

Inhalt

1. Atombau

1.1 Der atomare Aufbau der Materie	1
1.1.1 Der Elementbegriff	1
1.1.2 Daltons Atomtheorie	2
1.2 Der Atomaufbau	4
1.2.1 Elementarteilchen, Atomkern, Atomhülle	4
1.2.2 Chemische Elemente, Isotope, Atommassen	6
1.2.3 Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie	9
1.3 Kernreaktionen	11
1.3.1 Radioaktivität	12
1.3.2 Künstliche Nuklide	19
1.3.3 Kernspaltung, Kernfusion	20
1.3.4 Elementhäufigkeit, Elemententstehung	24
1.4 Die Struktur der Elektronenhülle	26
1.4.1 Bohrsches Modell des Wasserstoffatoms	26
1.4.2 Die Deutung des Spektrums der Wasserstoffatome mit der Bohrschen Theorie	30
1.4.3 Die Unbestimmtheitsbeziehung	35
1.4.4 Der Wellencharakter von Elektronen	37
1.4.5 Atomorbitale und Quantenzahlen des Wasserstoffatoms	38
1.4.6 Die Wellenfunktion, Eigenfunktionen des Wasserstoffatoms	44
1.4.7 Aufbau und Elektronenkonfiguration von Mehrelektronen-Atomen	52
1.4.8 Das Periodensystem (PSE)	57
1.4.9 Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Röntgenspektren	62

2. Die chemische Bindung

2.1 Die Ionenbindung	69
2.1.1 Allgemeines, Ionenkristalle	69
2.1.2 Ionenradien	73
2.1.3 Wichtige ionische Strukturen, Radienquotientenregel	76
2.1.4 Gitterenergie von Ionenkristallen	85
2.1.5 Born-Haber-Kreisprozeß	91
2.2 Die Atombindung	93
2.2.1 Allgemeines, Lewis-Formeln	93
2.2.2 Bindigkeit, angeregter Zustand	95
2.2.3 Dative Bindung, formale Ladung	98
2.2.4 Überlappung von Atomorbitalen, σ -Bindung	99
2.2.5 Hybridisierung	105
2.2.6 π -Bindung	113
2.2.7 Mesomerie	120
2.2.8 Polare Atombindung, Dipole	122
2.2.9 Die Elektronegativität	124

2.2.10 Atomkristalle, Molekulkristalle	130
2.2.11 Das Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungs-Modell	134
2.2.12 Molekülorbitaltheorie	139
2.3 Van der Waals-Kräfte	162
2.4 Der metallische Zustand	164
2.4.1 Eigenschaften von Metallen, Stellung im Periodensystem	164
2.4.2 Kristallstrukturen der Metalle	167
2.4.3 Atomradien von Metallen	173
2.4.4 Die metallische Bindung	174
2.4.4.1 Elektronengas	174
2.4.4.2 Energiebändermodell	176
2.4.4.3 Metalle, Isolatoren, Eigenhalbleiter	180
2.4.4.4 Dotierte Halbleiter (Störstellenhalbleiter)	182
2.4.5 Metallcluster, Clustermetalle	184
2.4.6 Intermetallische Systeme	186
2.4.6.1 Schmelzdiagramme von Zweistoffsystemen	186
2.4.6.2 Häufige intermetallische Phasen	194
2.5 Vergleich der Bindungsarten	204
2.6 Die Wasserstoffbindung	204
2.7 Methoden zur Strukturaufklärung	210
2.7.1 Symmetrie	210
2.7.1.1 Molekülsymmetrie	210
2.7.1.2 Kristallsymmetrie	213
2.7.2 Röntgenbeugung	218
2.7.3 Schwingungsspektroskopie	225
2.7.4 Kernresonanzspektroskopie	234
2.7.5 Photoelektronenspektroskopie	238

