 205
 Reaktionsenthalpie, s. Enthalpie
 Reaktionsentropie 160
 Reaktionsgeschwindigkeit 106, 197ff.
 Reaktionsgleichung 33ff.
 Reaktionskinetik 106, 197ff.
 Reaktionsmechanismus 197, 209f.
 Reaktionsordnung 197, 200ff., 210, 538
 Reaktionswärme 33, 146
 Redoxamphoterie 150, 194f.
 Redoxdisproportionierung 194
 Redoxgleichung 191ff.
 Redoxindikatoren 195
 Redoxpaar, korrespondierendes 191ff.
 Redoxpotential 147ff., 191ff.
 Redoxreaktion 147, 157ff., 191ff.
 Redoxtitration 193, 195
 Reduktion 146
 Reduktionsmittel 147, 191ff.
 Reforming-Prozeß 254
 Regel, (8-N)- 88
 Reinstoff 19
 Rektifikation 131
 relativistische Effekte 347
 Replikation 472
 Resonanz, Mesomerie 68f., 372, 385
 Resorcin 398
 Resublimation 122
 Retentionszeit 505f.
 R_F-Wert (Retentionsfaktor) 501ff.
 Rhenium 335, 337, 339
 Rheniumheptafluorid 339
 Rheniumheptaoxid 338, 339
 Rhodium 341, 343f.
 Ribonucleinsäure 265, 468ff.
 D-(+)-Ribose (D-Ribose) 463, 465, 468
 Richter, Jeremias Benjamin 33

- Ring-Ketten-Tautomerie 463
Ringspannung 272
Rinmans Grün 356, 357
RNS 468ff.
m-RNS 472ff.
t-RNS 472ff.
Rochow, Eugene G. 63
Roheisen 323
Rohrzucker 466
Rohrzuckerinversion 203
Röntgen, Wilhelm Conrad 46
Röntgenphasenanalyse 133
Röntgenspektrum 46
Röntgenstrahlung 359
Rosten 283, 323
Rotschlamm 244
Rübenzucker 466
Rubidium 225
Rubidiumhydroxid 352
Rubin 246
Ruhemasse der Elektronen 42
Ruß 18, 252, 257
Russell, Alexander Smith 360
Ruthenium 341 f., 344
Rutheniumtetrachlorid 344
Rutherford, Ernest 43
Rutherford-Borsches Atommodell 43
Rutil 91f., 321, 325
- S**
- Saccharose 203, 208, 466
Salicylsäure 451
Salmiak 14, 267
Salmiakgeist 267
Salpeter 178
Salpetersäure 13f., 169, 223, 267, 270
salpetrige Säure 18, 271
Salz 17, 174
Salzbrücke 150
Salzsäure 18, 131, 172, 305
Samarium 315
Sanderson, R. T. 63
Saphir 246
Sassolin 238, 247
Sättigungsdampfdruck 21
Sättigungskonzentration 178, 536
Sauerstoff 17, 56ff., 117, 279ff.
Sauerstoffdifluorid 116, 301
Sauerstofffluorid 302
Sauerstoffsäure 18
Säure 17
Säureamide 255, 267
Säure-Base-Konzepte 163ff.
Säure-Base-Paar, korrespondierendes 165, 167f.
Säure-Base-Reaktion 163ff., 438
Säurechlorid 255
Säure(dissoziations)konstante 167ff., 200
Säurehalogenide 306
Säuren
–, anorganische 169f.
–, binäre 222
–, Lewis- 289
–, organische Verbindungen 169
saurer Regen 181, 255, 270
Säurestärke 167ff.
Scandium 17, 46, 311f.
Scandiumhydroxid 313
Schadstoffe 202
Scheele, Carl Wilhelm 281
Scheelit 336
Scheidewasser 270
Schichtgitter 70, 94, 241, 252, 276f., 356
Schichtsilicate 257
schlagende Wetter 380
Schlämmen 26
Schlüssel-Schloß-Prinzip 458
Schmelzdiagramm 129, 132ff.
Schmelze, unterkühlte 133
Schmelzflußelektrolyse 227, 233
Schmelztemperatur 133
–, Eis 22
–, Metalle 99
–, organische Verbindungen 99
Schmucksteine 246, 257, 338
Schnee 22
Schnellkochtopf 22
Schoenflies, Arthur Moritz 77
Schrägbeziehung 226, 231, 237
Schraubenachse 80f.
Schrödinger, Erwin 43
Schrödinger-Gleichung 43
Schwarze, Bertholdt der 291
Schwarzenbach, Gerold Karl 186
Schwarzpulver 291
Schwefel 17, 30, 279, 281, 290
–, allotrope Modifikationen 28, 290
Schwefelbrücken 482

