

GMELIN HANDBUCH DER ANORGANISCHEN CHEMIE

ERGÄNZUNGSWERK

ZUR

8. Auflage

Band 45

BORVERBINDUNGEN

TEIL 14

BOR-WASSERSTOFF-VERBINDUNGEN

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

New Supplement Series

Band 45

Borverbindungen

Teil 14

Bor-Wasserstoff-Verbindungen 1

mit 32 Figuren

BEARBEITER DIESES BANDES
(AUTHORS)

Karl Beeker, Hannelore Keller-Rudek,
Roland Köster, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung,
Mülheim-Ruhr,
Hilde List, Heinz Rieger,
Swiatoslaw Trofimenko, Plastic Products and Resins Department,
E. I. Du Pont de Nemours & Co., Wilmington, Delaware, USA

REDAKTEURE DIESES BANDES
(EDITORS)

Kurt Niedenzu, Department of Chemistry, University of Kentucky,
Lexington, Kentucky, USA

Karl-Christian Buschbeck, Gmelin-Institut, Frankfurt am Main



Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1977

MITARBEITER DIESES BANDES (AUTHORS OF THIS VOLUME)

Kap. 1	H. Keller-Rudak	S. 1- 20	Kap. 4	R. Köster	S. 149-200
Kap. 2	H. Rieger	S. 21- 32	Kap. 5	S. Trofimenko	S. 201-233
Kap. 3	K. Beeker	S. 33-148	Kap. 6	H. List	S. 234-310

DIE LITERATUR IST BIS ENDE 1975 AUSGEWERTET

LITERATURE COVERAGE: UP TO THE END OF 1975

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 3-540-93341-7 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York
ISBN 0-387-93341-7 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 1977

LN-Druck Lübeck

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

New Supplement Series

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

HERAUSGEGEBEN VOM

Gmelin-Institut für Anorganische Chemie

der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften



Springer-Verlag

Berlin · Heidelberg · New York 1977

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

KURATORIUM (ADVISORY BOARD)

Dr. J. Schaafhausen, Vorsitzender (Hoechst AG, Frankfurt/Main-Höchst), Dr. G. Breil (Ruhrchemie AG, Oberhausen-Holten), Prof. Dr. R. Brill (Lenggries), Dr. G. Broja (Bayer AG, Leverkusen), Prof. H. J. Emeléus, Ph. D., D. Sc., FRS (University of Cambridge), Prof. Dr. G. Fritz (Universität Karlsruhe), Prof. Dr. E. Gebhardt (Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart), Prof. Dr. W. Gentner (Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg), Prof. Dr. Dr. E. h. O. Glemser (Universität Göttingen), Prof. Dr. Dr. E. h. O. Haxel (Heidelberg), Prof. Dr. Dr. E. h. H. Hellmann (Chemische Werke Hüls AG, Marl), Prof. Dr. R. Hoppe (Universität Gießen), Stadtkämmerer H. Lingnau (Frankfurt am Main), Prof. Dr. R. Lüst (Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, München), Prof. Dr. H. Schäfer (Universität Münster)

DIREKTOR

Prof. Dr. Dr. E. h. Margot Becke

LEITENDE MITARBEITER (SENIOR MANAGEMENT)

Dr. W. Lippert, Stellvertretender Direktor

Dr. K.-C. Buschbeck, Ständiger Hauptredakteur

HAUPTREDAKTEURE (EDITORS IN CHIEF)

Dr. H. Bergmann, Dr. H. Bitterer, Dr. H. Katscher, Dr. R. Keim, Dipl.-Ing. G. Kirschstein, Dipl.-Phys. D. Koschel, Dr. U. Krüerke, Dr. I. Kubach, Dr. H. K. Kugler, Dr. E. Schleitzer-Rust, Dr. A. Slawisch, Dr. K. Swars, Dr. R. Warncke

MITARBEITER (STAFF)

