



Ernst Schmidts

Lehrbuch  
der Pharmazeutischen Chemie

herausgegeben von

Friedrich v. Bruchhausen und Karl W. Rosenmund

1933

# Erster anorganischer Teil

Unter Mitarbeit von Professor Dr. K. H. Bauer-Leipzig, Obermedizinalrat Professor Dr. A. Eberhard-Darmstadt, Professor Dr. K. Feist-Göttingen, Professor Dr. W. Herz-Breslau †, Professor Dr. H. P. Kaufmann-Münster/Westf. und Professor Dr. C. A. Rojahn-Halle/Saale

herausgegeben von

Friedrich v. Bruchhausen und Karl W. Rosenmund

Würzburg

Kiel

Die für ein pharmazeutisches Werk erforderliche wissenschaftliche Nomenklatur ist in diesem Buche so weit als möglich eingehend berücksichtigt worden. Die Nomenklatur ist in den Kapiteln in den Vorarbeiten gestellt worden. Diese Bezeichnungen sind teilweise durch die Fortschritte der Wissenschaften veraltet, doch sind im Hinblick auf die Verständlichkeit der altbekanntesten Bezeichnungen mit Rücksicht auf die

Am Schluß des Buches sind zwei Abschnitte über Nomenklatur und Wasserstoffionenkonzentration angefügt. Daß diese beiden Abschnitte besonders hervorgehoben sind, ist durch die besondere Bedeutung der

**Die 6. Auflage des anorganischen Teiles des Schmidtschen Lehrbuches der Pharmazie ist noch von Ernst Schmidt selbst in seinen letzten Lebensjahren fertiggestellt worden; für den organischen Teil der gleichen Ausgabe zeichnete als Herausgeber Johannes Gadamer. Er hatte auch die jetzige 7. Auflage zur Bearbeitung übernommen und dieser Aufgabe seine letzte Kraft gewidmet. Im persönlichen und schriftlichen Verkehr mit den von ihm gewonnenen Mitarbeitern hatte er sowohl den Rahmen als auch Einzelheiten der neuen Auflage festgelegt. Ein Teil des Manuskriptes hat ihm noch vorgelegen. Inmitten dieser Vorarbeiten, am 15. März 1927, starb J. Gadamer, nachdem er in Ahnung des heranahenden Endes die Fortführung des Werkes, das ihm sehr am Herzen lag, den Unterzeichneten zu treuen Händen anvertraut hatte. Es ist den jetzigen Herausgebern eine Ehrenpflicht, die großen Verdienste Gadamers um das Werk an dieser Stelle besonders hervorzuheben, um so mehr, als diese an anderer Stelle des Buches nicht ersichtlich sind.**

Die vorliegende Auflage stellt eine fast völlige Umarbeitung der früheren dar. Der bisherige Rahmen des Buches, der seit nunmehr 50 Jahren durch die verschiedenen Auflagen hindurch unverändert geblieben war, mußte moderneren Anforderungen angepaßt werden. Dabei war es Aufgabe der Mitarbeiter und Herausgeber, die Fortschritte in stärkerem Maße zu berücksichtigen und gleichzeitig das wertvolle Material des Schmidtschen Buches soweit wie möglich zu erhalten.

Der einleitende allgemeine Teil ist nach den Angaben Gadamers von dessen langjährigen Freunde Walther Herz †, Breslau, verfaßt worden. Hier finden allgemeine und physikalische Chemie stärker als früher Berücksichtigung. Leider hat auch Walther Herz die Vollendung des Werkes nicht mehr erleben sollen; er starb am 7. September 1930.

Zur Grundlage der Einteilung des speziellen Teiles wurde im Gegensatz zu der früheren Anordnung, die Zusammengehöriges oft weit auseinanderstellte, mit unwesentlichen Ausnahmen das periodische System der Elemente gewählt, auch der innere Aufbau der einzelnen Kapitel ist einheitlicher gestaltet, doch ist den einzelnen Bearbeitern ein gewisser Spielraum gelassen worden.

Die für ein pharmazeutisches Werk besonders wichtige Nomenklaturfrage ist dahin gelöst worden, daß die sehr zweckmäßige Stocksche Nomenklatur vornehmlich bei den Kationen in den Vordergrund gestellt wurde. Diese Bezeichnungsweise ist erfahrungsgemäß auch älteren Fachgenossen verständlich, doch sind, um Mißverständnisse zu vermeiden, die altbekannten Bezeichnungen mit aufgeführt worden.

Am Schluß des Buches sind zwei Abschnitte über Maßanalyse und Wasserstoffionenkonzentration eingefügt. Daß diese beiden Gebiete besonders hervorgehoben sind, ist durch die besondere Bedeutung der Maßanalyse für die Pharmazie, sowie der Wasserstoffionenkonzentration für weite Gebiete der reinen und angewandten Chemie begründet.

In einem Punkte, des sind sich die Herausgeber bewußt, wird diese Auflage den früheren nachstehen. Sie kann als Ergebnis der Arbeit verschiedener Autoren nicht in dem gleichen Maße aus „einem Guß“ sein wie die vorhergehenden. In dieser Hinsicht bitten wir um nachsichtige Beurteilung; ebenso werden wir allen Benutzern dankbar sein, die uns auf Mängel, welche sich beim Gebrauch herausstellen werden, aufmerksam machen.

