

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

Band 22

Borverbindungen

Teil 4

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

Band 22

Borverbindungen

Teil 4

Verbindungen mit isoliertem trigonalen Boratom und kovalenter
Bor-Stickstoff-Bindung

mit 13 Figuren

BEARBEITER DIESES BANDES

Karl Beeker, Joseph J. Lagowski, Kurt Niedenzu

REDAKTEURE DIESES BANDES

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. Niedenzu	S. 1/4
Kap. 2 bis 12	K. Beeker	S. 5/320
Kap. 13	J. J. Lagowski	S. 321/49
Kap. 14	K. Beeker	S. 350/60

Die Literatur ist bis Ende 1973 ausgewertet,
in zahlreichen Fällen 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 3-540-93289-5 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York
ISBN 0-387-93289-5 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 Lübeck

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

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
- 20 Transurane D 1 (Chemie in Lösung)
- 21 Transurane D 2 (Chemie in Lösung)
- 22 Borverbindungen, Teil 4 (vorliegender Band)

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, 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. Flachsbart, 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. Kottelwesch, 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, 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. Schlager, 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

Im vorliegenden Band „Borverbindungen“ 4 des Ergänzungswerks zur 8. Auflage des Gmelin Handbuchs werden einfache Bor-Stickstoff-Verbindungen und deren Assoziationsprodukte abgehandelt, in denen zumindest eine Bor-Stickstoff sigma-Bindung mit einem isolierten trigonalen Boratom vorliegt. Hierbei sind sowohl offenkettige als auch cyclische Verbindungen besprochen, sofern in letzteren ein nur aus Bor und Stickstoff aufgebauter Ring oder ein Ring aus Bor, Stickstoff und einem oder mehreren zusätzlichen Heteroatomen vorliegt. Cyclische Systeme mit Schwefel oder Selen als zusätzlichem Heteroatom im Ring sind bereits im Erg.-Werk Band 19, „Borverbindungen“ 3, besprochen, während B-N-C-Heterocyclen im Erg.-Werk Band 13, „Borverbindungen“ 1, abgehandelt sind; B-N-Heterocyclen mit annularem Sauerstoff werden im Rahmen des Ergänzungswerks in einem Folgeband beschrieben.

Die Reihenfolge der Diskussion richtet sich im vorliegenden Band bei den linearen Verbindungen nach abnehmender Zahl der an das zentrale Boratom gebundenen Stickstoffatome, bei den cyclischen Verbindungen nach zunehmender Ringgröße. Innerhalb der einzelnen Verbindungsklassen soll eine Unterteilung anhand des Periodensystems das Auffinden gesuchter Substanzen erleichtern. Es erschien zweckmäßig, an einzelnen Stellen dieses Einteilungsprinzip zu durchbrechen. So sind unabhängig von der Anzahl der zentral gebundenen Stickstoffatome die Iminoborane, Hydrazinoborane und Azidoborane jeweils in besonderen Kapiteln zusammengefaßt. Die 1-Pyrazolylborane werden mit ihren ionischen Derivaten und der Koordinationschemie der Poly(1-pyrazolyl)borate im Erg.-Werk „Borverbindungen“ 5 behandelt. Dagegen wurden Stickstoffderivate des Diborans(4) in den vorliegenden Band mit aufgenommen, obwohl hier eine direkte B-B-Bindung vorliegt. Verschiedene spektroskopische Aspekte, nämlich die Schwingungs-, Massen-, Kernresonanz- und Photoelektronen-Spektroskopie der vorerwähnten Verbindungsklassen werden ebenfalls erst im Erg.-Werk „Borverbindungen“ 5 zusammenfassend dargestellt.

Im vorliegenden Band sind den Kapiteln 12 und 14 kurze Nomenklaturabschnitte vorausgestellt. Sie waren erforderlich, da für die betreffenden Verbindungen keine einheitliche Nomenklatur existiert und in der Literatur mitunter für die gleiche Verbindung bis zu sechs unterschiedliche Namen zu finden sind. Diese Nomenklaturabschnitte sind nicht als Nomenklaturentwurf zu betrachten, sondern dienen dazu, das Material für die Besprechung ordnungsfähig zu machen.

