

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

Band 19

Borverbindungen

Teil 3

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

Band 19

Borverbindungen

Teil 3

Verbindungen des Bor mit den Nichtmetallen
S, Se, Te, P, As, Sb, Si und mit Metallen

mit 9 Figuren

BEARBEITER DIESES BANDES

Karl-Christian Buschbeck, Lydia M. Frenzel, Kurt Niedenzu,
Günter Schmid, Walter Siebert, Klaus Sommer, John R. Wasson

REDAKTEURE DIESES BANDES

Margot Becke-Goehring, Gmelin-Institut, Frankfurt am Main
Karl-Christian Buschbeck, Gmelin-Institut, Frankfurt am Main
Kurt Niedenzu, Department of Chemistry, University of Kentucky,
Lexington, Kentucky, USA



Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1975

MITARBEITER DIESES BANDES

Kap. 1	K.-Ch. Buschbeck, K. Niedenzu, K. Sommer	S. 1/ 3
Kap. 2	W. Siebert, K. Sommer	S. 4/ 50
Kap. 3 bis 5	W. Siebert	S. 51/ 92
Kap. 6	J. R. Wasson	S. 93/143
Kap. 7 bis 9	L. M. Frenzel	S. 144/158
Kap. 10 bis 11	G. Schmid	S. 159/201

Die Literatur ist bis Ende 1973 ausgewertet,
in Einzelfällen darüber hinaus

Die vierte bis siebente Auflage dieses Werkes erschien im Verlag von
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Library of Congress Catalog Card Number: Agr 25-1383

ISBN 3-540-93285-2 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York

ISBN 0-387-93285-2 Springer-Verlag, New York · Heidelberg · Berlin

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. im Gmelin Handbuch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

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

Printed in Germany. — All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form — by photoprint, microfilm, or any other means — without written permission from the publishers.

© by Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg 1975

LN-Druck Lubeck

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

Das Ergänzungswerk zur 8. Auflage des Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

1	Organische Verbindungen
2-3	Organische Verbindungen
4	Organische Verbindungen
5	Organische Verbindungen
6	Organische Verbindungen
7	Organische Verbindungen
8	Organische Verbindungen
9	Organische Verbindungen
10	Organische Verbindungen
11	Organische Verbindungen
12	Organische Verbindungen
13	Organische Verbindungen
14	Organische Verbindungen
15	Organische Verbindungen
16	Organische Verbindungen
17	Organische Verbindungen
18	Organische Verbindungen
19	Organische Verbindungen
20	Organische Verbindungen

Vom Ergänzungswerk zur 8. Auflage des Gmelin Handbuchs sind bisher erschienen:

- 1 Edelgasverbindungen
- 2/3 Vanadium-Organische Verbindungen
Chrom-Organische Verbindungen
- 4 Transurane C (Verbindungen)
- 5 Kobalt-Organische Verbindungen, Teil 1
- 6 Kobalt-Organische Verbindungen, Teil 2
- 7a Transurane A 1, I (Elemente)
- 7b Transurane A 1, II (Elemente)
- 8 Transurane A 2 (Elemente)
- 9 Perfluorhalogenorgano-Verbindungen der Hauptgruppenelemente, Teil 1
- 10/11 Zirkonium-Organische Verbindungen
Hafnium-Organische Verbindungen
- 12 Perfluorhalogenorgano-Verbindungen der Hauptgruppenelemente, Teil 2
- 13 Borverbindungen, Teil 1
- 14 Eisen-Organische Verbindungen, Teil A (Ferrocen 1)
- 15 Borverbindungen, Teil 2
- 17 Nickel-Organische Verbindungen, Teil 2
- 19 Borverbindungen, Teil 3 (vorliegender Band)
- 20 Transurane D 1 (Chemie in Lösung)

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

BEGRÜNDET VON

Leopold Gmelin

Ergänzungswerk zur achten Auflage

ACHTE AUFLAGE

begonnen im Auftrage der Deutschen Chemischen Gesellschaft

von R. J. Meyer

E. H. E. Pietsch und A. Kotowski

fortgeführt von

Margot Becke-Goehring und Karl-Christian Buschbeck

HERAUSGEGEBEN VOM

Gmelin-Institut

für Anorganische Chemie und Grenzgebiete der

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften



Springer-Verlag

Berlin · Heidelberg · New York 1975

**Gmelin-Institut für Anorganische Chemie und Grenzgebiete der Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung der Wissenschaften**