3. Die chemische Reaktion

3.1 Stoffmenge, Konzentration, Anteil, Äquivalent	243
3.2 Ideale Gase	243
3.3 Zustandsdiagramme	252
3.4 Reaktionsenthalpie, Standardbildungsenthalpie	260
3.5 Das chemische Gleichgewicht	268
3.5.1 Allgemeines	268
3.5.2 Das Massenwirkungsgesetz (MWG)	270
3.5.3 Verschiebung der Gleichgewichtslage, Prinzip von Le Chatelier	274
3.5.4 Berechnung von Gleichgewichtskonstanten	279
3.6 Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen	293
3.6.1 Allgemeines	293
3.6.2 Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	293
3.6.3 Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	297
3.6.4 Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht	300
3.6.5 Metastabile Systeme	302
3.6.6 Katalyse	304
3.7 Gleichgewichte von Salzen, Säuren und Basen	308
3.7.1 Lösungen, Elektrolyte	308
3.7.2 Leitfähigkeit, Aktivität	310
3.7.3 Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt, Nernstsches Verteilungsgesetz	313
3.7.4 Säuren und Basen	317
3.7.5 pH-Wert, Ionenprodukt des Wassers	319

3.7.6	Säurestärke, pK_s -Wert, Berechnung des pH-Wertes von Säuren	320
3.7.7	Protolysegrad, Ostwaldsches Verdünnungsgesetz	324
3.7.8	pH-Wert-Berechnung von Basen	326
3.7.9	Reaktion von Säuren mit Basen	328
3.7.10	pH-Wert-Berechnung von Salzlösungen	329
3.7.11	Pufferlösungen	332
3.7.12	Säure-Base-Indikatoren	334
3.7.13	Säure-Base-Reaktionen in nichtwässrigen Lösungsmitteln	336
3.7.14	Der Säure-Base-Begriff von Lewis	337
3.8	Redoxvorgänge	339
3.8.1	Oxidationszahl	339
3.8.2	Oxidation, Reduktion	342
3.8.3	Aufstellen von Redoxgleichungen	344
3.8.4	Galvanische Elemente	345
3.8.5	Berechnung von Redoxpotentialen: Nernstsche Gleichung	347
3.8.6	Konzentrationsketten, Elektroden zweiter Art	349
3.8.7	Die Standardwasserstoffelektrode	351
3.8.8	Die elektrochemische Spannungsreihe	353
3.8.9	Gleichgewichtslage bei Redoxprozessen	359
3.8.10	Die Elektrolyse	360
3.8.11	Elektrochemische Stromquellen	367

4. Die Elemente der Hauptgruppen

4.1	Häufigkeit der Elemente in der Erdkruste	375
4.2	Wasserstoff	376
4.2.1	Allgemeine Eigenschaften	376
4.2.2	Vorkommen und Darstellung	376
4.2.3	Physikalische und chemische Eigenschaften	379
4.2.4	Wasserstoffisotope	381
4.2.5	Ortho- und Parawasserstoff	382
4.2.6	Wasserstoffverbindungen	383
4.3	Gruppe 18 (Edelgase)	387
4.3.1	Gruppeneigenschaften	387
4.3.2	Vorkommen, Gewinnung, Verwendung	388
4.3.3	Edelgasverbindungen	389
4.3.3.1	Edelgashalogenide	389
4.3.3.2	Oxide, Oxidfluoride und Oxosalze des Xenons	391
4.3.3.3	Verbindungen mit Xe—O-, Xe—N-, Xe—C-, Xe—S-, Xe—Au-, Kr—O-, Kr—N- und Kr—C-Bindungen	393
4.3.3.4	Struktur und Bindung	394
4.4	Gruppe 17 (Halogene)	397
4.4.1	Gruppeneigenschaften	397
4.4.2	Vorkommen	398
4.4.3	Die Elemente	398
4.4.3.1	Physikalische Eigenschaften, Struktur	398
4.4.3.2	Chemisches Verhalten	400
4.4.3.3	Darstellung, Verwendung	402
4.4.4	Interhalogenverbindungen	404
4.4.5	Polyhalogenidionen	406
4.4.6	Halogenide	407
4.4.7	Sauerstoffsäuren der Halogene	410