- Schwefeldichlorid 295
Schwefeldioxid 292, 294
–, Emissionen 293
Schwefelhexafluorid 60, 255, 280, 295, 301f.
Schwefelkohlenstoff 291
Schwefelsäure 2, 18, 30f., 223, 293
–, rauchende 294
Schwefeltrioxid 293f.
Schwefelwasserstoff 18, 137, 170, 281, 292
Schwefelwasserstoff-Spaltung 291
schweflige Säure 18, 223, 292, 352
Schweizers Reagens 350
Schwerspat 235
schweres Wasser 220
Sedimentieren 26
Seifen 229, 460
Seifengold 348
Sekundärstruktur 456
Sekundärzellen 152
Selbstindizierung (Titration) 193
Selbstorganisation 462
Selen 279, 282
Selenoxid 297
Selenhexafluorid 297
Selenocystein 297
Selensäure 298
Selenwasserstoff 297
Seltene Erden 312
Seltenerdmetalle 48, 312
Serin 454
Sesselkonformation 378
SI-Basiseinheit 8
Sicherheitszündhölzer 308
Sidgwick, Nevil Vincent 83
Sieben (Trennung) 26
Siedediagramm 109, 129ff., 532
Siedekapillare 129f.
Siedekurve 131
Siedesteinchen 28, 526
Siedetemperatur 22
Siedetemperatur-Erhöhung 44
Siedeverzug 28
Silane 256
Silber 17, 36, 347ff., 351
Silberbromid 304
Silberchlorid 29, 44
Silberchromat 181
Silber(I)-fluorid 351
Silberhalogenide 33, 188, 351
Silberiodid 304
Silbernitrat 351
Silber(I)-oxid 351
Silbersulfid 351
Silicagel 257, 332
Silicate 17, 251., 257, 281
Silicatglas 258
Silicide 256
Silicium 249, 255
Siliciumcarbid 94, 256
Siliciumdioxid 91f., 137, 249, 251, 255f.
Siliciumnitrid 266
Siliciumtetrachlorid 237, 256, 289
Siliciumtetrafluorid 256f., 273
Silicone 259
Silikose 258
Singulett-Sauerstoff 282
Sintermagnesia 234
Skłodowska-Curie, Marie 232
Smithsonit 354
Smog 270, 284, 293
Soda 14, 229
Soddy, Frederick 360
Sole 300, 304
Soliduskurve 133
Solvatation 163
Solvay-Verfahren 229
Sommerfeld, Arnold Johannes Wilhelm 41
Sorbinsäure 418
D-Sorbit 464
Sorelzement 233
Sörensen, Sören Peter Lauritz 166
Spannungsreihe, elektrochemische 147ff.,
154, 194
Speisewasser 290
spezifische Oberfläche 257
Sphalerit 354
Spiegelebene 81f.
Spin 103
Spinell 91f., 246, 326
Spodumen 226
Spontanspaltung 360
Sprengstoff (Explosion) 127
Sprödigkeit 100
Spurenanalytik 510
Stabilisator 207
Stabilität, kinetische, thermodynamische 198
Stahl 7, 100, 323f.
Standardabweichung 510ff.