Würzburg-Kiel, im Februar 1933

F. v. Bruchhausen und K. W. Rosenmund

# INHALTSVERZEICHNIS

## I. Allgemeiner Teil

Seite

von W. Herz †

Physik und Chemie 1. — Gesetz von der Erhaltung des Stoffes 3.  
 — Gesetz von der Erhaltung der Energie 4. — Chemische Verbindungen und Elemente 6. — Gase 12. — **Atome und Molekeln** 14. — Ableitung der Gasgesetze 17. — Molekel- und Atomgewichte 21—27, 32—38. — Elektrolytische Dissoziation, Ionen-theorie 38. — Wertigkeit 45. — Strukturformeln 49. — Periodisches System, Atombau 54—78. — Chemische Bindung 79. — Bau der Kristalle 83. — Echte und kolloide Lösungen 92. — Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichte 101. — Reaktionsgeschwindigkeit, Katalyse 108. — Thermochemie 113. — Photochemie 117.

## II. Spezieller Teil

<b>Wasserstoff, H</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	118
Darstellung im Laboratorium . . . . .	118
Technische Darstellungsmethoden . . . . .	121
Hydride 125. — Katalytische Hydrierung 126.	
<b>Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur</b> . . . . .	128
<b>Sauerstoff, O</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	128
Gewöhnlicher Sauerstoff . . . . .	128
Aktiver Sauerstoff, O <sub>3</sub> = Ozon . . . . .	138
Verbindungen des Wasserstoffs mit Sauerstoff . . . . .	143
Wasser . . . . .	143
Untersuchung des Wassers . . . . .	149
Regen- und Schneewasser . . . . .	171
Flußwasser . . . . .	171
Meerwasser . . . . .	172
Mineralwasser . . . . .	172
Wasserstoffsuperoxyd, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . . . . .	178
<b>Gruppe des Schwefels</b> . . . . .	184
<b>Schwefel, S</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	185
Modifikationen des Schwefels . . . . .	188
Handelsformen des Schwefels . . . . .	194
Wasserstoffverbindungen des Schwefels . . . . .	199
Schwefelwasserstoff: H <sub>2</sub> S 199, Wasserstoffpolysulfide 203.	

	Seite
<b>Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Schwefels.</b> . . . . .	203
Schwefeldioxyd, $\text{SO}_2$ 204. — Schweflige Säure, $\text{H}_2\text{SO}_3$ 207. — Pyroschweflige Säure, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 209. — Hypo- (Hydro-)schweflige Säure, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 209. — Schwefeltrioxyd, $\text{SO}_3$ 211. — Schwefelsäure, $\text{H}_2\text{SO}_4$ 213. — Rohe Schwefelsäure 220. — Reine Schwefelsäure 221. — Rauchende Schwefelsäure, Pyroschwefelsäure 223. — Überschwefelsäure — Thioschwefelsäure 227.	
<b>Verbindungen des Schwefels mit den Halogenen</b> . . . . .	229
Einfach-Chlorschwefel, $\text{S}_2\text{Cl}_2$ — Thionylchlorid, $\text{SOCl}_2$ — Sulfurylchlorid — Chlorsulfonsäure 230.	
<b>Selen, Se, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	231
Selenwasserstoff, $\text{H}_2\text{Se}$ — Selendioxyd, $\text{SeO}_2$ — Selenige Säure $\text{H}_2\text{SeO}_3$ — Selensäure, $\text{H}_2\text{SeO}_4$ . . . . .	233
<b>Tellur, Te, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	233
<b>Die Gruppe der Halogene</b> . . . . .	235
<b>Fluor, F, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	236
Fluorwasserstoff, $\text{HF}$ ( $\text{H}_2\text{F}_2$ ) . . . . .	237
Analytischer Nachweis . . . . .	240
<b>Chlor, Cl, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	243
Chlorwasser . . . . .	257
Chlorwasserstoff, $\text{HCl}$ . . . . .	259
Rohe Salzsäure 266. — Reine Salzsäure 267.	
<b>Sauerstoffhaltige Verbindungen des Chlors</b> . . . . .	268
Unterchlorige Säure 269. — Chlorsäure 271. — Perchlorsäure 273.	
<b>Brom, Br, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	274
Bromwasserstoff, $\text{HBr}$ . . . . .	283
Bromwasserstoffsäure . . . . .	285
<b>Sauerstoffhaltige Verbindungen des Broms</b> . . . . .	286
Bromsäure . . . . .	286
<b>Jod, J, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	287
Jodwasserstoff, $\text{HJ}$ . . . . .	303
<b>Sauerstoffhaltige Verbindungen des Jods</b> . . . . .	306
Unterjodige Säure 306. — Jodpentoxyd, $\text{J}_2\text{O}_5$ 307. — Chlorverbindungen des Jods 309.	
<b>Elemente der Stickstoffgruppe</b> . . . . .	310
<b>Stickstoff (Nitrogenium), N, von K. W. Rosenmund</b> . . . . .	311
Atmosphärische Luft . . . . .	314
Ammoniak, $\text{NH}_3$ . . . . .	321
Hydrazin, Diamin, $\text{H}_2\text{N} - \text{NH}_2$ . . . . .	328
Stickstoffwasserstoffsäure, $\text{N}_3\text{H}$ . . . . .	330
Hydroxylamin, $\text{NH}_2\text{OH}$ . . . . .	331
<b>Sauerstoffverbindungen und Sauerstoffsäuren des Stickstoffs</b> . . . . .	333
Stickoxydul, $\text{N}_2\text{O}$ . . . . .	334
Stickoxyd, $\text{NO}$ . . . . .	335
Stickstofftrioxyd, $\text{N}_2\text{O}_3$ . . . . .	339
Stickstoffdioxyd, $\text{NO}_2$ . . . . .	340
Stickstoffpentoxyd, Salpetersäureanhydrid, $\text{N}_2\text{O}_5$ . . . . .	341