Die Literatur wurde bis Ende 1973 vollständig berücksichtigt, in vielen Fällen noch darüber hinaus.

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 Mai 1975

Karl-Christian Buschbeck

Kurt Niedenzu

Bor und Borverbindungen im Gmelin Handbuch

„Bor“ (Hauptband Syst.-Nr. 13)	Geschichtliches, Vorkommen. Das Element. Verbindungen bis B + Te. Literaturschluß: Ende 1925. Erschienen: 1926.
„Bor“ (Ergänzungsband Syst.-Nr. 13)	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 ohne Dodekacarborane). 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.
„Borverbindungen“ 4 (Erg.-Werk Bd. 22)	Verbindungen mit isoliertem trigonalen Boratom und kovalenter Bor-Stickstoff-Bindung. Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1973.

In Bearbeitung

Weitere Bände der Bor-Serie des Ergänzungswerks sollen enthalten:

Dodekacarborane, Hetero- und Metallocarborane

Bor-Pyrazol-Verbindungen und Spektroskopie der Bor-Stickstoff-Verbindungen

Halogen- und Pseudohalogenborane

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

Borwasserstoffe

Addukte von Borverbindungen

Preface

The present volume "Borverbindungen 4" in the series of the "Ergänzungswerk zur 8. Auflage" of the Gmelin Handbook deals with those boron-nitrogen compounds and their associated products that contain isolated boron atoms and at least one B-N sigma bond. Open-chain compounds and cyclic systems are discussed, provided the latter contain merely boron and nitrogen or boron, nitrogen and additional nonmetallic elements as annular atoms. However, those heterocycles containing sulfur or selenium as additional heteroatom(s) have been presented in "Borverbindungen" 3, those containing carbon are found in "Borverbindungen" 1; boron-nitrogen heterocycles containing annular oxygen will be discussed in a subsequent volume within this series.

The open-chain species are discussed in order of the decreasing number of individual nitrogen atoms bonded to a central boron atom; cyclic compounds are arranged by ring size. Within each group the discussion sequence is based on the principles of the Periodic Table. Occasional deviations from the basic arrangement include separate chapters for all iminoboranes, hydrazinoboranes, and azidoboranes; 1-pyrazolylboranes, their ionic derivatives, and their coordination chemistry will be discussed in "Borverbindungen" 5. On the other hand, nitrogen derivatives of diborane(4) are included in the present volume whereas some spectroscopic aspects, i. e., vibrational, mass, nuclear magnetic resonance, and photoelectron spectrometry, will be included in "Borverbindungen" 5.

Some brief comments concerning the nomenclature of cyclic species are found in chapters 12 and 14 of the present volume. They were necessary in order to facilitate the discussion; for example, up to six different names can be found in the literature for identical compounds.

The literature through 1973 has been considered in its entirety; however, in many instances even most recent results are incorporated in the various chapters.

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, May 1975

Karl-Christian Buschbeck

Kurt Niedenzu

Boron and Boron Compounds in the Gmelin Handbook

"Bor" (Main Volume Syst.-No. 13)	Historical. Occurrence. The Element. Compounds up to B + Te. Literatur closing date: end of 1925. Published: 1926.
"Bor" (Supplement Volume Syst.-No. 13)	Occurrence. The Element. Compounds up to B + C. Literature closing date: end of 1949. Published: 1954.
"Borverbindungen" 1 (New Supplement Series Vol. 13)	BN, B-N-C Heterocycles. Polymeric B-N Compounds. Literature coverage from 1950 up to 1972. Published: 1974.
"Borverbindungen" 2 (New Supplement Series Vol. 15)	Nomenclature and Types of Carboranes. Carboranes (sine Hetero- and Metallocarboranes, and sine Dodecacarboranes). Literature coverage from 1950 up to 1973 or 1970, respectively. Published: 1974.
"Borverbindungen" 3 (New Supplement Series Vol. 19)	Compounds with S, Se, Te, P, As, Sb, Si, and with Metals. Literature coverage from 1950 to the end of 1973. Published: 1975.
"Borverbindungen" 4 (New Supplement Series Vol. 22)	Compounds Containing Isolated Trigonal Boron Atoms and Covalent Boron-Nitrogen Bonding. Literature coverage from 1950 to the end of 1973.