Z. Amerl, D. Barthel, I. Baumhauer, R. Becker, Dr. K. Beeker, Dr. W. Behrendt, Dr. L. Berg, Dipl.-Chem. E. Best, Dipl.-Phys. E. Bienemann, M. Brandes, E. Brettschneider, E. Cloos, Dipl.-Phys. G. Czack, I. Deim, L. Demmel, Dipl.-Chem. H. Demmer, R. Dombrowsky, Dipl.-Chem. A. Drechsler, Dipl.-Chem. M. Drößmar, I. Eifler, M. Engels, V.-F. Fabrizek, I. Fischer, Dr. I. Flachsbar, J. Füßel, Dipl.-Ing. N. Gagel, Dipl.-Chem. H. Gedschold, E. Gerhardt, 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. Iwán, Dr. W. Kästner, E.-M. Kaiser, Dipl.-Chem. W. Karl, H.-G. Karrenberg, Dipl.-Phys. H. Keller-Rudek, H. Klein, Dr. E. Koch, H. Koch, Dipl.-Chem. K. Koeber, H. Köppe, Dipl.-Chem. H. Köttelwesch, R. Kolb, E. Kranz, L. Krause, Dipl.-Chem. I. Kreuzbichler, 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, Dipl.-Phys. H.-J. Richter-Ditten, Dipl.-Chem. H. Rieger, E. Rudolph, G. Rudolph, Dipl.-Chem. S. Ruprecht, Dipl.-Chem. D. Schneider, Dr. F. Schröder, Dipl.-Min. P. Schubert, Dipl.-Ing. H. Somer, E. Sommer, Dr. P. Stieß, 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, R. Wagner, Dipl.-Chem. S. Waschke, Dr. G. Weinberger, Dr. H. Wendt, H. Wiegand, Dipl.-Ing. I. v. Wilucki, C. Wolff, K. Wolff, B. Wullert, Dr. A. Zelle, U. Ziegler, G. Zosel

FREIE MITARBEITER (CORRESPONDENT MEMBERS OF THE SCIENTIFIC STAFF)

Dr. A. Bohne, Dr. G. Hantke, Dr. L. Roth, Dr. K. Rumpf, Prof. Dr. W. Stumpf, Dr. U. Trobisch

AUSWÄRTIGE WISSENSCHAFTLICHE MITGLIEDER (CORRESPONDENT MEMBERS OF THE INSTITUTE)

Prof. Dr. Dr. A. Haas, Sc. D. (Cantab.)

Prof. Dr. Dr. h.c. E. Pietsch

Vorwort

Mit dem Band „Borverbindungen“ 14 (Bd. 45 vom Erg.-Werk zur 8. Auflage des Gmelin Handbuchs) beginnt die eigentliche Besprechung der Bor-Wasserstoff-Verbindungen. Einige Substanzen mit B-H-Bindungen sind bereits an anderer Stelle abgehandelt, so beispielsweise (Halogen)hydroborane(3) in „Borverbindungen“ 9, das Tetrahydroborat-Ion und seine Derivate in „Borverbindungen“ 8 sowie (Amino)hydroborane in „Borverbindungen“ 4.

Das Kapitel 1 des vorliegenden Bandes ist den zweiatomigen BH-Spezies gewidmet, unbeständige Substanzen der Zusammensetzung BH_n finden sich in Kapitel 2. BH_3 ist in diesem Kapitel nicht behandelt. Es wird, mit $[BH_3]^+$ und $[BH_3]^-$, im Zusammenhang mit B_2H_6 im zweiten Band der B-H-Verbindungen besprochen. Im Kapitel 3 sind die Addukte von BH_3 mit Stickstoffdonormolekülen (= Amin-borane) zusammengefaßt. (Organyl)hydrodiborane(6) sowie die wenigen bekannten freien (Organyl)hydroborane(3) sind das Thema der Kapitel 4 und 5, und im Schlußkapitel des Bandes werden (Halogen)hydropolyborane und sich davon ableitende Anionen besprochen.

Weitere Borwasserstoffe mit zwei oder mehr Boratomen im Molekül sowie deren Derivate werden in einem der nächsten Bände zusammengefaßt.

Die Literatur ist im allgemeinen bis Ende 1975 ausgewertet, doch sind auch einige neuere Ergebnisse berücksichtigt.