4.4.8	Oxide der Halogene	416
4.4.9	Sauerstofffluoride	419
4.4.10	Pseudohalogene	420
4.5	Gruppe 16 (Chalkogene)	421
4.5.1	Gruppeneigenschaften	421
4.5.2	Vorkommen	422
4.5.3	Die Elemente	422
4.5.3.1	Sauerstoff	422
4.5.3.2	Schwefel	428
4.5.3.3	Selen, Tellur, Polonium	432
4.5.3.4	Positive Chalkogenionen	433
4.5.4	Sauerstoffverbindungen	433
4.5.5	Wasserstoffverbindungen von Schwefel, Selen und Tellur	438
4.5.6	Oxide des Schwefels	441
4.5.7	Sauerstoffsäuren des Schwefels	445
4.5.8	Oxide und Sauerstoffsäuren von Selen und Tellur	452
4.5.9	Halogenverbindungen	454
4.6	Gruppe 15	457
4.6.1	Gruppeneigenschaften	457
4.6.2	Vorkommen	458
4.6.3	Die Elemente	459
4.6.3.1	Stickstoff	459
4.6.3.2	Phosphor	460
4.6.3.3	Arsen	462
4.6.3.4	Antimon	464
4.6.3.5	Bismut	464
4.6.4	Wasserstoffverbindungen des Stickstoffs	465
4.6.5	Hydride des Phosphors, Arsens, Antimons und Bismuts	471
4.6.6	Oxide des Stickstoffs	472
4.6.7	Sauerstoffsäuren des Stickstoffs	478
4.6.8	Halogenverbindungen des Stickstoffs	482
4.6.9	Schwefelverbindungen des Stickstoffs	484
4.6.10	Oxide des Phosphors	485
4.6.11	Sauerstoffsäuren des Phosphors	487
4.6.12	Halogenverbindungen des Phosphors	494
4.6.13	Schwefel-Phosphor-Verbindungen	497
4.6.14	Phosphor-Stickstoff-Verbindungen	497
4.6.15	Verbindungen des Arsens	499
4.6.15.1	Sauerstoffverbindungen des Arsens	499
4.6.15.2	Schwefelverbindungen des Arsens	500
4.6.15.3	Halogenverbindungen von Arsen	501
4.6.16	Verbindungen des Antimons	502
4.6.16.1	Sauerstoffverbindungen des Antimons	502
4.6.16.2	Schwefelverbindungen des Antimons	502
4.6.16.3	Halogenverbindungen des Antimons	503
4.6.17	Verbindungen des Bismuts	503
4.6.17.1	Sauerstoffverbindungen des Bismuts	503
4.6.17.2	Halogenverbindungen des Bismuts	504
4.6.17.3	Bismutsulfide	504
4.7	Gruppe 14	505
4.7.1	Gruppeneigenschaften	505

4.7.2	Vorkommen	506
4.7.3	Die Elemente	507
4.7.3.1	Kohlenstoff	507
4.7.3.2	Silicium, Germanium, Zinn, Blei	513
4.7.4	Graphitverbindungen, Fullerenverbindungen	516
4.7.5	Carbide	519
4.7.6	Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs	521
4.7.6.1	Oxide des Kohlenstoffs	521
4.7.6.2	Kohlensäure und Carbonate	524
4.7.7	Stickstoffverbindungen des Kohlenstoffs	526
4.7.8	Halogen- und Schwefelverbindungen des Kohlenstoffs	527
4.7.9	Wasserstoffverbindungen des Siliciums	527
4.7.10	Sauerstoffverbindungen von Silicium	528
4.7.10.1	Oxide des Siliciums	528
4.7.10.2	Kieselsäuren, Silicate	530
4.7.10.3	Technische Produkte	538
4.7.11	Halogenverbindungen und Schwefelverbindungen des Siliciums	542
4.7.12	Germaniumverbindungen	544
4.7.13	Zinnverbindungen	545
4.7.13.1	Zinn(IV)-Verbindungen	545
4.7.13.2	Zinn(II)-Verbindungen	546
4.7.14	Bleiverbindungen	547
4.7.14.1	Blei(II)-Verbindungen	547
4.7.14.2	Blei(IV)-Verbindungen	548
4.8	Gruppe 13	550
4.8.1	Gruppeneigenschaften	550
4.8.2	Vorkommen	551
4.8.3	Die Elemente	552
4.8.3.1	Modifikationen, chemisches Verhalten	552
4.8.3.2	Darstellung und Verwendung	558
4.8.4	Verbindungen des Bors	561
4.8.4.1	Metallboride, Borcarbide	562
4.8.4.2	Wasserstoffverbindungen des Bors (Borane)	565
4.8.4.3	Carbaborane	572
4.8.4.4	Sauerstoffverbindungen des Bors	573
4.8.4.5	Halogenverbindungen des Bors	577
4.8.4.6	Stickstoffverbindungen des Bors	579
4.8.5	Aluminiumverbindungen	581
4.8.5.1	Wasserstoffverbindungen des Aluminiums	582
4.8.5.2	Sauerstoffverbindungen des Aluminiums	583
4.8.5.3	Halogenverbindungen des Aluminiums	585
4.8.5.4	Aluminiumsalze	587
4.8.6	Galliumverbindungen	588
4.8.7	Indiumverbindungen	589
4.8.8	Thalliumverbindungen	589
4.9	Gruppe 2 (Erdalkalimetalle)	590
4.9.1	Gruppeneigenschaften	590
4.9.2	Vorkommen	591
4.9.3	Die Elemente	592
4.9.3.1	Physikalische und chemische Eigenschaften	592
4.9.3.2	Darstellung und Verwendung	593