In Preparation

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

Dodecacarboranes. Hetero- and Metallocarboranes
 Boron-Pyrazole Compounds and Spectroscopic Studies in Boron-Nitrogen 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 mit isoliertem trigonalen Boratom und kovalenter Bor-Stickstoff-Bindung	1	2.4.3 Tris(amino)borane mit gemischt substituierter Aminogruppe	37
1 Allgemeines	1	2.4.4 Tris(amino)borane mit hetero-cyclischer Aminogruppe	37
1.1 Einführung. Nomenklatur. Allgemeine Literatur	1	2.4.5 Sonstige symmetrische Tris(amino)-borane	38
1.2 Die Bor-Stickstoff-Bindung	2	2.4.6 Unsymmetrisch substituierte Tris(amino)borane	38
2 Tris(amino)boran und seine N-Substitutionsprodukte	5	3 Bis(amino)borane $\text{XB}(\text{NRR}')_2$	41
2.1 Tris(amino)boran $\text{B}(\text{NH}_2)_3$	5	3.1 Allgemeines	41
2.2 Symmetrisch substituierte Tris(amino)borane	5	3.2 Bis(amino)hydroborane	41
2.2.1 Allgemeine Darstellungsmethode	5	3.2.1 Bis(monoorganylamino)hydroborane	41
2.2.2 Symmetrische Tris(monoalkyl-amino)borane	6	3.2.2 Bis(diorganylamino)hydroborane $\text{HB}(\text{NR}_2)_2$	43
Bildung und Darstellung	6	3.2.3 Bis(diorganylamino)hydroborane $\text{HB}(\text{NRR}')_2$	47
Physikalische Daten	6	3.2.4 Bis(amino)hydroborane mit hetero-cyclischer Aminogruppe	47
2.2.3 Symmetrische Tris(monoarylamino)-borane	10	3.2.5 Unsymmetrisch substituierte Bis(amino)hydroborane	49
Darstellung	10	3.2.6 Chemisches Verhalten der Bis(amino)hydroborane	49
Physikalische Daten	10	3.3 Bis(amino)halogen- und -pseudohalogenborane	51
2.2.4 Symmetrische Tris(diorganylamino)-borane	11	3.3.1 Bis(amino)fluorborane	51
Bildung und Darstellung	11	3.3.2 Bis(amino)chlorborane	53
Physikalische Daten	11	3.3.3 Bis(amino)bromborane	59
2.2.5 Symmetrische Tris(amino)borane mit gemischt substituierten Aminogruppen	16	3.3.4 Bis(amino)jodborane	60
Darstellung	16	3.3.5 Bis(amino)pseudohalogenborane	60
Physikalische Daten	16	Bis(amino)azidoborane	60
2.2.6 Tris(amino)borane mit hetero-cyclischer Aminogruppe	20	Bis(amino)cyanoboran	61
2.2.7 Sonstige symmetrische Tris(amino)-borane	20	Bis(amino)isocyanatoborane	61
Verbindungen mit N-S-Bindungen	20	Bis(amino)isothiocyanatoborane	62
Verbindungen mit N-P-Bindungen	20	3.4 Bis(amino)organylxyborane	64
Tris(triäthylsilylamino)boran	23	3.5 Bis(amino)phosphinoborane und verwandte Systeme	65
Tris[(N-boryl)-N-(2-pyridyl)amino]-borane und verwandte Verbindungen	23	3.6 Bis(amino)organylborane $\text{RB}(\text{NR}'\text{R}'')_2$	66
2.3 Unsymmetrisch substituierte Tris(amino)borane	25	3.6.1 Allgemeine Darstellungsmethoden	66
2.4 Weitere Eigenschaften und chemisches Verhalten der Tris-(amino)borane	32	3.6.2 Bis(amino)alkylborane	66
2.4.1 Tris(monoorganylamino)borane	32	Weitere physikalische Eigenschaften	71
2.4.2 Tris(diorganylamino)borane	33	Bis(amino)borane mit ungesättigten B-Substituenten	72