	Seite
Untersalpetrige Säure, $H_2N_2O_2$ , Salpetrige Säure, $HNO_2$ . . . . .	342
Salpetersäure, $HNO_3$ . . . . .	344
Rohe Salpetersäure 353. Reine Salpetersäure 354. — Rote, rauchende Salpetersäure 356. — Königswasser 357.	
<b>Phosphor, P</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	358
Modifikationen des Phosphors . . . . .	360
Nachweis des Phosphors 366.	
Wasserstoffverbindungen des Phosphors . . . . .	372
Halogenverbindungen des Phosphors . . . . .	374
Sauerstoffverbindungen des Phosphors . . . . .	375
Phosphortrioxyd 375. — Phosphorpentoxyd 376.	
Säuren des Phosphors . . . . .	377
Unterphosphorsäure, $H_2PO_3$ ( $H_4P_2O_6$ ) . . . . .	378
Unterphosphorige Säure, $H_3PO_2$ . . . . .	379
Phosphorige Säure, $H_3PO_3$ . . . . .	380
Phosphorsäure, $H_3PO_4$ . . . . .	381
Offizinelle Phosphorsäure . . . . .	395
Pyrophosphorsäure, $H_4P_2O_7$ . . . . .	396
Metaphosphorsäure, $HPO_3$ . . . . .	397
Verbindungen von Phosphor mit Schwefel und Stickstoff . . . . .	398
<b>Arsen, As</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	399
Wasserstoffverbindungen des Arsens . . . . .	402
Halogenverbindungen des Arsens . . . . .	402
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Arsens . . . . .	403
Arsentrioxyd . . . . .	404
Arsenpentoxyd 408. — Arsensäure 409.	
Schwefelverbindungen des Arsens . . . . .	410
Ausmittlung des Arsens in gerichtlichen Fällen . . . . .	414
Amtliche Untersuchungsmethoden von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen auf Arsen . . . . .	430
Weitere Methoden für die quantitativen Bestimmungen des Arsens . . . . .	432
<b>Antimon, Sb</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	434
Antimonwasserstoff . . . . .	439
Chlorverbindungen des Antimons . . . . .	440
Antimontrichlorid . . . . .	440
Algarotpulver . . . . .	441
Liquor stibii chlorati . . . . .	442
Antimonpentachlorid, Antimontribromid, Antimontrijodid, Anti- monpentabromid, Antimontrifluorid, Antimonpentafluorid 444.	
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Antimons . . . . .	445
Antimontrioxyd . . . . .	445
Antimonige Säure, metantimonige Säure 447. — Antimonpentoxyd, Antimontetroxyd, Antimonsäure 448.	
Schwefelverbindungen des Antimons . . . . .	450
Antimontrisulfid . . . . .	450
Oxydhaltiger Mineralkermes . . . . .	454
Antimonoxysulfid 455. — Sulfantimonite, Natriumsulfantimonit 456.	
Antimonpentasulfid . . . . .	457
Sulfantimoniate . . . . .	460