4.9.4 Berylliumverbindungen	595
4.9.5 Magnesiumverbindungen	597
4.9.6 Calciumverbindungen	600
4.9.7 Bariumverbindungen	604
4.10 Gruppe 1 (Alkalimetalle)	605
4.10.1 Gruppeneigenschaften	606
4.10.2 Vorkommen	607
4.10.3 Die Elemente	607
4.10.3.1 Physikalische und chemische Eigenschaften	608
4.10.3.2 Darstellung und Verwendung	608
4.10.4 Verbindungen der Alkalimetalle	610
4.10.4.1 Hydride	610
4.10.4.2 Sauerstoffverbindungen	611
4.10.4.3 Hydroxide	614
4.10.4.4 Halogenide	614
4.10.4.5 Salze von Oxosäuren	616
4.11 Umweltprobleme	620
4.11.1 Globale Umweltprobleme	621
4.11.1.1 Die Ozonschicht	621
4.11.1.2 Der Treibhauseffekt	628
4.11.1.3 Rohstoffe	635
4.11.2 Regionale Umweltprobleme	636
4.11.2.1 Schwefeldioxid	636
4.11.2.2 Stickstoffoxide	639
4.11.2.3 Troposphärisches Ozon, Smog	641
4.11.2.4 Umweltbelastungen durch Luftschadstoffe	645
4.11.2.5 Eutrophierung, Zeolithe	645

5. Die Elemente der Nebengruppen

5.1 Magnetochemie	649
5.1.1 Materie im Magnetfeld	649
5.1.2 Magnetisches Moment, Bohrsches Magneton	651
5.1.3 Elektronenzustände in freien Atomen und Ionen, Russel-Saunders-Terme	652
5.1.4 Diagnetismus	655
5.1.5 Paramagnetismus	655
5.1.6 Spinordnung, Spontane Magnetisierung	659
5.2 Mößbauerspektroskopie	664
5.3 Neutronenbeugung	668
5.4 Komplexverbindungen	670
5.4.1 Aufbau und Eigenschaften von Komplexen	670
5.4.2 Nomenklatur von Komplexverbindungen	672
5.4.3 Räumlicher Bau von Komplexen, Isomerie	673
5.4.4 Stabilität und Reaktivität von Komplexen	677
5.4.5 Die Valenzbindungstheorie von Komplexen	679
5.4.6 Die Ligandenfeldtheorie	680
5.4.6.1 Oktaedrische Komplexe	680
5.4.6.2 Tetraedrische Komplexe	690
5.4.6.3 Quadratisch-planare Komplexe	692
5.4.6.4 Termdiagramme, Elektronenspektren	693
5.4.7 Molekülorbitaltheorie von Komplexen	698