	Seite		Seite
3.6.3 Bis(amino)arylborane	74	(Diorganylamino)dichlorborane	120
Bis(amino)arylborane mit Monoorganylaminogruppen	74	(Dimethylamino)dichlorborane	120
Bis(amino)arylborane mit disubstituierten Organylaminogruppen, mit annularen Aminogruppen und mit gemischten Aminogruppen	77	(Diäthylamino)dichlorboran	124
3.6.4 Bis(amino)borane mit N-Si- oder N-P-Bindungen	80	Weitere symmetrische (Diorganylamino)dichlorborane	126
3.6.5 Chemisches Verhalten der Bis(amino)organylborane	82	Gemischte (Diorganylamino)dichlorborane	127
Bis(amino)alkylborane mit gesättigter Alkylgruppe	82	(Amino)dichlorborane mit annularem N-Atom	128
Bis(amino)alkylborane mit ungesättigten Alkylgruppen	83	(Silylamino)dichlorborane	128
Bis(amino)arylborane mit monosubstituierter Aminogruppe	83	4.4.3 (Amino)dibromborane	130
Bis(amino)arylborane mit disubstituierten Aminogruppen	84	4.4.4 (Amino)dijodborane	133
3.7 Bis(amino)silylborane	88	4.4.5 Symmetrische (Amino)dipseudo-halogenborane	134
3.8 Bis(amino)borane mit zwei isolierten Boratomen im Molekül	89	4.4.6 Unsymmetrisch halogenierte (Amino)dihalogenborane	134
4 Monoaminoborane	90	4.4.7 Additionsverbindungen von (Amino)halogenboranen	135
4.1 Allgemeines	90	4.5 (Amino)borane mit B-O-Bindungen	136
4.2 (Amino)dihydroborane	92	4.5.1 Amino(hydro)organyloxyborane	136
4.2.1 Das (Amino)dihydroboran $(H_2B-NH_2)_n$	92	4.5.2 Amino(halogen)oxyborane	137
4.2.2 Verbindungen des Typs H_2B-NHR	95	Fluor-Verbindungen	137
Darstellung der Einzelverbindungen	95	Chlor-Verbindungen	137
Physikalische Eigenschaften	96	Pseudohalogen-Verbindungen	137
4.2.3 (Diorganylamino)borane	99	4.5.3 (Amino)dioxyborane	138
(Dialkyl- bzw. -arylamino)borane	99	(Amino)dihydroxyborane	138
Gemischte Alkyl-alkyl- oder -arylamino-borane	104	(Amino)bis(organyloxy)borane	139
(Amino)borane mit cyclischer Aminogruppe	105	4.5.4 (Amino)carboxyborane	140
4.2.4 (Silylamino)dihydroborane	108	4.5.5 (Amino)borane mit cyclischer 1,3,2 Dioxaborangruppierung	141
4.3 Amino(halogen)hydroborane	108	2-Amino 1,3,2 dioxaborolane	141
4.3.1 Chlor-Verbindungen	108	2-Amino 1,3,2 dioxaborinane	142
4.3.2 Brom-Verbindungen	110	2-Amino 1,3,2-benzodioxaborolane	143
4.4 (Amino)dihalogenborane	110	B-Aminoboroxine	145
4.4.1 Fluor-Verbindungen	110	4.6 Amino(hydro)organylborane	146
(Amino)difluorboran	110	4.6.1 Verbindungen des Typs $RHB-NH_2$	146
(Organylamino)difluorborane	110	4.6.2 Verbindungen des Typs $RHB-NHR'$	146
(Diorganylamino)difluorborane	111	4.6.3 Verbindungen des Typs $RHB-NR_2$	146
(Silylamino)difluorborane	114	4.7 Amino(halogen- und -pseudo-halogen)organylborane	149
(Dimethylsulfamido)difluorboran	117	4.7.1 Fluor-Verbindungen	149
4.4.2 Chlor-Verbindungen	118	4.7.2 Chlor-Verbindungen	149
(Amino)dichlorboran	118	4.7.3 Brom-Verbindungen	155
(Organylamino)dichlorborane	118	4.8 Amino(organyloxy)organylborane	158
		4.9 (Amino)diorganylborane	161
		4.9.1 Verbindungen vom Typ R_2B-NH_2	161
		(Amino)dialkylborane	161
		(Amino)diarylborane	164
		4.9.2 Verbindungen vom Typ R_2B-NHR'	166