- Standardbedingungen, -zustand 100
Standard-Bildungsenthalpie, molare 118ff.
Standarddruck 111
Standardelektrodenpotential 148, 157f., 191f.
Standardentropie 120
Standardkonzentration 111
Standardmolalität 111
Standardreaktionsenthalpie 119, 141, 206
–, freie 142
Standardreaktionsentropie 141
Standardtemperatur 111
Standard-Verdampfungsenthalpie 117
Standardzustandsdruck 111
Stanniol 259
Stapelfehler 87
Stärke 195, 466
Statik 197
steam reforming 221, 266
Stearinsäure 92, 460
Steinkohle 251
Steinsalz 14, 300
Steinsalzgitter 92, 228, 234
Stensen (Steno), Niels 76
Stickstoff 17, 49f., 263
Stickstoffdioxid 269
Stickstoffdünger 270
Stickstofffixierung 265, 267, 324, 331
Stickstoffmonoxid 119, 143, 269
Stickstofftrioxid 264
Stickstoffwasserstoffsäure 268
Stöchiometrie 33
Stöchiometriezahlen 41
Stoff, reiner 7
–, phasenrein 7
Stoffäquivalent 154
Stoffbegriff 7
Stoffbilanz 41
Stoffgemisch 30
–, Trennung 30
Stoffmenge 9, 28ff., 153
Stoffmengenanteil 10, 108
Stoffmengenkonzentration 28ff.
Stoffmengenverhältnis 9
Stoffportion 28
Stoffsystem 19
Stofftransformation 443
Stofftrennung 26f.
Stoffwechsel (Lebewesen) 107
Strahlung, elektromagnetische 43
 α -, β -, γ -Strahlung 359
Strassmann, Fritz 17, 365
Stratosphäre 209
Stromschlüssel 152
Strontium 231
Styren 390
Sublimat 14, 199, 357
Sublimation 33, 122
Sulfane 292
Sulfate 18, 294
Sulfide, Sulfid-Ionen 18
–, schwerlösliche 292
Sulfite 18
Sulfochlorierung 380
Sulfurylchlorid 14, 296
Summenformel 2, 11
Sumpfgas 380
Suspension 33
Sylvin 226, 300
Symmetrie 75ff.
Symmetrieebene 78
Symmetrieelemente 76ff., 81
Symmetrieeoperationen 75ff., 81
Symmetriezentrum 78, 81
Synproportionierung 152, 194
Synthesegas 254 283
System
–, abgeschlossenes (isoliertes) 107
–, binäres 108
–, disperses 26f.
–, Einelektronen- 43
–, Einphasen- 19
–, Einstoff- 18f.
–, geschlossenes 107, 136
–, grobdisperses 26
–, heterogenes 18, 108
–, homogenes 18, 108
–, kinetisch labiles, inertes 198
–, kolloiddisperses 26
–, Mehrelektronen- 43
–, Mehrphasen- 19
–, Mehrstoff- 18f.
–, molekulardisperses 33
–, offenes 107, 139
–, polynäres 108
–, ternäres 108
–, thermodynamisches 106f.
–, unitäres 108