KURATORIUM

Dr. J. Schaafhausen, Vorsitzender, Dr. G. Breil, Prof. Dr. R. Brill, Prof. Dr. G. Fritz, Prof. Dr. E. Gebhardt, Prof. Dr. W. Gentner, Prof. Dr. O. Glemser, Prof. Dr. O. Haxel, Prof. Dr. H. Hellmann, Prof. Dr. R. Hoppe, Stadtkämmerer H. Lingnau, Prof. Dr. R. Lüst, Prof. Dr. H. Schäfer

DIREKTOR

PROF. DR. MARGOT BECKE

LEITENDE MITARBEITER

Dr. K.-C. Buschbeck, Dr. W. Lippert, W. Busch

HAUPTREDAKTEURE

Dr. K. v. Baczko, Dr. H. Bergmann, Dr. H. Bitterer, Dr. R. Keim, Dipl.-Ing. G. Kirschstein, Dr. E. Koch, Dipl.-Phys. D. Koschel, Dr. I. Kubach, Dr. H.-K. Kugler, Dr. E. Schleitzer, Dr. A. Slawisch, Dr. K. Swars

MITARBEITER

Dipl.-Chem. V. Amerl, Z. Amerl, J. Bäcker, D. Barthel, I. Baumhauer, R. Becker, Dr. K. Beeker, Dr. L. Berg, Dipl.-Chem. E. Best, Dipl.-Phys. E. Bienemann, M. Brandes, N. Bremer, E. Brettschneider, E. Cloos, Dipl.-Phys. G. Czack, I. Deim, L. Demmel, Dipl.-Chem. H. Demmer, I. Dölz, R. Dombrowsky, Dipl.-Chem. A. Drechsler, Dipl.-Chem. M. Drößmar, M. Engels, V.-F. Fabrizek, I. Fischer, Dr. I. Flachsbar, J. Füßel, Dipl.-Ing. N. Gagel, Dipl.-Chem. H. Gedschold, G. Grabowski, Dipl.-Phys. D. Gras, Dr. V. Haase, E. Hamm, H. Hartwig, B. Heibel, Dipl.-Min. H. Hein, G. Heinrich-Sterzel, H. W. Herold, U. Hettwer, Dr. I. Hinz, Dr. W. Hoffmann, Dipl.-Chem. K. Holzapfel, Dr. L. Iwan, Dipl.-Ing. A. Junker, Dr. W. Kästner, Dipl.-Chem. W. Karl, H.-G. Karrenberg, Dr. H. Katscher, Dipl.-Phys. H. Keller-Rudek, H. Klein, H. Koch, Dipl.-Chem. K. Koeber, H. Köppe, Dipl.-Chem. H. Köttelwesch, R. Kolb, E. Kranz, L. Krause, Dipl.-Chem. I. Kreuzbichler, Dr. U. Krüerke, Dr. P. Kuhn, Dr. I. Leitner, M.-L. Lenz, Dr. A. Leonard, Dipl.-Chem. H. List, E. Meinhard, Dr. P. Merlet, K. Meyer, M. Michel, Dr. A. Mirtsching, I. Mix, A. Moulik, M. Sc., K. Nöring, C. Pielenz, E. Preißer, I. Rangnow, Dr. K. Rehfeld, Dipl.-Phys. H.-J. Richter-Ditten, Dipl.-Chem. H. Rieger, E. Rudolph, G. Rudolph, Dipl.-Chem. S. Ruprecht, F. Schlageter, Dipl.-Chem. D. Schneider, Dr. F. Schröder, Dipl.-Min. P. Schubert, Dipl.-Ing. H. Somer, E. Sommer, Dr. P. Stieß, Prof. Dr. W. Stumpf, M. Teichmann, Dr. W. Töpfer, Dr. B. v. Tschirschnitz-Geibler, Dipl.-Ing. H. Vanecek, Dipl.-Chem. P. Velić, Dipl.-Ing. U. Vetter, Dipl.-Phys. J. Wagner, Dr. R. Warncke, Dipl.-Chem. S. Waschk, Dr. G. Weinberger, Dr. H. Wendt, H. Wiegand, Dipl.-Ing. I. v. Wilucki, I. Winkler, K. Wolff, Dr. A. Zelle, U. Ziegler, G. Zosel

FREIE MITARBEITER

Dr. A. Bohne, Dr. G. Hantke, Dr. H. Lehl, Dr.-Ing. M. Lehl, Dipl.-Berging. W. Müller, Dipl.-Ing. K. Riesche, Dr. L. Roth, Dr. K. Rumpf, Prof. Dr. W. Schröder, Dr. U. Trobisch