	Seite		Seite
4.9.3 Verbindungen vom Typ $RR'B-NR''R'''$	181	5.10 (Imino)diorganylborane	236
Bildung und Darstellung	181	5.11 Verbindung mit annularem	
Physikalische Daten	181	B-Atom	243
Chemisches Verhalten	200	6 Imidoborane	245
4.9.4 Verbindungen vom Typ $R_2B-NR'Y$	204	6.1 Allgemeines	245
4.10 (Amino)diorganylborane		6.2 Monomere Imidoborane als	
mit annularem Stickstoff	208	intermediäre Zwischenstufen	245
4.10.1 (1-Pyrrolyl)borane	208	6.3 Monomere Imidoborane	246
4.10.2 Addukte von (1-Pyrrolyl)diorganyl-		6.4 Monomere Hydrazinderivate	
boranen	212	mit B-N-Bindung	247
4.10.3 (1-Pyrrolidino)borane	212	6.5 Oligomere Imidoborane	248
4.10.4 (Piperidino)borane	212	7 Hydrazinoborane	249
4.10.5 Weitere Verbindungen		7.1 Allgemeines	249
mit annularem N-Atom	214	7.2 Tris(hydrazino)borane	249
4.11 (Amino)borane mit annularem		7.2.1 Reine Verbindungen	249
B-Atom	215	7.2.2 Additionsverbindungen	251
4.11.1 B-Aminoborolane	215	7.3 Bis(hydrazino)borane	251
4.11.2 B-Aminoborepane	216	7.4 Gemischte (Amino)hydrazino-	
4.11.3 Verbindungen mit Bor in einem		borane	252
bicyclischen System	216	7.5 Mono(hydrazino)borane	252
4.12 (Amino)phosphinoborane	217	7.5.1 (Hydrazino)dihydroborane	252
4.13 (Amino)silylborane	219	7.5.2 (Dihalogen)hydrazinoborane	253
4.14 (Amino)borane mit zwei oder mehr		7.5.3 Halogen(hydrazino)organylborane	253
isolierten B-Atomen im Molekül	219	7.5.4 (Hydrazino)dioxyborane	253
4.14.1 Lineare Verbindungen	219	7.5.5 (Hydrazino)diorganylborane	254
4.14.2 Verbindungen mit annularen		7.6 Symmetrische N, N'-Diboryl-	
B-Atomen	221	hydrazine	257
5 Iminoborane	223	8 Azidoborane	260
5.1 Allgemeines	223	8.1 Allgemeines	260
5.2 Symmetrische Tris(imino)borane	223	8.2 Tris(azido)boran $B(N_3)_3$	260
5.3 Gemischte Tris(imino-amino)-		8.3 (Azido)hydroborane	261
borane	223	8.4 (Azido)halogenborane	261
5.4 Bis(imino)borane	224	8.5 (Azido)oxyborane	262
5.5 (Imino)dihydroboran	224	8.6 (Azido)diorganylborane	262
5.6 (Imino)dihalogen-		8.6.1 Darstellung	262
(bzw. -pseudohalogen)borane	224	8.6.2 Physikalische Eigenschaften	263
5.6.1 Allgemeines	224	8.6.3 Weitere Eigenschaften und	
5.6.2 Fluor-Verbindungen	224	chemisches Verhalten	264
5.6.3 Chlor-Verbindungen	225	8.6.4 Azidoboran-Amin-Addukte	265
5.6.4 Brom-Verbindungen	229	9 (Amino)diboran(4) und verwandte	
5.6.5 Jod-Verbindungen	230	Verbindungen	268
5.6.6 Azido-Verbindungen	232	9.1 Diboran(4)-Derivate	268
5.7 (Imino)dioxyboran	232	9.1.1 Allgemeines	268
5.8 Imino(hydro)organylborane	232		
5.9 Imino(halogen- oder -pseudo-			
halogen)organylborane	234		