	Seite
<b>Wismut, Bi</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	461
Verbindungen des Wismuts mit Wasserstoff . . . . .	467
Verbindungen des Wismuts mit den Halogenen . . . . .	467
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Wismuts . . . . .	468
Wismutsalze . . . . .	469
Wismutnitrat, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$ . . . . .	470
Basisch-Wismutnitrat . . . . .	472
Wismutphosphat 473.	
Basisches Wismutcarbonat, $(\text{BiO})_2\text{CO}_3$ . . . . .	473
Wismut-(3)-sulfid 474.	
<b>Kohlenstoff, C</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	475
Mineralischer Kohlenstoff . . . . .	475
Diamant 475. — Graphit 476.	
Organischer „amorpher“ Kohlenstoff . . . . .	479
Aktive Kohlen . . . . .	481
Verschiedene Arten der Kohle . . . . .	482
Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs . . . . .	489
Kohlenoxyd . . . . .	489
Chlorkohlenoxyd 493.	
Kohlendioxyd . . . . .	494
Kohlensäure und kohlen saure Salze . . . . .	496
Quantitative Bestimmung der Kohlensäure in Carbonaten . . . . .	498
Schwefelkohlenstoff, Kohlenstoffdisulfid . . . . .	501
Kohlenoxysulfid 504.	
Vorgänge in der Flamme kohlenstoffhaltiger Verbindungen . . . . .	504
<b>Silicium, Si</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	510
Verbindungen des Siliciums mit Wasserstoff . . . . .	511
Verbindungen des Siliciums mit den Halogenen . . . . .	512
Kieselfluorwasserstoffsäure, $\text{H}_2\text{SiF}_6$ . . . . .	512
Siliciumdioxyd, $\text{SiO}_2$ . . . . .	513
Kieselsäuren . . . . .	515
Siliciumcarbid 519.	
<b>Bor, B</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	520
Wasserstoffverbindungen des Bors . . . . .	521
Halogenverbindungen des Bors . . . . .	522
Bortrichlorid, Bortribromid 522.	
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Bors . . . . .	522
Bortrioxyd 522.	
Borsäure . . . . .	522
<b>Edelgase</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	529
Helium . . . . .	531
Neon . . . . .	532
Argon, Krypton und Xenon . . . . .	533
Emanationen . . . . .	534
<b>Metalle</b> . . . . .	535
Gruppe der Alkalimetalle . . . . .	538
<b>Lithium, Li</b> , von A. Eberhard . . . . .	541
Lithiumchlorid, $\text{LiCl}$ . . . . .	543
Lithiumcarbonat . . . . .	544

	Seite
<b>Natrium, Na</b> , von A. Eberhard . . . . .	545
Chlornatrium . . . . .	551
Bromnatrium . . . . .	557
Jodnatrium . . . . .	559
Fluornatrium — Natriumsilikofluorid — Natriumhypochlorit 562. — Natriumchlorat 565. — Natriumperchlorat — Bromlaugen — Natriumbromat — Natriumhypoiodit 566. — Natriumjodat — Na- triumsuperoxyd 567.	
Natriumhydroxyd . . . . .	568
Normal-Natronlauge . . . . .	570
Natriumsulfid 570. — Natriumsulfit 573.	
Natriumthiosulfat . . . . .	574
Natriumsulfat . . . . .	579
Natriumamid — Natriumazid — Natriumnitrit 584.	
Natriumnitrat, $\text{NaNO}_3$ . . . . .	586
Natriumhypophosphit, $\text{NaH}_2\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . . . . .	588
Sekundäres Natriumphosphat . . . . .	589
Dreibasisch-Natriumphosphat 592.	
Natrium-Ammoniumphosphat . . . . .	592
Liquor Natrii arsenicosi 594.	
Natriumtetraborat . . . . .	595
Natriumperborat 598.	
Saures Natriumcarbonat . . . . .	599
Neutrales Natriumcarbonat . . . . .	603
Bestimmung von Ätznatron neben Natriumcarbonat. . . . .	612
Natriumpercarbonat 613. — Liquor Natrii silicici 614.	
<b>Kalium, K</b> , von A. Eberhard . . . . .	615
Chlorkalium . . . . .	621
Bromkalium . . . . .	625
Jodkalium . . . . .	629
Fluorkalium — Kaliumsilikofluorid — Kaliumhypochlorit 635.	
Kaliumchlorat . . . . .	635
Kaliumperchlorat 640.	
Kaliumbromat, $\text{KBrO}_3$ . . . . .	640
Kaliumjodat 641.	
Kaliumhydroxyd . . . . .	643
Normal-Kalilauge . . . . .	649
Schwefelkalium 650.	
Schwefelleber . . . . .	651
Kaliumsulfit 652.	
Kaliumsulfat, $\text{K}_2\text{SO}_4$ . . . . .	653
Kaliumnitrat, $\text{KNO}_3$ . . . . .	656
Kaliumhypophosphit 659.	
Liquor Kalii arsenicosi . . . . .	660
Saures Kaliumcarbonat . . . . .	661
Neutrales Kaliumcarbonat . . . . .	664
Kaliumpercarbonat 669.	
<b>Rubidium, Rb</b> , von A. Eberhard . . . . .	670
<b>Cäsium, Cs</b> , von A. Eberhard . . . . .	672