AUSWÄRTIGES WISSENSCHAFTLICHES MITGLIED Prof. Dr. E. Pietsch

Vorwort

Der vorliegende Band „Borverbindungen 3“ gehört ebenso wie die bereits erschienenen Bände „Borverbindungen 1“ und „Borverbindungen 2“ zum Ergänzungswerk zur 8. Auflage des Gmelin Handbuchs. Im Gesamtobjekt „Borverbindungen“ werden die Verbindungen von Bor mit den nach dem System der letzten Stelle vorgesehenen Elementen H, O, N, F, Cl, Br, J, (At), S, Se, Te, (Po) enthalten sein, aus Gründen des chemischen Zusammenhangs werden aber noch Verbindungen mit weiteren Elementen aufgenommen und in einigen Fällen wird eine abweichende Anordnung verwandt. So werden, wie übrigens bereits im Hauptband „Bor“, in Abweichung vom System die B-C-Verbindungen (z. B. die Carborane in „Borverbindungen 2“ und einem Folgeband) mitbehandelt.

Die Reihenfolge im Gesamtobjekt „Borverbindungen“ konnte nicht so eingehalten werden, daß zunächst B-H- dann B-O-Verbindungen usw. herausgebracht wurden, wie es der Abfolge des Systems entspricht. Eine Übersicht der bereits erschienenen und der geplanten, dem Bor und seinen Verbindungen gewidmeten Bänden wird daher auf der nachfolgenden Seite gegeben.

Der vorliegende Band enthält außer den einfachen Verbindungen von Bor mit S, Se und Te auch die Verbindungen mit P, As, Sb und Si sowie die Kapitel „Verbindungen mit B-Metall-Bindung“ (Kap. 10) und „Metallverbindungen der höheren Borwasserstoffe“ (Kap. 11). Die Verbindungen mit P, As, Sb und Si und mit Metallen sind gemäß dem System der letzten Stelle in den Haupt- und Ergänzungsbänden „Phosphor“, „Arsen“ usw. in bezug auf die ältere Literatur behandelt worden. Entsprechende Hinweise werden im vorliegenden Band gegeben.

Der Alexander v. Humboldt-Stiftung danken wir auch an dieser Stelle dafür, daß sie die Mitarbeit von K. N. am Objekt „Borverbindungen“ im Gmelin-Institut ermöglicht hat.

Frankfurt am Main, im März 1975

Karl-Christian Buschbeck
Kurt Niedenzu

Bor und Borverbindungen im Gmelin Handbuch

„Bor“ (Hauptband)	Geschichtliches. Vorkommen. Das Element. Verbindungen bis B + Te. Literaturschluß: Ende 1925. Erschienen: 1926.
„Bor“ (Ergänzungsband)	Vorkommen. Das Element. Verbindungen bis B + C. Literaturschluß: Ende 1949. Erschienen: 1954.
„Borverbindungen“ 1 (Erg.-Werk Bd. 13)	BN. B-N-C-Heterocyclen. Polymere B-N-Verbindungen. Literatur ab 1950. Literaturschluß: 1972. Erschienen: 1974.
„Borverbindungen“ 2 (Erg.-Werk Bd. 15)	Nomenklatur und Typen der Carborane, Carborane (ohne Hetero- und Metallocarborane sowie Dodekacarbaborane). Literatur ab 1950. Literaturschluß: 1973 bzw. Ende 1970. Erschienen: 1974.
„Borverbindungen“ 3 (Erg.-Werk Bd. 19)	Verbindungen mit S, Se, Te, P, As, Sb, Si und mit Metallen. Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1973.

In Bearbeitung

Weitere Bände der Bor-Serie des Ergänzungswerks sollen enthalten:

Dodekacarbaborane. Hetero- und Metallocarborane

B-N-Verbindungen mit kovalenter B-N-Bindung (Aminoborane. B-N-Heterocyclen. Verwandte Systeme)

Halogen- und Pseudohalogenborane

Bor-Sauerstoff-Verbindungen (Boroxide. Borsäuren und ihre Salze. Organische Derivate)

Borwasserstoffe

Addukte von Borverbindungen

Preface

The present volume "Borverbindungen 3" is another one in the series of the "Ergänzungswerk zur 8. Auflage" of the Gmelin Handbook. It is the third volume of the project on boron compounds; within the latter derivatives of boron are discussed containing bonds to the elements H, O, N, F, Cl, Br, I, (At), S, Se, Te, (Po). This conforms with the established systematics of the Gmelin Handbook. However, in order to reflect basic principles in the chemistry of boron, additional species containing boron bonds to elements other than those mentioned will also be considered within the framework of the project. Additional deviations from the regular systematics of the Handbook are governed primarily by the material to be presented.

The order of issuing individual volumes is dictated by the availability of contributors. Therefore, a listing of those volumes already published as well as a tentative plan for future issues is given on the following page.