T

- Tabakrauchen 235, 354
 Tantal 335, 337f.
 Tantalcarbid 253, 338f.
 Tantalit 336
 Tautomerie 275, 293, 296
 Technetium 335ff., 339
 α -, β -, γ -Strahlung 359
 Teilchenzahl 28
 Tellur 279, 282, 296
 Tellurverbindungen 297
 Temperatur
 –, eutektische 132f.
 –, kritische 21
 –, kryohydratische 133
 –, Umwandlungs- 7
 Template-Effekt 230
 temporäre Carbonathärte 235
 Tenside 33, 460, 484ff.
 Terephthalsäure 417f.
 Terbium 315
 Tertiärstruktur 456
 Tetraboran 240
 Tetracarbonylnickel(0) 18
 Tetrachlormethan 227, 405, 490
 Tetrachlorogold(III)-säure 351
 Tetracobalt-dodekacarbonyl 332
 Tetracyanocuprat(I) 350
 Tetraeder (Bindungen) 59f., 371
 Tetraederlücken 90
 Tetraederwinkel 250, 286
 Tetraedrit 348
 Tetrafluormethan 301
 Tetrafluoroborsäure 241
 Tetrahydridoborat 241
 Tetrahydrofuran 399
 Tetramethylharnstoff 424, 424
 Tetraminkupfer(II)-ion 350
 Tetraphosphordekaoxid 17
 Tetraschwefeltetranitrid 296
 Tetrathionat, Tetrathionsäure 67, 295, 306
 Thallium 237, 246
 Thallium(I)-hydroxid 18, 246
 Thallium(III)-hydroxid 18
 Thallium-Verbindungen 246
 Thénards Blau 331
 Thermit 126, 243
 Thermochemie 105ff.
 –, Daten (Tabelle) 120
 Thermodynamik 19, 105ff., 136, 145ff.,
 158ff., 197
 –, 0. Hauptsatz 105
 –, 1. Hauptsatz 105, 114ff.
 –, 2. Hauptsatz 105, 135ff., 186
 –, 3. Hauptsatz 105, 138f.
 –, chemische 105ff.
 – irreversibler Prozesse 107, 139
 –, statistische 107
 Thermoplast 481
 Thermostatik 106
 Thiocyanat-Ion 18
 Thionylchlorid 296, 416
 Thiophen 281
 Thioschwefelsäure, Thiosulfat 294, 306
 Thomsen, Hans Peter Jörgen Julius 135
 Thomson, Sir William (Lord Kelvin) 105, 130
 Thorium 363ff.
 Thoriumdioxid 364f.
 Thorium-Mineraie 300
 Thortveitit 257, 312
 Threonin 454
 Thulium 312, 315
 Thymidin-3'-monophosphat 469
 Thymin 469
 Thyroxin 305
 Tinkal 238
 Titan 319, 322, 325
 Titandiborid 240
 Titan(III)-chlorid 325
 Titandioxid 325
 Titancarbid 322
 Titanitrid 322, 325
 Titantetrachlorid 322, 345
 Titration 157
 –, Fällungs- 180f.
 –, komplexometrische 188
 –, potentiometrische 157, 195
 –, Redox- 158ff.
 –, Säure-Base- 170ff.
 TNT s. Trinitrotoluol
 Tollens-Reagens 410, 464
 Toluol (Toluol) 390
 Tonerde 245
 Tonminerale 226, 238, 245, 252, 258
 Torf 251
 Toxaphen 494
 Tracht (Kristalle) 76
 Transcription 472ff.

–, reverse 472
Translation 76, 79, 81, 472ff.
Transurane 365
Treibhauseffekt 81, 255f., 380
Treibhausgase 254f., 270, 284
Tremolit 258
Triade 46
1,3,5-Triazin, pK_B -Wert 447
1,2,4-Triazol, pK_B -Wert 447
Trichlormethan 490
Trichlorsilan 256f.
Tridymit 30, 91, 251
Tridymit-Struktur 287
Triebkraft chemischer Reaktionen 139ff.
Triethylamin 403
Triglyceride 459
Trimethylamin 400, 403, 432
– pK_B -Wert 400
Trimethylelessigsäure 11
Trinitrotoluol (TNT) 127, 271, 427
Trinkwasseraufbereitung 306
Tripelsuperphosphat 275
Tritium 42, 220
Triuranoxiaoxid 365
Trivialname 2, 17, 373
Tropylium-Kation 82
Trypsin 454
Tryptophan 454
Tschernobyl 362
Tschugajew, Lew Aleksandrovitsch 333
Tschugajews Reagens 186, 333
Turmverfahren 294
Turnbulls Blau 330
Tyndall, John 26
Tyndall-Effekt 26
Tyrosin 454

U

Übergangselemente 311, 319, 335, 353
übersättigte Lösung 29
Überspannung 150, 153
ubiquitäre Verbreitung 443
Ullmann, Fritz 522
Ullmanns Enzyklopädie 522
Ultraphosphorsäure 276
Umkehrosmose 290
Umweltchemie 520
Unbestimmtheitsrelation 43