<b>Ammonium, NH<sub>4</sub></b> , von A. Eberhard . . . . .	673
Chlorammonium . . . . .	674
Bromammonium . . . . .	678
Jodammonium . . . . .	679
-Fluorammonium 680.	
Ammoniumhydroxyd, NH <sub>4</sub> ·OH . . . . .	681
Ammoniumsulfhydrat 686. — Gelbes Schwefelammonium 687.	
Ammoniumsulfat . . . . .	688
Ammoniumpersulfat — Ammoniumnitrat 689. — Ammoniumcarbonat 691.	
<b>Gruppe des Kupfers</b> . . . . .	695
<b>Kupfer, Cu</b> , von C. A. Rojahn . . . . .	696
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Kupfers . . . . .	716
Halogenverbindungen des Kupfers . . . . .	720
Schwefelverbindungen des Kupfers . . . . .	724
Kupfer-(2)-sulfat . . . . .	725
Tetrammincuprisulfat . . . . .	731
Kupfer-(2)-nitrat . . . . .	732
Kupfer-(2)-carbonat . . . . .	734
Basisches Kupfer-2-carbonat, CuCO <sub>3</sub> ·Cu(OH) <sub>2</sub> . . . . .	735
<b>Silber, Ag</b> , von C. A. Rojahn . . . . .	737
Kolloides Silber . . . . .	745
Quantitative Bestimmung des Silbers . . . . .	750
Blattsilber . . . . .	757
Sauerstoffverbindungen des Silbers . . . . .	758
Halogenverbindungen des Silbers . . . . .	759
Schwefelverbindungen des Silbers . . . . .	765
Silbersulfat, Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	766
Silbernitrat, AgNO <sub>3</sub> . . . . .	767
<b>Gold, Au</b> , von C. A. Rojahn . . . . .	774
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Goldes . . . . .	786
Halogenverbindungen des Goldes . . . . .	787
Schwefelverbindungen des Goldes . . . . .	797
Verbindungen des Goldes mit sauerstoffhaltigen Säuren . . . . .	798
<b>Beryllium (Glycium), Be</b> , von H. P. Kaufmann . . . . .	799
<b>Magnesium, Mg</b> , von H. P. Kaufmann . . . . .	801
Verbindungen des Magnesiums mit Sauerstoff . . . . .	804
Verbindungen des Magnesiums mit den Halogenen . . . . .	808
Magnesiumsulfat, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O . . . . .	811
Magnesiumammoniumphosphat — Magnesiumammoniumarsenat 814.	
Magnesiumcarbonat, MgCO <sub>3</sub> . . . . .	815
Analytischer Nachweis der Magnesiumverbindungen . . . . .	820
Therapeutische Anwendung von Magnesiumverbindungen . . . . .	822
<b>Gruppe der alkalischen Erdmetalle</b> . . . . .	824
<b>Calcium, Ca</b> , von A. Eberhard . . . . .	826
Calciumhydrid 830.	
Chlorcalcium . . . . .	830
Calciumbromid 833. — Calciumjodid — Fluorcalcium 834.	

	Seite
<b>Chlorkalk</b> . . . . .	835
<b>Calciumoxyd</b> . . . . .	840
<b>Zement</b> . . . . .	847
<b>Calciumsulfid</b> . . . . .	849
<b>Calciumsulfat</b> . . . . .	850
Calciumnitrat 853. — Phosphorcalcium 854.	
<b>Calciumhypophosphit, Ca(H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub></b> . . . . .	854
<b>Calciumphosphate</b> . . . . .	856
Calciumcarbid 862.	
<b>Calciumcyanamid, Kalkstickstoff</b> . . . . .	863
<b>Calciumcarbonat</b> . . . . .	863
<b>Glas</b> . . . . .	868
<b>Strontium, Sr, von A. Eberhard</b> . . . . .	873
<b>Barium, Ba, von A. Eberhard</b> . . . . .	876
Chlorbarium . . . . .	878
Bariumhydroxyd . . . . .	881
Bariumsulfat . . . . .	883
Bariumcarbonat 886.	
<b>Zink, Zn, von H. P. Kaufmann</b> . . . . .	888
Verbindungen des Zinks mit Sauerstoff . . . . .	894
Zink und Halogene 898.	
Chlorzink . . . . .	898
Schwefelhaltige Verbindungen des Zinks . . . . .	901
Zinksulfid . . . . .	901
Zinksulfat . . . . .	904
Zink und Stickstoff 907. — Zink und Phosphor — Zink und Arsen 908.	
Zinkcarbonat, ZnCO <sub>3</sub> . . . . .	909
Zink und Silicium — Zink und Bor 910.	
Therapeutische Anwendung von Zinkverbindungen . . . . .	911
Analytische Bestimmung des Zinks und seiner Verbindungen . . . . .	912
<b>Cadmium, Cd, von H. P. Kaufmann</b> . . . . .	917
Verbindungen des Cadmiums . . . . .	918
Therapeutische Anwendung von Cadmiumverbindungen . . . . .	922
<b>Quecksilber, Hg, von H. P. Kaufmann</b> . . . . .	923
Verbindungen des Quecksilbers . . . . .	933
Mercuroverbindungen . . . . .	934
Mercurooxyd, Hg <sub>2</sub> O . . . . .	934
Mercuronitrat, Hg <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 2 H <sub>2</sub> O . . . . .	935
Halogenverbindungen des Hg (I) 938.	
Mercuriverbindungen . . . . .	949
Quecksilberoxyd . . . . .	949
Quecksilbersulfid . . . . .	955
Mercurisulfat, HgSO <sub>4</sub> . . . . .	960
Mercurinitrat, Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	961
Quecksilberchlorid, HgCl <sub>2</sub> . . . . .	963
Amidoderivate des Quecksilber-2-chlorids . . . . .	969
Quecksilberjodid, HgJ <sub>2</sub> . . . . .	976
Quecksilber in der Therapie . . . . .	980
Analytische Bestimmung des Quecksilbers . . . . .	986