The present volume deals with simple boron compounds of S, Se, Te, P, As, Sb, and Si; in addition, species containing boron-metal bonds (sine borates but including derivatives of the higher boron hydrides) are discussed. The reader's attention is called to the fact that the literature coverage of boron compounds containing bonds to P, As, Sb, Si, and metals is not complete but earlier data are found in the relevant volumes of the main and supplementary volumes of the Handbook.

We express our appreciation to the Alexander von Humboldt Foundation for enabling the participation of K.N. in the project on boron compounds of the Gmelin Institute.

Frankfurt am Main, March 1975

Karl-Christian Buschbeck

Kurt Niedenzu

Boron and Boron Compounds in the Gmelin Handbook

- "Bor" (Main Volume) Historical. Occurrence. The Element. Compounds up to B + Te.
Literatur closing date: end of 1925. Published: 1926.
- "Bor" (Supplement Volume) Occurrence. The Element. Compounds up to B + C.
Literature closing date: end of 1949. Published: 1954.
- "Borverbindungen" 1 BN, B-N-C Heterocycles. Polymeric B-N Compounds.
(New Supplement Series Vol. 13) Literature from 1950 up to 1972. Published: 1974.
- "Borverbindungen" 2 Nomenclature and Types of Carboranes. Carboranes (without Hetero-
(New Supplement Series Vol. 15) and Metallocarboranes, and Dodecacarbaboranes).
Literature from 1950 up to 1973 or 1970 resp. Published: 1974.
- "Borverbindungen" 3 Compounds with S, Se, Te, P, As, Sb, Si, and with Metals.
(New Supplement Series Vol. 19) Literature closing date: end of 1973.

In Preparation

Other volumes of the Boron Series of New Supplement Series will contain:

- Dodecacarbaboranes. Hetero- and Metallocarboranes
- B-N Compounds with Covalent B-N Bond (Aminoboranes. B-N Hetero-
cycles. Related Systems)
- Halo- and Pseudohaloboranes
- Boron-Oxygen Compounds (Boron Oxides, Boric Acids, and their Salts,
Organic Derivatives)
- Boron-Hydrogen Compounds
- Borane Adducts

Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page VI)

	Seite		Seite
Verbindungen des Bors mit den Nichtmetallen S, Se, Te, P, As, Sb, Si und mit Metallen	1	2.5.4 Thiolborate $[X_3B-SH]^-$	20
1 Einführung	1	2.6 Schwefelhaltige Borwasserstoffe (Thiapolyborane)	20
2 Verbindungen mit Bor-Schwefel-Bindung	4	2.7 Organylthio-borane $(RS)_nBX_{3-n}$	21
2.1 Geschichtliches	4	2.7.1 Tris(organylthio)borane	21
2.2 Zur Natur der B-S-Bindung	5	Darstellung	21
2.3 Binäre Bor-Schwefel-Verbindungen	6	Physikalische Eigenschaften	22
2.3.1 Ionische Species	6	Chemisches Verhalten	23
2.3.2 Bormonosulfid BS	7	2.7.2 Organylthio-hydroborane $(RS)_nBH_{3-n}$	24
2.3.3 Dibortrisulfid B_2S_3	7	Darstellung	24
Darstellung	7	Physikalische Eigenschaften	24
Physikalische Eigenschaften	8	Chemische Eigenschaften	25
Chemisches Verhalten	9	2.7.3 Organylthio(organyl)borane	26
2.3.4 Diborpentasulfid B_2S_5	10	Darstellung	26
Darstellung	10	Physikalische Eigenschaften	27
Eigenschaften	10	Chemisches Verhalten	29
2.3.5 Bordsulfid BS_2	11	2.7.4 Organylthio(organylamino)borane	31
2.3.6 Borsulfide mit hohem Borgehalt	11	Darstellung	31
2.4 Ternäre Bor-Schwefel-Metall-Systeme	12	Eigenschaften	31
2.4.1 Alkali- und Erdalkalithioborate MBS_2 und MB_2S_4	12	Chemisches Verhalten	32
Darstellung	12	2.7.5 Halogen(organylthio)borane	32
Eigenschaften	12	Darstellung	32
2.4.2 Weitere Thioborate und Perthioborate	14	Physikalische Eigenschaften	32
2.4.3 Schwermetallthioborate	15	Chemisches Verhalten	33
2.5 Thioborsäuren	16	2.7.6 Halogen(organyl)(organylthio)-borane	33
2.5.1 Monothioborsäuren R_2B-SH	16	Darstellung	33
Metathioborsäure $(-BSH-S-)_3$	16	Eigenschaften	34
Darstellung	16	2.7.7 B-Tris(organylthio)borazine und verwandte Borazinderivate	34
Physikalische Eigenschaften	16	Darstellung	34
Chemisches Verhalten	17	Eigenschaften	34
Annulare Thioborsäuren	17	2.7.8 Thiocyanato(diorganyl)borane und Isomere	35
Diorganylthioborsäuren R_2B-SH	18	Darstellung	35
Darstellung	18	Eigenschaften	35
Physikalische Eigenschaften	18	2.8 Borylsulfane	36
Chemisches Verhalten	18	2.8.1 Monoborylsulfane R_2B-SX	36
Aminothioborsäuren	18	Darstellung	36
Halogenothioborsäuren	19	Eigenschaften	36
Thiolborane H_2B-SH und H_3B_2SH	19	2.8.2 Diborylsulfane $R_2B-Sn-BR_2$	37
2.5.2 Dithioborsäuren $RB(SH)_2$	20	Darstellung	37
2.5.3 Trithioborsäure $B(SH)_3$	20	Eigenschaften	37
		2.9 Cyclische B-S-Verbindungen	38
		2.9.1 Dithiadiboretane	38