	Seite		Seite
9.1.2 Tetrakis(monoorganyl- oder -silyl- amino)diborane(4)	268	12.5.2 Allgemeine Eigenschaften	305
9.1.3 Tetrakis(diorganylamino)diborane(4)	269	12.5.3 Darstellung und Charakterisierung von Einzelverbindungen	305
9.1.4 Gemischte Tetrakis(amino)- diborane(4)	272	12.6 <i>cyclo</i>-1,2,4,5-Tetraaza- 3,6-diborane	310
9.1.5 Tetrakis(hydrazino)diborane(4)	273	12.6.1 Allgemeines	310
9.1.6 Tris(dimethylamino)diboran(4)	274	12.6.2 Derivate von <i>cyclo</i> -1,2,4,5-Tetra- aza-3,6-diboranen	310
9.1.7 (Amino)halogendiborane(4)	274	12.6.3 Dimere <i>cyclo</i> -1,1,4,5-Tetraaza- 3,6-diborane mit Käfigstruktur	312
9.1.8 (Methoxy)dimethylamino- diborane(4)	276	12.7 Siebengliedrige Ringsysteme	315
9.1.9 Bis(diäthylamino)-bis(diäthyl- phosphino)diboran(4)	276	12.7.1 <i>cyclo</i> -1,3,5-Triaza-2,4,6,7-tetra- borane	315
9.1.10 (Amino)organyldiborane(4)	276	12.7.2 Das <i>cyclo</i> -1,2,4,6-Tetraaza- 3,5,7-triboran-System	315
9.2 Lineare (Amino)polyborane	279	12.8 <i>cyclo</i>-1,3,5,7-Tetraaza- 2,4,6,8-tetraborane	316
10 Diborylamine	282	12.8.1 Allgemeines	316
10.1 Allgemeines	282	12.8.2 Einzelverbindungen	316
10.2 Darstellung und Eigenschaften einfacher Diborylamine	282	13 Borazine	321
10.3 N,N-Diboryl-Hydrazinderivate	285	13.1 Allgemeine Einführung	321
10.4 Diborylamine mit Bis- und Tris- (amin)borangruppierung	286	13.2 Borazin (-BH-NH-)₃	323
11 Triborylamine	288	13.2.1 Darstellung	323
12 Bor-Stickstoff-Ringsysteme	290	13.2.2 Physikalische Eigenschaften	324
12.1 Nomenklatur. Zählweise der Substituenten. Allgemeine Literatur	290	13.2.3 Chemische Daten	324
12.2 Derivate von <i>cyclo</i>-1,3-Diaza- 2,4-diboran	292	13.3 Symmetrisch substituierte Borazine	325
12.2.1 Allgemeine Darstellungsmethoden	292	13.3.1 B-Hydroborazine (-BH-NR-) ₃	325
12.2.2 Allgemeines Verhalten	292	Allgemeine Bemerkungen	325
12.2.3 Beschreibung der Einzel- verbindungen	293	Allgemeine synthetische Verfahren	325
12.3 Derivate von <i>cyclo</i>-1,3-Diaza- 2,4,5-triboran	297	Spezielle Synthesen	326
12.3.1 Einzelverbindungen	297	Physikalische Eigenschaften der B-Hydroborazine	327
12.4 Derivate von <i>cyclo</i>-1,2,4-Triaza- 3,5-diboran	299	Chemie der einzelnen Verbindungen	327
12.4.1 Allgemeine Darstellungsmethoden	299	13.3.2 N-Hydroborazine (-BR-NH-)₃	329
12.4.2 Allgemeine Eigenschaften	299	Allgemeines	329
12.4.3 Darstellung der Einzelverbindungen	299	Grundsynthesen	329
12.4.4 Kernresonanzspektroskopische Untersuchungen	302	Tabellen der Verbindungen	330
12.4.5 Chemisches Verhalten	302	Spezielle Chemie von Einzelverbindungen	332
12.5 <i>cyclo</i>-1,2,3,4-Tetraaza-5-bor- 2-en-Verbindungen	305	13.3.3 Hexasubstituierte Borazine	333
12.5.1 Allgemeine Darstellungsmethoden	305	Allgemeines	333
		Grundsynthesen	333
		Kondensationsreaktionen	333
		Substitutionsreaktionen am Bor	334
		Spezielle Synthesen	339
		Thermisches Verhalten	339
		Spezielle Chemie von Einzelverbindungen	340
		Komplexverbindungen	340
		Reaktionen an den Substituenten	341