	Seite
<b>Aluminium, Al</b> , von H. P. Kaufmann . . . . .	1004
Sauerstoff- und Sauerstoff-Wasserstoffverbindungen des Aluminiums	1015
Aluminiumoxyd, $Al_2O_3$ . . . . .	1015
Aluminiumhydroxyd, $Al(OH)_3$ . . . . .	1018
Verbindungen des Aluminiums mit Schwefel . . . . .	1029
Aluminiumsulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ . . . . .	1030
Alaune . . . . .	1032
Aluminiumsilicate . . . . .	1039
Weißer Bolus . . . . .	1041
Halogenverbindungen des Aluminiums . . . . .	1048
Aluminiumchlorid . . . . .	1049
Anwendung der Aluminiumverbindungen zu therapeutischen Zwecken	1050
Analytischer Nachweis des Aluminiums . . . . .	1051
<b>Gruppe des Galliums, Indiums und Thalliums</b> . . . . .	1059
<b>Gallium, Ga</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1059
<b>Indium, In</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1061
<b>Thallium, Tl</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1062
<b>Gruppe des Scandiums</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1066
<b>Scandium, Sc</b> . . . . .	1066
<b>Yttrium, Y</b> . . . . .	1067
<b>Lanthan, La</b> . . . . .	1068
<b>Seltene Erden</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1068
<b>Cerium, Ce</b> . . . . .	1072
Praseodym — Neodym — Samarium — Europium 1075. — Ga-	
dolinium — Terbium — Dysprosium — Holmium — Erbium —	
Thulium — Ytterbium — Cassiopeium 1076.	
<b>Titan, Ti</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1076
<b>Zirkonium, Zr</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1080
<b>Hafnium, Hf</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1082
<b>Thorium, Th</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1083
Thorium-4-nitrat — Thoriumdioxid 1084.	
<b>Germanium, Zinn und Blei</b> . . . . .	1086
<b>Germanium, Ge</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1086
<b>Zinn, Sn</b> , von K. Feist . . . . .	1088
Zinnchlorür 1098.	
<b>Zinndioxyd</b> . . . . .	1103
Stannichlorid 1105.	
<b>Blei, Pb</b> , von K. Feist . . . . .	1107
Blei-2-oxyd . . . . .	1118
Bleicarbonat, $PbCO_3$ . . . . .	1125
Bleidioxyd 1128.	
Mennige . . . . .	1132
<b>Metalle der Vanadingruppe (fünfte Gruppe)</b> . . . . .	1134
<b>Vanadium, V</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	1134
<b>Niobium und Tantal</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	1140

	Seite
<b>Niobium, Nb</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	1141
<b>Tantal, Ta</b> , von K. W. Rosenmund . . . . .	1142
<b>Tantalpentoxyd</b> . . . . .	1143
<b>Chrom, Molybdän, Wolfram, Uran</b> . . . . .	1143
<b>Chrom, Cr</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1143
<b>Verbindungen des Chroms</b> . . . . .	1148
<b>Chrom-2-Verbindungen</b> . . . . .	1149
<b>Chrom-3-Verbindungen</b> . . . . .	1150
<b>Sauerstoff- und Schwefelverbindungen des Chroms</b> . . . . .	1153
<b>Chromtrioxyd</b> . . . . .	1155
<b>Chromsäure, Dichromsäure und deren Salze</b> . . . . .	1159
<b>Verbindungen des Chroms mit Stickstoff, Phosphor und Kohlenstoff</b> . . . . .	1168
<b>Chromstickstoff — Chromphosphid — Chromcarbid</b> . . . . .	1168
<b>Molybdän, Mo</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1169
<b>Phosphormolybdänsäure</b> . . . . .	1175
<b>Wolfram, W</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1176
<b>Uran, U</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1181
<b>Gruppe des Mangans</b> . . . . .	1186
<b>Mangan, Mn</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1187
<b>Mangan-2-sulfat</b> . . . . .	1195
<b>Mangan-4-oxyd</b> . . . . .	1200
<b>Kaliummanganat</b> . . . . .	1205
<b>Kaliumpermanganat</b> . . . . .	1207
<b>Masurium, Ma</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1211
<b>Rhenium, Re</b> , von F. v. Bruchhausen . . . . .	1212
<b>Gruppe des Eisens</b> . . . . .	1214
<b>Eisen, Fe</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1214
<b>Verbindungen des Eisens — Halogenverbindungen</b> . . . . .	1241
<b>Ferrichlorid 1245. — Liquor ferri sesquichlorati 1247.</b>	
<b>Eisenoxychloridlösung</b> . . . . .	1253
<b>Dialysierte Eisenhydroxydlösung</b> . . . . .	1254
<b>Eisen-3-oxyd, Ferrioxyd, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> . . . . .	1262
<b>Ferrosulfat</b> . . . . .	1271
<b>Ferrisulfat</b> . . . . .	1281
<b>Schwefelverbindungen des Eisens</b> . . . . .	1289
<b>Kobalt, Co</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1292
<b>Ammoniakverbindungen des Kobalts, Kobaltiake</b> . . . . .	1297
<b>Nickel, Ni</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1298
<b>Verbindungen des Nickels</b> . . . . .	1306
<b>Gruppe des Platins</b> . . . . .	1308
<b>Ruthenium, Ru</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1310
<b>Rhodium, Rh</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1311
<b>Palladium, Pd</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1312
<b>Osmium, Os</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1316
<b>Iridium, Ir</b> , von K. H. Bauer . . . . .	1318

**Platin, Pt**, von K. H. Bauer . . . . . 1319

**Radioaktive Elemente**, von K. W. Rosenmund . . . . . 1340

Die Arten der Strahlen 1341. — Über den Atomzerfall. Halbwertszeit 1343. — Radioaktives Gleichgewicht 1343. — Meßmethoden 1344. — Chemie der Radioelemente 1346.