Lexington, Kentucky (USA)

Kurt Niedenzu

Frankfurt am Main
Juni 1977

Karl-Christian Buschbeck

Bor und Borverbindungen im Gmelin Handbuch

- | | |
|--|--|
| „Bor“ (Hauptband
Syst.-Nr. 13) | Geschichtliches. Vorkommen. Das Element. Verbindungen von B mit H, O, N, den Halogenen, S, Se und Te.
Literaturschluß: Ende 1925. |
| „Bor“ (Ergänzungsband
Syst.-Nr. 13) | Vorkommen. Das Element. Verbindungen von B mit H, O, N, den Halogenen, S und C.
Literaturschluß: Ende 1949. |

Bände des Ergänzungswerks

- | | |
|--|--|
| „Borverbindungen“ 1
(Erg.-Werk Bd. 13) | Bornitrid. B-N-C-Heterocyclen. Polymere B-N-Verbindungen.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: 1972. |
| „Borverbindungen“ 2
(Erg.-Werk Bd. 15) | Nomenklatur und Typen der Carborane. Carborane (ohne Hetero- und Metallocarborane sowie höhere Carborane).
Literatur ab 1950. Literaturschluß: 1973 bzw. Ende 1970. |
| „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 (Aminoborane und B-N-Heterocyclen).
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1973. |
| „Borverbindungen“ 5
(Erg.-Werk Bd. 23) | Bor-Pyrazol-Derivate und Spektroskopie trigonaler B-N-Verbindungen.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1973. |
| „Borverbindungen“ 6
(Erg.-Werk Bd. 27) | Hetero- und Metallocarborane. Polymere Carboranverbindungen. Elektronische Eigenschaften.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: 1974 bzw. 1971. |
| „Borverbindungen“ 7
(Erg.-Werk Bd. 28) | Boroxide. Borsäuren. Borate.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1973. |
| „Borverbindungen“ 8
(Erg.-Werk Bd. 33) | Das Tetrahydroborat-Ion und Derivate.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1974. |
| „Borverbindungen“ 9
(Erg.-Werk Bd. 34) | Bor-Halogen-Verbindungen, Teil 1.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1974. |
| „Borverbindungen“ 10
(Erg.-Werk Bd. 37) | Verbindungen mit vierfach koordiniertem Bor.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1975. |
| „Borverbindungen“ 11
(Erg.-Werk Bd. 42) | Carborane 3: Dicarba- <i>c</i> - <i>oso</i> -dodecaborane.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1975. |

- | | |
|--|---|
| „Borverbindungen“ 12
(Erg.-Werk Bd. 43) | Carborane 4; Dicarba- <i>c/osp</i> -dodecaborane.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1975. |
| „Borverbindungen“ 13
(Erg.-Werk Bd. 44) | Bor-Sauerstoff-Verbindungen 1.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1975. |
| „Borverbindungen“ 14
(Erg.-Werk Bd. 45) | Bor-Wasserstoff-Verbindungen 1.
Literatur ab 1950. Literaturschluß: Ende 1975. |

Die Reihe wird weiter fortgesetzt. Als Abschluß erscheinen eine systematische Aufstellung der einzelnen Kapitel und das Register für sämtliche Bände.

Preface

This volume "Borverbindungen" 14 (Vol. 45 of the Supplementary Series of the Gmelin Handbook) is the first one of the series which is devoted especially to a presentation of boron-hydrogen compounds. Several types of species containing B-H bonds have been presented on previous occasions; for example, (halo)hydroboranes(3) are found in "Borverbindungen" 9, the tetrahydroborate ion and its derivatives were the topic of "Borverbindungen" 8, and (amino)hydroboranes have been discussed along with other boron-nitrogen compounds in "Borverbindungen" 4.