	Seite		Seite
2.9.2 1,2,4-Trithia-3,5-diborolane	38	3.3.5 BBr ₃ -Komplexe	58
Darstellung	38	3.3.6 BJ ₃ -Komplexe	58
Physikalische Eigenschaften	38	3.3.7 Triorganylboran-Komplexe	58
Chemisches Verhalten	39	3.3.8 (Halogen)hydroboran-Komplexe	59
2.9.3 Borthiine	40	3.3.9 Halogen (organyl)boran-Komplexe	60
Darstellung	40	3.3.10 Diorganylsulfan-Komplexe mit Borheterocyclen	61
Physikalische Eigenschaften	40	3.4. Aminosulfan-Komplexe	63
Chemisches Verhalten	41	3.4.1 Boran-Addukte	63
2.9.4 2,3,4,6-Tetrathia-1,4-diborin	42	3.4.2 Reaktionen von Aminosulfanen mit Halogenboranen	63
2.9.5 Pentathiaborin	42	3.4.3 Bis(dimethylamino)sulfan- triphenylboran	63
2.9.6 2,3,5,6-Tetrabora-1,4-dithiine	42	3.5 Cyclische Systeme mit annularer Donor-Akzeptor-Bindung	64
2.10 Cyclische B-S-Verbindungen mit zusätzlichen Heteroatomen	42	3.5.1 Intramolekulare Addukte	64
2.10.1 1,2-Dithia-4-aza-3,5-diborolidine	42	3.5.2 Inter-molekulare Addukte	64
2.10.2 1-Thia-3,4-diaza-2,5-diborolidine	43	3.6 Donor-Akzeptor-Komplexe mit Thion-Boran-Bindung	65
2.10.3 3,7-Dithia-1,5-diaza-2,4,6,8- tetraborobicyclo[3,3,0]octane	43	3.6.1 Inter-molekulare Komplexe	66
2.10.4 Thiadiborolene	43	3.6.2 Intramolekulare Komplexe	67
Darstellung	43	N-Dialkyl-thiocarbamoylthioborane	67
Physikalische Eigenschaften	44	N-Dimethyldithiocarbamoyl- Verbindungen von B ₂ H ₄ -Derivaten	69
Chemisches Verhalten	44	3.7 Kationische Donor-Akzeptor- Komplexe	69
2.10.5 1,3,2-Dithiaborolane	46	3.8 Addukte aus Thioboranen und Basen	69
Darstellung	46	3.8.1 Reaktionen cyclischer Thioborane mit Basen	69
Eigenschaften	46	3.8.2 Addukte einfacher Thioborane mit Basen	70
2.10.6 5-Methyl-1,2,3-benzodithiaborole	48	4 Verbindungen mit Bor-Selen- Bindungen	75
2.10.7 1,2,3-Dithiaborinane	48	4.1 Geschichtliches	75
2.10.8 1,4-Dithia-2,3-diborinane	48	4.2 Bindungsverhältnisse	75
Darstellung	48	4.3 Binäre Bor-Selen-Verbindungen	75
Eigenschaften	48	4.3.1 Das System Bor-Selen	75
2.10.9 1,2-Thiaborolane	48	4.3.2 Bortriselenid B ₂ Se ₃	76
2.10.10 1,3,2-Azathiaborolane	49	Darstellung	76
2.10.11 1,3,2-Oxathiaborolane	50	Eigenschaften	78
3 Bor-Schwefel Donor-Akzeptor- Verbindungen	51	4.3.3 Tetraborselenid B ₄ Se	78
3.1 Allgemeines zur Chemie der Bor- komplexe	51	4.3.4 Borsidelenid BSe ₂	80
3.2 Physikalisch-chemische Unter- suchungen an Bor-Schwefel Donor-Akzeptor-Systemen	52	4.3.5 Bormonoselenid BSe	80
3.2.1 Strukturuntersuchungen	52	4.4 Selenoborate	80
3.2.2 Untersuchungen zur Stabilität	53	4.4.1 Alkalimetallselenoborate	80
3.2.3 Irreversible Reaktionen	54	4.4.2 Schwermetallselenoborate MBS	81
3.3 Donor-Akzeptor-Komplexe von Boranen mit Sulfanen	54		
3.3.1 BH ₃ -Komplexe	54		
3.3.2 BF ₃ -Komplexe	56		
3.3.3 BCl ₃ -Komplexe	57		
3.3.4 B ₂ Cl ₄ -Komplexe	58		