**Radium, Ra**, von K. W. Rosenmund . . . . . 1348

**Radiumemanation** . . . . . 1352

**Protaktinium, Aktinium** . . . . . 1353

**Mesothorium** . . . . . 1353

**Maßanalyse**, von F. v. Bruchhausen . . . . . 1355

**Meßgeräte** . . . . . 1355

**Titerflüssigkeiten 1359.** — Die Indikatoren 1359. — Reaktion des Wassers 1361. — Die Reaktion der schwachen Säure (Base) 1362. — Die Reaktion eines Gemisches von Säure und Salz 1363. — Reaktion eines Salzes einer schwachen Säure (Hydrolysgleichung) 1365. — Titrierfehler 1366. — Relativer Säurefehler 1367. — Titrationskurven 1368. — Berechnung der Analysen 1370. — Herstellung von Normallösungen 1370. — Jodometrie 1378. — n/10 Jodlösung 1379. — n/10 Natriumthiosulfatlösung 1380. — Oxydimetrie 1383. — n/10 Kaliumpermanganatlösung 1384. — n/10 Silbernitratlösung 1387. — n/10 Natriumchloridlösung 1387. — n/10 Ammoniumrhodanidlösung 1387.

**Wasserstoffionenkonzentration**, von F. v. Bruchhausen . . . . . 1388

Bestimmung von  $p_H$  mit Hilfe von Pufferlösungen 1389. — Säurestufen (Pufferlösungen) 1390. — Darstellung der Präparate für die Herstellung der Säurestufen 1393. — Bestimmung von  $p_H$  ohne Pufferlösung 1394. — Verfahren von Michaelis mit einfarbigen Indikatoren 1396. — Salzfehler der Indikatoren 1398. — Messung gefärbter oder trüber Lösungen nach Walpole 1399. — Register.

**Kobalt, Co**, von K. H. Bauer . . . . . 1397

**Nickel, Ni**, von K. H. Bauer . . . . . 1398

**Rhodium, Rh**, von K. H. Bauer . . . . . 1399

**Palladium, Pd**, von K. H. Bauer . . . . . 1400

**Osmium, Os**, von K. H. Bauer . . . . . 1401

**Iridium, Ir**, von K. H. Bauer . . . . . 1402

hohen Eisens so vollständig verändert, daß wir zu der Vorstellung einer festgelegten stofflichen Umwandlung des Eisens gelangen; in solchen Fällen sprechen wir von chemischen Prozessen.

Unnach wäre also Physik derjenige Teil der Naturlehre, der sich die Untersuchung der verschiedenen Zustände der stofflich unveränderten Substanzen zur Aufgabe macht, während die Chemie die Erforschung der stofflichen Veränderungen darstellt.

## I. ALLGEMEINER THEIL

So einfach wie bei den natürlichen Vorgängen ist aber die Unterscheidung, ob ein Vorgang als ein physikalischer oder als ein chemischer anzusehen ist, keineswegs immer. Wenn das Wasser, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, abgekühlt, so bildet es bei 0° festes Eis.

### Einleitung

**Physik und Chemie.** Alles, was Raum erfüllt und Gewicht besitzt, heißt **Stoff** oder **Materie**; begrenzte Materie nennen wir **Körper**. Die Beobachtung lehrt, daß die uns umgebenden stofflichen Mannigfaltigkeiten einer ständigen Veränderung unterliegen, und um die zahllosen Veränderungen einfach ordnen und klassifizieren zu können, suchen wir sie auf zwei Typen zurückzuführen. Wir wollen uns diese durch einige Beispiele klarmachen.

Wir denken uns einen Eisenstab in mehrere Teile zerlegt. Eins dieser Stücke werde mit einem Magneten eine gewisse Zeit lang in der gleichen Richtung gestrichen; die wesentlichen Eigenschaften des Eisens erfahren dadurch keine Änderung, aber das Stück Eisen ist magnetisch geworden, d. h. es besitzt nun die Eigenschaft, Eisen anzuziehen und festzuhalten. Einem anderen Teile des ursprünglichen Eisenstabes führen wir Wärme zu: es wird warm; bei einer bestimmten Temperatur fängt das Eisen an, zu leuchten, erst dunkelrot, dann immer heller röt, und zuletzt wird es weiß leuchtend. Wenn dafür gesorgt wird, daß während des Vorganges keine Luft an das Eisen herantreten kann, so kühlt sich das Eisen nach Entfernung der Wärmequelle ab und zeigt schließlich wieder dieselben Eigenschaften wie vor Beginn des Versuches. Ein drittes, an einem Faden frei aufgehängtes Stück Eisen schlagen wir mit einem Metallstabe an: wir hören einen Ton, der allmählich schwächer wird, bis er ganz verklingt; das geschlagene Eisenstück hat wieder seine ursprünglichen Eigenschaften. Alle diese und entsprechende Vorgänge werden als physikalische bezeichnet; die Magnetisierung, die Erwärmung, das Leuchten, das Tönen sind nur zeitliche Änderungen des Zustandes; sobald die Ursache derselben wegfällt, liegt der stoffliche Gegenstand, in unserem Beispiel das Eisen, mit seinen Anfangseigenschaften wieder vor.