Universum 18, 137
Unordnung 135f.
unterchlorige Säure 18, 67
Uracil 469
Uran 42, 363f.
Uran-258 361
Uran-260 362
Urandioxid 365f.
Uranhexafluorid 301, 365
Uraninit 364
Uranminerale 212, 226, 300, 312, 336, 364
Uran-Munition 362
Urantetrafluorid 301f.
Urantrioxid 365
Uranylhydroxid 365
Uranylsalze 365
Uratmosphäre 272
Urease 324
Ussanowitsch, Michail Iljitsch 164
UV-Strahlung 284, 303

V

Valenz 65
Valenzbindungs-Theorie 56f.
Valenzelektronen 17
Valenzhybridisierung 57, 59f.
Valeriansäure 11
Validierung 514
Valin 454
Vanadium 319, 322, 325
Vanadium(V)-oxid 322, 326
Vanadiumoxidchlorid 326
Vanadiumpentafluorid 326
Vanadium-Porphyrin 321
van Arkel, Anton Eduard 322
van-Arkel / de-Boer-Verfahren 239, 322, 337
van der Waals, Johannes Diderik 70, 218
van-der-Waals-Gleichung 111
van-der-Waals-Kräfte 70ff., 97, 223, 252,
273, 339, 431ff., 532
Vanillin 413
van't Hoff, Jacobus Hendricus 139
van't Hoff'sche Reaktionsisotherme 160
Vaterit 30
Vegardsche Regel 133
Verbindung 7
–, anorganische 17
–, binäre 17
–, intermetallische 89

Verdampfung 122, 141
 Verdünnung 125
 Vergleichswert 514
 Verschiebungssätze 360
 Verseifung 203, 419, 460
 Verseifungszahl 461
 Verteilungssatz, Nernstscher 499
 Verteilungschromatographie 505
 Verteilung 499
 Verwitterung 287, 530
 Vesikel 485
 Vinylchlorid 305, 492ff.
 vis vitalis 2, 272
 Vitamin B12 186, 324
 Vitriole 235, 355
 Volta, Graf Alessandro 145
 Volta-Säule 145f.
 Volumen, molares 36, 110
 –, spezifisches 110, 288
 Volumenanteil 29
 Volumenarbeit 114ff.
 Volumendilatation, -kontraktion 29
 Volumetrie 156
 VSEPR-Modell 83ff., 308
 Vulkangase 282
 Vulkanisation 291, 296, 490

W

Waage, Peter 37, 200
 Wahrscheinlichkeit 138
 Waldschäden 245, 293
 Wannen-Konformation 378
 Wärmeäquivalent, mechanisches 106
 Wärmekapazität 110, 115f.
 –, molare 116
 –, spezifische 110
 Wasser 7, 163, 219, 287
 –, Autoprotolyse 289
 –, Dampfdruck 21
 –, Elektrolyse 221
 –, Ionenprodukt 165f., 168
 –, Lösungsmittel 163
 –, Phasenübergänge 21f.
 –, pKs-Wert 396, 411
 –, Raumnetzstruktur, Assoziation 95, 137
 –, Struktur 57, 287
 –, Zustandsdiagramm 21f., 136
 –, Phasendiagramm 21f., 136