	Seite		Seite
13.4 Unsymmetrisch substituierte Borazine	344	14.3.4 <i>cyclo</i>-1,3,5-Triaza-2,4-diphospha-6-borane	354
13.4.1 Allgemeine Bemerkungen	344	14.4 B-N-Si-Heterocyclen	355
13.4.2 Allgemeine Synthesen	344	14.4.1 <i>cyclo</i> -1,3-Diaza-2-sila-4-borane ..	355
Kondensationsverfahren	344	14.4.2 Das <i>cyclo</i> -1,3-Diaza-2-sila-4-(4'- <i>cyclo</i> -1',3'-diaza-2'-sila-4'-boranyl)-boran-System	356
Reaktionen der B-Substituenten	345	14.4.3 <i>cyclo</i> -1,3-Diaza-2-sila-4,5-diborane	356
13.4.3 Spezielle Chemie einzelner Verbindungen	345	14.4.4 Das <i>cyclo</i> -1,4-Diaza-2,3-disila-5-boran-System	357
Reaktionen von B-Halogen	345	14.4.5 <i>cyclo</i> -1,3,5-Triaza-2,4-disila-6-borane	357
Reaktionen der N-Substituenten	345	14.4.6 <i>cyclo</i> -1,3,5-Triaza-2-sila-4,6-diborane	358
14 Bor-Stickstoff-Ringsysteme mit weiteren Heteroatomen	350	14.4.7 Das <i>bicyclo</i> -[4,8]-1,3,5,7-Tetraaza-2,6-disila-4,8-diboran-System	359
14.1 Übersicht der Systeme. Nomenklatur. Zählweise der Ringatome	350	14.4.8 Das <i>tricyclo</i> -[2,6;8,12]-1,3,5,7,9,11-Hexaaza-4,10-disila-2,6,8,12-tetraboran-System	359
14.2 B-N-O-Heterocyclen	352	14.4.9 Das <i>cyclo</i> -1,3,5,7-Tetraaza-2,4,6-trisila-8-boran-System	359
14.2.1 Das <i>cyclo</i> -1-Oxa-3,4-diaza-2,5-diboran-System	352	14.5 B-N-Si-O-Heterocyclen	360
14.2.2 Das <i>cyclo</i> -1,4-Dioxa-2,5-diaza-3,6-diboran-System	352	14.5.1 Das <i>cyclo</i> -1,5-Diaza-3-oxa-2,4-disila-6-boran-System	360
14.3 B-N-P-Heterocyclen	353	14.5.2 Das <i>cyclo</i> -1,7-Diaza-3,5-dioxa-2,4,6-trisila-8-boran-System	360
14.3.1 <i>cyclo</i> -1,3-Diaza-2-phosphina-4-borane	353		
14.3.2 <i>cyclo</i> -1,3,5-Triaza-2,4-diphosphina-6-borane	353		
14.3.3 Das <i>cyclo</i> -1,3,5-Triaza-4-phospha-2,6-diboran-System	354		