Diatomic BH species are considered in chapter 1 of the present volume, and data on unstable boron hydrides of the composition BH_n are compiled in chapter 2. BH_3 , $[BH_3]^+$, and $[BH_3]^-$ are not discussed within this chapter. They will be dealt with in conjunction with B_2H_6 in the second volume on boron hydrides. Adducts of nitrogen donor molecules with BH_3 (= amine-boranes) are summarized in chapter 3. (Organyl)hydrodiboranes(6) and the few known examples of uncomplexed (organyl)hydroboranes(3) are the topic of chapters 4 and 5. The concluding chapter of this volume is a presentation of (halo)hydropolyboranes and anionic derivatives thereof.

Additional boron hydrides containing two or more boron atoms in the molecule as well as their derivatives will be compiled in one of the subsequent volumes of the series.

The literature is covered through 1975, although some more recent have been included.

Lexington, Kentucky (USA)

Frankfurt am Main
June 1977

Kurt Niedenzu

Karl-Christian Buschbeck

Boron and Boron Compounds in the Gmelin Handbook

- | | |
|---|---|
| <p>"Bor" (Main Volume
Syst.-No. 13)</p> | <p>Historical. Occurrence. The Element. Compounds of B with H, O, N, the Halogens, S, Se, and Te.
Literature closing date: end of 1925.</p> |
| <p>"Bor"
(Supplement Volume
Syst.-No. 13)</p> | <p>Occurrence. The Element. Compounds of B with H, O, N, the Halogens, S, and C.
Literature closing date: end of 1949.</p> |

New Supplement Series

- | | |
|---|---|
| <p>"Borverbindungen" 1
(New Supplement
Series Vol. 13)</p> | <p>Boron Nitride. B-N-C Heterocycles. Polymeric B-N Compounds.
Literature coverage from 1950 up to 1972.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 2
(New Supplement
Series Vol. 15)</p> | <p>Nomenclature and Types of Carboranes. Carboranes (without Hetero- and Metallocarboranes, and Higher Carboranes).
Literature coverage from 1950 up to 1973 or 1970, respectively.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 3
(New Supplement
Series Vol. 19)</p> | <p>Compounds of B Containing Bonds to S, Se, Te, P, As, Sb, Si, and Metals.
Literature coverage from 1950 to the end of 1973.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 4
(New Supplement
Series Vol. 22)</p> | <p>Compounds with Isolated Trigonal Boron Atoms and Covalent Boron-Nitrogen Bonding (Aminoboranes and B-N Heterocycles).
Literature coverage from 1950 to the end of 1973.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 5
(New Supplement
Series Vol. 23)</p> | <p>Boron-Pyrazole Derivatives and Spectroscopic Studies on Trigonal B-N Compounds.
Literature coverage from 1950 to the end of 1973.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 6
(New Supplement
Series Vol. 27)</p> | <p>Hetero- and Metallocarboranes. Polymeric Carborane Derivatives. Electronic Properties.
Literature coverage from 1950 up to 1974 or 1971, respectively.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 7
(New Supplement
Series Vol. 28)</p> | <p>Boron Oxides. Boric Acids. Borates.
Literature coverage from 1950 to the end of 1973.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 8
(New Supplement
Series Vol. 13)</p> | <p>The Tetrahydroborate Ion and Derivatives.
Literature coverage from 1950 to the end of 1974.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 9
(New Supplement
Series Vol. 34)</p> | <p>Boron-Halogen Compounds, Part 1.
Literature coverage from 1950 to the end of 1974.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 10
(New Supplement
Series Vol. 37)</p> | <p>Boron Compounds with Coordination Number 4.
Literature coverage from 1950 to the end of 1975.</p> |
| <p>"Borverbindungen" 11
(New Supplement
Series Vol. 42)</p> | <p>Carboranes 3: Dicarba-<i>closo</i>-dodecaboranes.
Literature coverage from 1950 to the end of 1975.</p> |

- "Borverbindungen" 12 Carboranes 4: Dicarba-*closo*-dodecaboranes.
(New Supplement Literature coverage from 1950 to the end of 1975.
Series Vol. 43)
- "Borverbindungen" 13 Boron-Oxygen-Compounds 1.
(New Supplement Literature coverage from 1950 to the end of 1975.
Series Vol. 44)
- "Borverbindungen" 14 Boron-Hydrogen-Compounds 1.
(New Supplement Literature coverage from 1950 to the end of 1975.
Series Vol. 45)

The series will be continued; a systematic sequence of the individual chapters and an index for all volumes will complete the works.

Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page VI)

I

Seite

Bor-Wasserstoff-Verbindungen, Teil 1	1
1 Bormonohydrid und die Ionen $[BH]^+$ und $[BH]^-$	1
1.1 Einführung	1
1.2 Experimentelle Ergebnisse über das BH-Molekül	1
1.3 Quantenchemische Untersuchungen an BH	9
1.4 Die Ionen $[BH]^+$ und $[BH]^-$	19
2 Weitere Borwasserstoffe und Borwasserstoff-Ionen mit einem Boratom	21
2.1 Überblick	21
2.2 Dihydroboran BH_2	21
2.2.1 Bildung	21
2.2.2 Physikalische Daten	22
2.2.3 Chemisches Verhalten	25
2.2.4 $^{10}BH_2$, $^{11}BD_2$	25
2.3 Dihydroboronium-Ionen	26
2.3.1 Das Dihydroboronium(2+)-Ion $[BH_2]^{2+}$	26
2.3.2 Das Dihydroboronium(1+)-Ion $[BH_2]^+$ und das Dideuterioboronium(1+)-Ion $[BD_2]^+$	26
2.4 Das Dihydroborat-Ion $[BH_2]^-$	28
2.5 Die Spezies BH_3 , $[BH_3]^+$, $[BH_3]^-$	29
2.6 Tetrahydroboran BH_4	29
2.7 Das Tetrahydroboronium-Ion $[BH_4]^+$	30
2.8 Pentahydroboran BH_5	30
3 BH_3-Addukte mit Stickstoffdonormolekülen	33
3.1 Allgemeines	33
3.2 Das Ammin-boran $H_3N \cdot BH_3$	33
3.2.1 Bildung und Darstellung	33
3.2.2 Physikalische Daten	35
Molekel	35
Kristallographische, mechanische und thermische Eigenschaften	38
Spektroskopische Angaben	38
3.2.3 Chemisches Verhalten	40
3.3 Hydrazin-borane	41
3.3.1 Hydrazin-monoboran $H_2N-NH_2 \cdot BH_3$	41
3.3.2 N-substituierte Hydrazin-monoborane	45
3.3.3 Hydrazin-bisboran $H_3B \cdot NH_2-NH_2 \cdot BH_3$	48
3.3.4 N-substituierte Hydrazin-bisborane	50

	Seite
3.4 Hydroxylamin-borane	51
3.5 Nitrosyl-boran	53
3.6 Amin-borane des Typs $\text{RH}_2\text{N} \cdot \text{BH}_3$	53
3.6.1 Bildung und Darstellung	53
3.6.2 Physikalische Eigenschaften	57
3.6.3 Chemisches Verhalten	60
3.7 Amin-borane des Typs $\text{R}_2\text{HN} \cdot \text{BH}_3$	64
3.7.1 Derivate symmetrischer Amine	64
Bildung und Darstellung	64
Physikalische Eigenschaften	67
Chemisches Verhalten	69
3.7.2 Derivate cyclischer und unsymmetrischer sekundärer Amine	72
Bildung und Darstellung	72
Physikalische Eigenschaften	74
Chemisches Verhalten	76
3.8 Amin-borane des Typs $\text{R}_3\text{N} \cdot \text{BH}_3$	77
3.8.1 Derivate symmetrischer Trialkylamine	77
Trimethylamin-boran $(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot \text{BH}_3$	77
Bildung und Darstellung	77
Physikalische Eigenschaften	81
Chemisches Verhalten	88
Triäthylamin-boran $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{BH}_3$	94
Bildung und Darstellung	94
Physikalische Eigenschaften	97
Chemisches Verhalten	100
Weitere symmetrische Trialkylamin-borane	104
3.8.2 Boran-Addukte unsymmetrischer Amine	105
Bildung und Darstellung	105
Physikalische Eigenschaften	110
Chemisches Verhalten	115
3.9 Monoboran-Addukte gesättigter cyclischer Amine mit anularem Stickstoff (mit gemeinsamem N)	117
3.10 Boran-Addukte P-haltiger cyclischer Amine	120
3.11 Boran-Addukte von Pyridinen und verwandten Stickstoffbasen	120
3.11.1 Pyridin-boran	120
3.11.2 Boran-Addukte von substituierten Pyridinen	124
3.11.3 Boran-Addukte kondensierter aromatischer Amine	131
3.11.4 Boran-Addukte von Azolen	132
3.12 Silylamin-borane	134
3.13 Poly(boran)-Addukte mit Polyaminen	135
3.13.1 Amin-bisborane	135
3.13.2 Tris- und Tetraboran-Addukte von Polyaminen	142
3.14 Boran-Addukte weiterer Stickstoffdonormoleküle	144
3.14.1 Imin-borane	144
3.14.2 Nitril-borane	145