	Seite		Seite
4.4.3 Schwermetalldiselenoborate MBSe_2	81	5.3 Telluroborate	92
4.4.4 Das System $\text{B}_2\text{Se}_3\text{-Ti}_2\text{Se}$	81	6 Bor-Phosphor-Verbindungen	93
4.5 Halogenborselenide	81	6.1 Allgemeines	93
4.6 (Organyl)borselenide	82	6.2 Borphosphide	93
4.7 Cyclische Bor-Selen-Systeme	82	6.2.1 Synthesen	93
4.7.1 B-Triorganylborseleline	82	6.2.2 Physikalische Eigenschaften	94
4.7.2 1, 3, 4, 2, 5-Triselenadiborolane	82	6.2.3 Chemisches Verhalten	95
Darstellung	82	6.2.4 Weitere Angaben	96
Physikalische Eigenschaften	83	6.3 Borphosphat BPO_4	99
Chemisches Verhalten	84	6.3.1 Darstellung	100
4.7.3 1, 3, 4, 2, 5-Selenadiazadiborolidine	84	6.3.2 Physikalische und chemische Angaben	100
4.7.4 Selenadiborolene	84	6.3.3 Verwendung	102
4.7.5 Koordinierte Ringsysteme	84	6.4 Phosphinoborane	106
Dimere (Alkylseleno)dibromborane	84	6.4.1 Allgemeines	106
Trimere (Methylseleno)jodborane	85	6.4.2 Phosphinoborane mit einer B-P-Gruppe	106
μ -Methylselenodiboran $\mu\text{-CH}_3\text{SeB}_2\text{H}_5$	85	Synthesen	106
4.8 Selenoborane $(\text{RSe})_n\text{BR}'_{3-n}$	86	Physikalische und chemische Eigenschaften	107
4.8.1 Halogen(organylseleno)borane	86	6.4.3 Viergliedrige cyclische und verwandte Verbindungen	110
4.8.2 Alkylseleno(phenyl)jodborane	86	6.4.4 Phosphinoboran-Trimere und Tetramere	111
4.8.3 Halogen-bis(alkylseleno)borane	87	Synthesen	111
4.8.4 Organyl(organylseleno)borane	87	Physikalische und chemische Eigenschaften	113
4.8.5 Tris(organylseleno)borane	87	6.4.5 Polymere Phosphinoborane	115
4.9 Diborylselenane	88	6.5 Phosphin-borane	117
4.9.1 Diborylmonoselenane	88	6.5.1 Phosphinaddukte mit BH_3	117
4.9.2 Diboryldiselenane	88	Synthesen	117
4.10 Selenoborsäuren		Physikalisch-chemische Angaben	121
(= Hydroselenoborane)	89	Chemisches Verhalten	125
4.10.1 (Diorganyl)selenoborsäuren		6.5.2 Phosphin-halogenborane	129
(= Hydroseleno(diorganyl)borane)	89	Synthesen und chemisches Verhalten	129
4.10.2 (Halogen)selenoborsäuren		Physikalisch-chemische Daten	132
(= Hydroseleno(dihalogen)borane)	89	6.5.3 Phosphin-organylborane	136
4.11 Donor-Akzeptor-Komplexe	90	6.6 Ionentypen	138
4.11.1 Dimethylselenan-boran	90	6.6.1 Tetrahalogenborate	138
4.11.2 Diorganylselenan-trihalogenborane	90	6.6.2 Bis(boran)hypophosphit und verwandte Ionen	139
4.11.3 Diorganylselenan-(halogen)-organylborane	90	Darstellung	139
4.11.4 Dimethylselenan-trimethylboran	91	Allgemeine Eigenschaften und Reaktionen	140
4.11.5 Triorganylphosphinselenid-trihalogenborane	91	Physikalische Daten	141
4.12 Halogenoselenium-tetrahalogenoborate	91	7 Bor-Arsen-Verbindungen	144
5 Verbindungen mit Bor-Tellur-Bindungen	92	7.1 Einführung	144
5.1 Bortelluride	92		
5.2 Dimethyltelluran-trihalogenborane	92		