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

	Page		Page
Compounds Containing Isolated Trigonal Boron Atoms and Covalent Boron-Nitrogen Bonding	1	2.4.3 Tris(amino)boranes with Different N-Substituents	37
1 General	1	2.4.4 Tris(amino)boranes with Heterocyclic Amino Groups	37
1.1 Introduction. Nomenclature. General Literature	2	2.4.5 Other Symmetrical Tris(amino)-boranes	38
1.2 The Boron-Nitrogen Bond	3	2.4.6 Unsymmetrically Substituted Tris(amino)boranes	38
2 Tris(amino)borane and Its N-Substituted Derivatives	5	3 Bis(amino)boranes XB(NRR')₂	41
2.1 Tris(amino)borane B(NH₂)₃	5	3.1 General	41
2.2 Symmetrically Substituted Tris(amino)boranes	5	3.2 Bis(amino)hydroboranes	41
2.2.1 General Preparative Methods	5	3.2.1 Bis(monoorganylamino)hydroboranes	41
2.2.2 Symmetrical Tris(monoalkylamino)-boranes	6	3.2.2 Bis(diorganylamino)hydroboranes	43
Formation. Preparation	6	HB(NR₂)₂	
Physical Data	6	3.2.3 Bis(diorganylamino)hydroboranes	47
2.2.3 Symmetrical Tris(monoarylamino)-boranes	10	HB(NRR')₂	
Preparation	10	3.2.4 Bis(amino)hydroboranes with Heterocyclic Amino Group	47
Physical Data	10	3.2.5 Unsymmetrically Substituted Bis(amino)hydroboranes	49
2.2.4 Symmetrical Tris(diorganylamino)-boranes	11	3.2.6 Chemical Behavior of Bis(amino)-hydroboranes	49
Formation. Preparation	11	3.3 Bis(amino)halo- and -pseudo-haloboranes	51
Physical Data	11	3.3.1 Bis(amino)fluoroboranes	51
2.2.5 Symmetrical Tris(amino)boranes with Mixed Substituted Amino Groups	16	3.3.2 Bis(amino)chloroboranes	53
Preparation	16	3.3.3 Bis(amino)bromoboranes	59
Physical Data	16	3.3.4 Bis(amino)iodoboranes	60
2.2.6 Tris(amino)boranes with Heterocyclic Amino Group	20	3.3.5 Bis(amino)pseudohaloboranes	60
2.2.7 Additional Symmetrical Tris(amino)-boranes	20	Bis(amino)azidoboranes	60
Compounds with N-S Bonding	20	Bis(amino)cyanoborane	61
Compounds with N-P Bonding	20	Bis(amino)isocyanatoboranes	61
Tris(triethylsilylamino)borane	23	Bis(amino)isothiocyanatoboranes	62
Tris[(N-boryl)-N-(2-pyridyl)amino]-boranes and Related Compounds	23	3.4 Bis(amino)organyloxyboranes	64
2.3 Unsymmetrically Substituted Tris(amino)boranes	25	3.5 Bis(amino)phosphinoboranes and Related Systems	65
2.4 Additional Properties and Chemical Data of Tris(amino)-boranes	32	3.6 Bis(amino)organylboranes	66
2.4.1 Tris(monoorganylamino)boranes	32	RB(NR'R'')₂	66
2.4.2 Tris(diorganylamino)boranes	33	3.6.1 General Preparative Methods	66
		3.6.2 Bis(amino)alkylboranes	66
		Additional Physical Data	71
		Bis(amino)boranes Containing Unsaturated B-Substituents	72