5.4.8	Charge-Transfer-Spektren	702
5.5	Metallcarbonyle	703
5.5.1	Bindung	704
5.5.2	Strukturen	705
5.5.3	Darstellung	707
5.5.4	Carbonylmetallat-Anionen, Metallcarbonylhydride	709
5.5.5	Metallcarbonylhalogenide	710
5.5.6	Nitrosylcarbonyle	711
5.6	π -Komplexe mit organischen Liganden	711
5.6.1	Aromatenkomplexe	712
5.6.2	Alkenkomplexe, Alkinkomplexe	712
5.7	Fehlordnung	713
5.7.1	Korngrenzen	713
5.7.2	Versetzungen	714
5.7.3	Punktfehlordnung	715
5.7.3.1	Eigenfehlordnung in stöchiometrischen binären Ionenkristallen	716
5.7.3.2	Fehlordnung in nichtstöchiometrischen Verbindungen	718
5.7.4	Spezifische Defektstrukturen	719
5.7.5	Elektrische Eigenschaften von Defektstrukturen	722
5.7.5.1	Ionenleiter	722
5.7.5.2	Hopping-Halbleiter	724
5.7.5.3	Hochtemperatursupraleiter	726
5.8	Gruppe 11	727
5.8.1	Gruppeneigenschaften	727
5.8.2	Die Elemente	728
5.8.3	Vorkommen	728
5.8.4	Darstellung	729
5.8.5	Verwendung	730
5.8.6	Kupferverbindungen	732
5.8.6.1	Kupfer(I)-Verbindungen (d^{10})	732
5.8.6.2	Kupfer(II)-Verbindungen (d^9)	734
5.8.6.3	Kupfer(III)-Verbindungen (d^8), Kupfer(IV)-Verbindungen (d^7) ..	736
5.8.7	Silberverbindungen	736
5.8.7.1	Silber(I)-Verbindungen (d^{10})	736
5.8.7.2	Silber(II)-Verbindungen (d^9)	738
5.8.7.3	Silber(III)-Verbindungen (d^8)	739
5.8.8	Goldverbindungen	739
5.8.8.1	Gold(I)-Verbindungen (d^{10})	740
5.8.8.2	Gold(III)-Verbindungen (d^8)	741
5.8.8.3	Gold(V)-Verbindungen (d^6)	742
5.9	Gruppe 12	742
5.9.1	Gruppeneigenschaften	742
5.9.2	Die Elemente	743
5.9.3	Vorkommen	744
5.9.4	Darstellung	745
5.9.5	Verwendung	745
5.9.6	Zinkverbindungen (d^{10})	746
5.9.7	Cadmiumverbindungen (d^{10})	748
5.9.8	Quecksilberverbindungen	748
5.9.8.1	Quecksilber(I)-Verbindungen	748
5.9.8.2	Quecksilber(II)-Verbindungen	750

5.10 Gruppe 3	753
5.10.1 Gruppeneigenschaften	753
5.10.2 Die Elemente	754
5.10.3 Vorkommen	754
5.10.4 Darstellung und Verwendung	754
5.10.5 Scandiumverbindungen	755
5.10.6 Yttriumverbindungen	755
5.10.7 Lanthanverbindungen	755
5.11 Die Lanthanoide	756
5.11.1 Gruppeneigenschaften	756
5.11.2 Verbindungen mit der Oxidationszahl +3	760
5.11.3 Verbindungen mit den Oxidationszahlen +2 und +4	761
5.11.4 Vorkommen	764
5.11.5 Darstellung, Verwendung	765
5.12 Gruppe 4	766
5.12.1 Gruppeneigenschaften	766
5.12.2 Die Elemente	767
5.12.3 Vorkommen	768
5.12.4 Darstellung	768
5.12.5 Verwendung	769
5.12.6 Verbindungen des Titans	770
5.12.6.1 Sauerstoffverbindungen des Titans	770
5.12.6.2 Halogenverbindungen des Titans	772
5.12.6.3 Schwefelverbindungen des Titans	773
5.12.6.4 Titannitrid TiN	773
5.12.6.5 Titancarbid TiC	773
5.12.7 Verbindungen des Zirkoniums und Hafniums	774
5.13 Gruppe 5	775
5.13.1 Gruppeneigenschaften	775
5.13.2 Die Elemente	776
5.13.3 Vorkommen	776
5.13.4 Darstellung	776
5.13.5 Verwendung	777
5.13.6 Verbindungen des Vanadiums	778
5.13.6.1 Sauerstoffverbindungen	778
5.13.6.2 Halogenide	780
5.13.7 Verbindungen des Niobs und Tantals	781
5.13.7.1 Sauerstoffverbindungen	781
5.13.7.2 Halogenverbindungen	783
5.14 Gruppe 6	785
5.14.1 Gruppeneigenschaften	785
5.14.2 Die Elemente	786
5.14.3 Vorkommen	786
5.14.4 Darstellung, Verwendung	786
5.14.5 Verbindungen des Chroms	788
5.14.5.1 Chrom(VI)-Verbindungen (d^0)	788
5.14.5.2 Chrom(V)-Verbindungen (d^1)	791
5.14.5.3 Chrom(IV)-Verbindungen (d^2)	791
5.14.5.4 Chrom(III)-Verbindungen (d^3)	791
5.14.5.5 Chrom(II)-Verbindungen (d^4)	793
5.14.6 Verbindungen des Molybdäns und Wolframs	796