	Seite		Seite
7.2 Binäre Arsenide	144	9.3.6 (Silyl)hydroborane	156
7.3 Borane	145	Pentaboran (9)-Derivate	156
7.3.1 Arsinoborane	145	Dekaboran (14)	157
7.3.2 Arsin-borane	145	10 Verbindungen mit Metall-Bor-Bindungen	159
7.4 Arsinaddukte des Bornitrides	146	10.1 Allgemeines	159
7.5 Arsen-Schwefel-Borane	146	10.2 Metall-Bor-Verbindungen halogenhaltiger Borane	160
7.6 Arsoniumborate	146	10.2.1 Verbindungen mit formal dreibindigem Bor	160
7.7 Arsenate	146	Zinnverbindungen	160
8 Bor-Antimon-Verbindungen	149	Übergangsmetallverbindungen	160
8.1 Einführung	149	10.2.2 Verbindungen mit vierbindigem Boratom	161
8.2 Binäre Antimonide	149	Komplexe mit Hauptgruppenmetallen	161
8.3 Ternäre Boride	149	Typ $(C_6H_5)_nM \cdot BX_3$	161
8.4 Boranderivate	149	Typ $[MCl_3 \cdot BX_3]^-$	162
8.4.1 Stibinoborane	149	Komplexe mit Übergangselementen	163
8.4.2 Stibin-borane	149	Addukte aus Halogenboranen und Metallhydriden	163
8.5 Stiboniumborate	149	Addukte aus Halogenboranen und Metallocarbonylderivaten	163
8.5.1 Triborate (8)	149	Typ $[(C_6H_5)_3P]_nPt \cdot mBCl_3$	164
8.5.2 Tetrafluoroborate	150	10.2.3 Weitere Metall-Halogenboran-Verbindungen	165
8.6 Antimonate	150	10.3 Verbindungen mit Metall-Bor-Schwefel-Bindungen	165
8.6.1 Boroniumhexachloroantimonate	150	10.3.1 Allgemeines	165
8.6.2 (Diketonato)boroniumhexachloroantimonate	150	10.3.2 Thioborane als Komplexliganden	165
9 Bor-Silicium-Verbindungen	153	10.4 Verbindungen mit Metall-Bor-Stickstoff-Bindungen	166
9.1 Borsilicide	153	10.4.1 Verbindungen mit Metall-Bor- σ -Bindungen	166
9.1.1 Bormonosilicid	153	Aminoboranderivate	166
9.1.2 Bordisilicid	153	B-metallisierte Borazine	168
9.1.3 Bortrisilicid	153	10.4.2 Verbindungen mit Bor-Stickstoff-Systemen als Komplexliganden	169
9.1.4 Triborsilicid	153	Allgemeines	169
9.1.5 Tetraborsilicid	153	Aminoborane als Komplexliganden	169
9.1.6 Hexaborsilicid	154	Komplexgebundene Bor-Stickstoff-Ringsysteme	171
9.1.7 Verschiedene Borsilicide	154	10.4.3 Aminoborylen-Komplexe	174
9.2 Ausgewählte ternäre Silicide	154	10.4.4 Komplexe mit Stickstoff-Metall-Koordination	174
9.3 Kovalente Silylborane	154	Derivate linearer Bor-Stickstoff-Verbindungen	174
9.3.1 Perfluorosilylborane	154	Derivate cyclischer Bor-Stickstoff-Verbindungen	175
9.3.2 Perchlorosilylborane	155	10.5 Verbindungen mit Metall-Bor-Kohlenstoff-Bindungen	176
9.3.3 (Perfluorosilyl)hydroborane	155	10.5.1 Allgemeines	176
9.3.4 Silylierte Bor-Stickstoff-Verbindungen	155		
Borazine	155		
Aminoborane	155		
1,3,2-Diazaboracyclopentan	156		
9.3.5 Boracyclopentasilan	156		

	Seite
10.5.2 Das „Dibutylborkalium, (n-C ₄ H ₉) ₂ BK“	176
10.5.3 Verbindungen mit Metall-Bor- σ-Bindungen	176
Derivate von Hauptgruppenmetallen	176
Derivate von Übergangselementen	177
10.5.4 Addukte aus Organylboranen und Metallkomplexen	180
10.5.5 Borinato-Komplexe	180
10.5.6 Niob- und Tantalverbindungen	182
10.5.7 (Alkoxy)vinylboran-Komplexe	182
10.6 Verbindungen von einfachen Borwasserstoffen	182
11 Metallverbindungen höherer Bor- wasserstoffe	185
11.1 Einleitung	185
11.2 Derivate von Triboran	185
11.3 Derivate von Tetraboran	188
11.4 Derivate von Pentaboran	190
11.4.1 Verbindungen des Typs μ -R ₃ MB ₅ H ₈ , 2-R ₃ MB ₅ H ₈ und 1-R ₃ MB ₅ H ₈	190