Nehmen wir dagegen von jedem der vorbehandelten Eisenstücke Teile ab und lassen einige davon an feuchter Luft liegen, während andere mit Salzsäure übergossen werden, so beobachten wir, daß im ersten Falle das Eisen seine blanke Oberfläche verliert und einen rotbraunen Stoff liefert (es rostet), und im zweiten Falle löst sich das Eisen zu einer grünlichen Flüssigkeit. Wenn man den rotbraunen Körper oder die grünliche Flüssigkeit jemandem vorlegen würde, der zwar das Eisen kennt, aber nie etwas von seinen Verbindungen gehört hat, so würde derselbe niemals auf den Gedanken kommen, daß er eisenhaltige Materialien vor sich hat. Durch die beiden letzteren Versuche hat sich die Gesamtheit der Eigenschaften des ursprüng-

lichen Eisens so vollständig geändert, daß wir zu der Vorstellung einer tiefgreifenden stofflichen Umwandlung des Eisens gelangen; in solchen Fällen sprechen wir von chemischen Prozessen.

Danach wäre also Physik derjenige Teil der Naturlehre, der sich die Untersuchung der verschiedenen Zustände der stofflich unveränderten Substanzen zur Aufgabe macht, während die Chemie<sup>1)</sup> die Erforschung der stofflichen Veränderungen der Materie zum Ziele hat.

So einfach wie bei den anfangs angeführten Fällen ist aber die Entscheidung, ob ein Vorgang als ein physikalischer oder als ein chemischer aufzufassen ist, keineswegs immer. Wenn das Wasser, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, abgekühlt wird, so bildet es bei 0° festes Eis, während es bei höheren Temperaturen — unter Atmosphärendruck z. B. bei 100° — vollständig in Wasserdampf übergeht. In diesen drei Zuständen besitzt das Wasser durchaus verschiedene Eigenschaften, so daß man die Überführung des Wassers aus dem Zustand des Eises über die Flüssigkeit zum Wasserdampf wohl als einen chemischen Vorgang ansprechen könnte; trotzdem pflegt man das Erstarren und Verdampfen einer Flüssigkeit im allgemeinen der Physik zuzurechnen, weil man einfach durch Wegnahme oder Zuführung von Wärme die verschiedenen Zustände beliebig ineinander verwandeln kann. Lösen wir einen festen Stoff in Wasser auf, so verschwinden seine sinnfälligsten Eigenschaften in der Lösung; obgleich man auch hier deswegen an eine chemische Umwandlung denken könnte, wird doch der Lösungsvorgang in der Hauptsache als ein physikalischer angesehen, weil sich das Lösungsmittel durch Zuführung von Wärme leicht von dem gelösten Stoffe trennen läßt, so daß das Wasser und der gelöste Stoff wieder zu erhalten sind. Jedenfalls aber zeigen diese letzten Beispiele, daß von Physik zu Chemie ein sehr flüssiger Übergang besteht und daß es sich hierbei keineswegs um eine prinzipielle Trennung, sondern vielmehr nur um eine praktische Einteilung aus Zweckmäßigkeitsgründen handelt. Es ist daher auch leicht verständlich, daß sich im Hinblick auf solche Erscheinungen, bei denen stoffliche und Zustandsänderungen gleichzeitig wichtig sind, ein zwischen der eigentlichen Physik und der eigentlichen Chemie stehender Zweig unserer Wissenschaft, die physikalische Chemie, entwickelt hat; ihr werden im allgemeinen die chemischen Theorien und die für das Verständnis stofflicher Umwandlungen nötigen physikalischen Kenntnisse zugerechnet.

**Einteilung des Lehrgebäudes der Chemie.** Die chemischen Vorgänge sind so zahlreich und für das Leben und den menschlichen Haushalt so wichtig, daß man sie, je nach den besonderen Aufgaben, weiter eingeteilt hat. Derjenige Abschnitt, der sich mit den allen chemischen Prozessen zugrunde liegenden Gesetzen beschäftigt, wird als theoretische, allgemeine oder auch physikalische Chemie bezeichnet; ihr steht die praktische oder angewandte Chemie gegenüber. Verfolgt man die chemischen Erscheinungen im Organismus von Tier und Pflanze, so spricht man von phy-

<sup>1)</sup> Das Wort „Chemie“ kommt nach E. v. Lippmann um 300 n. Chr. erstmalig vor und bedeutet so viel wie Ägypten — Keme gleich schwarze Erde. — Die schwarze Kunst ist also die Kunst aus Ägypten, wo die Priester sie eifrig pflegten.