5.14.6.1	Oxide	796
5.14.6.2	Isopolymolybdate, Isopolywolframate	797
5.14.6.3	Heteropolyanionen	798
5.14.6.4	Bronzen	800
5.14.6.5	Halogenide	801
5.15	Gruppe 7	803
5.15.1	Gruppeneigenschaften	803
5.15.2	Die Elemente	804
5.15.3	Vorkommen	804
5.15.4	Darstellung, Verwendung	804
5.15.5	Verbindungen des Mangans	805
5.15.5.1	Mangan(II)-Verbindungen (d^5)	805
5.15.5.2	Mangan(III)-Verbindungen (d^4)	807
5.15.5.3	Mangan(IV)-Verbindungen (d^3)	808
5.15.5.4	Mangan(V)-Verbindungen (d^2)	808
5.15.5.5	Mangan(VI)-Verbindungen (d^1)	809
5.15.5.6	Mangan(VII)-Verbindungen (d^0)	809
5.15.6	Verbindungen des Rheniums	810
5.15.6.1	Sauerstoffverbindungen	810
5.15.6.2	Sulfide	811
5.15.6.3	Halogenverbindungen	811
5.15.6.4	Hydride	813
5.16	Gruppe 8–10 Die Eisengruppe	814
5.16.1	Gruppeneigenschaften	814
5.16.2	Die Elemente	815
5.16.3	Vorkommen	816
5.16.4	Darstellung, Verwendung	817
5.16.4.1	Darstellung von metallischem Eisen	817
5.16.4.2	Herstellung von Nickel und Cobalt	822
5.16.5	Verbindungen des Eisens	825
5.16.5.1	Eisen(II)- und Eisen(III)-Verbindungen (d^6 , d^5)	825
5.16.5.2	Eisen(IV)-, Eisen(V) und Eisen(VI)-Verbindungen (d^4 , d^3 , d^2)	833
5.16.6	Verbindungen des Cobalts	834
5.16.6.1	Cobalt(II)- und Cobalt(III)-Verbindungen (d^7 , d^8)	834
5.16.6.2	Cobalt(IV)- und Cobalt(V)-Verbindungen (d^5 , d^4)	838
5.16.7	Verbindungen des Nickels	838
5.16.7.1	Nickel(II)-Verbindungen (d^8)	838
5.16.7.2	Nickel(III)- und Nickel(IV)-Verbindungen (d^7 , d^6)	842
5.17	Gruppe 8–10 Die Gruppe der Platinmetalle	844
5.17.1	Gruppeneigenschaften	844
5.17.2	Die Elemente	845
5.17.3	Vorkommen	846
5.17.4	Darstellung, Verwendung	846
5.17.5	Verbindungen der Metalle der Osmiumgruppe	847
5.17.6	Verbindungen der Metalle der Iridiumgruppe	850
5.17.7	Verbindungen der Metalle der Platingruppe	853
5.18	Die Actinoide	858
5.18.1	Gruppeneigenschaften	859
5.18.2	Verbindungen des Urans	862

Anhang 1	
Einheiten · Konstanten · Umrechnungsfaktoren	863
Anhang 2	
Relative Atommassen · Elektronenkonfigurationen · Schema zur Ermittlung der Punktgruppen von Molekülen	868
Anhang 3	
Herkunft der Elementnamen · Nobelpreise	875
Sachregister	883
Formelregister	925