11.4.2 Verbindungen des Typs 2-[M(CO) ₅]-B ₅ H ₈ und verwandte Verbindungen	191
11.4.3 Verbindungen des Typs 2-{Ir(XY)(CO)[P(CH ₃) ₃] ₂ }-B ₅ H ₈ und verwandte Verbindungen	192
11.5 Derivate von Hexaboran	192
11.6 Derivate von Heptaboran	193
11.7 Derivate von Oktaboran	194
11.8 Derivate von Nonaboran	194
11.9 Dekaboran-Metall-Derivate	196
11.9.1 Derivate von Aluminium, Gallium und Thallium	196
11.9.2 Silicium-, Germanium- und Zinn- Derivate	197
11.9.3 Übergangsmetallderivate	198
11.10 Derivate von Undekaboran	201
11.11 Verbindungen des Typs [L ₂ M(n(i)-B ₁₀ H ₂₀)] ^{m-} und verwandte Substanzen	201

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

	Page		Page
Compounds of Boron with the Nonmetals S, Se, Te, P, As, Sb, Si, and with Metals	1	2.5.3 Trithioboric Acid $B(SH)_3$	20
1 Introduction	2	2.5.4 Thioborates $[X_3B-SH]$	20
2 Compounds with Boron-Sulfur Bonding	4	2.6 Sulfur-Containing Boron Hydrides	20
2.1 Historical	4	2.7 Organylthio-boranes $(RS)_nBX_{3-n}$	21
2.2 The Nature of the B-S Bond	5	2.7.1 Tris(organylthio)boranes	21
2.3 Binary Boron-Sulfur Compounds	6	Preparation	21
2.3.1 Ionic Species	6	Physical Properties	22
2.3.2 Boron Monosulfide BS	7	Chemical Behavior	23
2.3.3 Diboron Trisulfide B_2S_3	7	2.7.2 (Hydro)organylthioboranes	24
Preparation	7	Preparation	24
Physical Properties	8	Physical Properties	24
Chemical Behavior	9	Chemical Properties	25
2.3.4 Diboron Pentasulfide B_2S_5	10	2.7.3 Organylthio(organyl)boranes	26
Preparation	10	Preparation	26
Properties	10	Physical Properties	27
2.3.5 Boron Disulfide BS_2	11	Chemical Behavior	29
2.3.6 Boron Sulfides with High Boron Contents	11	2.7.4 Organylthio(organylamino)boranes	31
2.4 Ternary Boron-Sulfur-Metal Systems	12	Preparation	31
2.4.1 Alkali and Alkaline Earth Thioborates	12	Properties	31
MBS ₂ and MB ₂ S ₄	12	Chemical Behavior	32
Preparation	12	2.7.5 Halogen(organylthio)boranes	32
Properties	12	Preparation	32
2.4.2 Additional Thioborates and Perthioborates	14	Physical Properties	32
2.4.3 Transition Metal Thioborates	15	Chemical Behavior	33
2.5 Thioboric Acids	16	2.7.6 Halogen(organyl)(organylthio)boranes	33
2.5.1 Monothioboric Acids R_2B-SH	16	Preparation	33
Metathioboric Acid $(-BSH-S)_3$	16	Properties	34
Preparation	16	2.7.7 B-Tris(organylthio)borazines and Related Borazine Derivatives	34
Physical Properties	16	Preparation	34
Chemical Behavior	17	Properties	34
Annular Thioboric Acids	17	2.7.8 Thiocyanato(diorganyl)boranes and Isomers	35
Diorganylthioboric Acids R_2B-SH	18	Preparation	35
Preparation	18	Properties	35
Physical Properties	18	2.8 Borylsulfanes	36
Chemical Behavior	18	2.8.1 Monoborylsulfanes	36
Aminothioboric Acids	18	Preparation	36
Halothioboric Acids	19	Properties	36
Thioboranes H_2B-SH and H_3B_2SH	19	2.8.2 Diborylsulfanes $R_2B-S_n-BR_2$	37
2.5.2 Dithioboric Acids $RB(SH)_2$	20	Preparation	37
		Properties	37
		2.9 Cyclic B-S Compounds	38
		2.9.1 Dithiadiboretanes	38