Wasseraufbereitung 330
 Wasser-Desinfektion 304
 Wassergas 254
 Wasserglas 259
 Wasserhärte 235
 Wasserlöslichkeit 441
 Wasserstoff 9, 57f., 154, 219, 254, 286
 –, atomarer
 –, flüssiger 119
 –, Häufigkeit 219
 –, Ionisierungsenergie 219
 –, Löslichkeit in Palladium 29
 –, Verbrennungswärme 220
 Wasserstoffbombe 362
 Wasserstoffbrückenbindung 94, 136f.,
 186, 287f., 293, 302, 432ff., 441, 470
 –, intermolekulare 433
 –, intramolekulare 434
 Wasserstoffelektrode 155
 Wasserstoff-Ion 163
 Wasserstoffmolekül 57f.
 Wasserstoffperoxid 194, 199, 208, 285f.,
 295, 352
 –, Redoxverhalten 147
 Wasserstoffüberspannung 260f.
 Wasserstoffwirtschaft 221
 Wechselwirkung, ideale, reale 109
 Weichmacher 493
 Wein 19
 Weinsäure 450ff.
 Weißblech 260
 Weißgold 349
 Weldon, Walter 328
 Weldon-Verfahren 304, 328
 Wellenfunktion 43f.
 Werner, Alfred 182, 320
 Wertigkeit, allgemein 65f.
 –, Ionen-, elektrochemische 65f.
 – stöchiometrische 65f.
 Weston, Eduard 151
 Weston-Element 151
 Widerstand, elektrischer 101
 Wiederfindungsrate 513
 Willemit 92
 Williamson-Ethersynthese 406
 Wilson, Charles Thomson Rees 28
 Wilsonsche Nebelkammer 28
 Windsichten 26
 Winkelkonstanz 76

Wirkungsquantum, Plancksches 43
Wöhler, Friedrich 271, 369
Wollastonit 258
Wolfram 335, 337, 339
Wolframblau 339
Wolframcarbid 253
Wolframit 336
Wurtzit 90, 92

X

xenobiotische Stoffe 443
Xenon 217, 344f
Xenonhexafluoroplatinat 218
Xenontrioxid 303
Xenotim 317
o-Xylen (o-Xylol) 390
p-Xylen (p-Xylol) 390

Y

yellow cake 365
Ytterbium 315
Yttererden 312, 317
Yttrium 311f.

Z

Zeitgesetz 197, 199f., 210
Zelle, elektrochemische 146, 150ff.
Zellspannung 147f., 157ff., 192
Zement 40, 258
Zementation 349
Zentralatom, -ion 18, 182
Zentrifugieren 26
Zeolithe 258, 289
Zerfall, radioaktiver 199
–, α -Zerfall, β -Zerfall 359
–, induzierter 360
–, Halbwertszeit 360
Zerfallsreihen 300
Ziegler, Karl 209
Ziegler-Natta-Katalysatoren 209
Zirconium 335, 337 f.
Zirconiumdioxid 338
Zirconium/Hafnium-Trennung 337
Zirconiumtetrachlorid 338
Zirkon 336, 338
Zimtaldehyd 413

Zimtsäure 422
Zink 353ff.
Zinkblende 90, 92, 281, 354, 356
Zinkhydroxid 356
Zink/Luft-Batterie 354
Zinkoxid 356
Zinkspat 354
Zinksulfid 354, 356
Zinn 17, 249, 259
Zinn(II)-chlorid 261
Zinn(II)-hydroxid 261
Zinnober 14, 354f.
Zinnpest 259
Zinnstein 251
Zinntetrachlorid 261
Zintl, Eduard 90
Zintl-Phasen 90
Zonenbreite 504
Zuckerlösung 30
Zusammensetzung 28
Zusammensetzungsgrößen 28ff.
Zustand, thermodynamischer 19, 109f., 197
Zustand, elektronischer (s. auch Orbital) 19
–, s-, p-, d-, f- 44
Zustandsänderung
–, reversible, irreversible 106
Zustandsdiagramm 22ff., 129ff.
–, Wasser 17
–, Blei-Antimon 132
–, Sauerstoff-Stickstoff 130f.
–, azeotrope Mischungen 131
Zustandsform 17ff.
Zustandsfunktion (Thermodynamik)
19, 109ff., 135ff.
Zustandsfunktion (Atombau) 44f.
Zustandsgleichung 19
– der idealen Gase 36, 111
–, thermische 112
Zustandsgröße 106, 109, 112
–, extensive, intensive 109
Zustandsvariable 19, 109, 112
Zwischenverbindung 207
Zwitterion 296, 455