3.14.3	Azo-borane	147
3.14.4	Harnstoff-borane	148
3.14.5	Trifluoramin-boran	148
4	Einführung in die Chemie der Organyldiborane(6)	149
4.1	Allgemeine Bemerkungen	149
4.1.1	Definition der Verbindungsklasse	149
4.1.2	Allgemeine Literatur über Organyldiborane(6)	149
4.1.3	Strukturen und Nomenklatur der Organyldiborane(6)	150
4.1.4	Organylboran(3)/Organyldiboran(6)-Gleichgewichte	153
4.2	Analytik der Organyldiborane(6)	155
4.2.1	IR-spektroskopische Untersuchungen an Organyldiboranen(6)	156
4.2.2	Raman-spektroskopische Untersuchungen über Organyldiborane(6)	161
4.2.3	Kernmagnetische Resonanzmessungen an Organyldiboranen(6)	162
4.2.4	Massenspektrometrie der Organyldiborane(6)	167
4.2.5	Strukturberechnungen und -analysen der Organyldiborane(6)	167
4.2.6	Chemische Analytik der Organyldiborane(6)	169
4.2.7	Trenn- und Reinigungsverfahren von Organyldiboranen(6)	170
4.3	Darstellung von Organyldiboranen(6)	170
4.3.1	Organyldiborane(6) aus Boran-Additionsverbindungen und aus Boraten	172
4.3.2	Organyldiborane(6) durch inter- und intramolekulare Substitutionen am Boratom	172
	Intermolekularer Ligandenaustausch	172
	Allgemeine Bemerkungen	172
	Acyclische Organyldiborane(6) aus Organylboranen(3) und Hydroboranen	173
	Cyclische Organyldiborane(6) durch B-Organyl/Wasserstoff-Austausch	174
	Organyldiborane(6) aus Diboran(6) und Organylmethyl-Verbindungen	175
	Organyldiborane(6) durch Austausch von B-Organyl-, B-Hydro- und B-Organyloxy-Resten	175
	Organyldiborane(6) durch Austausch von B-Organyl-, B-Hydro- und B-Halogen-Resten	176
	Organyldiborane(6) durch Hydrierung von Triorganylboranen(3)	178
	Organyldiborane(6) durch cyclisierende Dehydrierung von Organyldiboranen(6)	178
	Organyldiborane(6) durch intramolekulare Substitutionen	179
	Umlagerungen von Ylid-Boranen(3)	179
	Organyldiborane(6) aus B-Halogenborolanen mit Alkalimetallen	179
4.3.3	Organyldiborane(6) durch Additionen	179
	Allgemeines	179
	Organyldiborane(6) durch Hydroborierung von Monoalkenen	180
	Organyldiborane(6) durch Hydroborierung von Alkadienen, Cycloalkadienen und Alkinen	182
	Organyldiborane(6) durch Hydroborierung von Halogenalkenen	183
4.3.4	Organyldiborane(6) durch Eliminierungen	184
	Thermische Dehydroborierung von Trialkylboranen	184
	Organyldiborane(6) durch Belichtung von Trialkylboranen(3)	185
4.4	Reaktionen und praktische Anwendungen von Organyldiboranen(6)	185
4.4.1	Bemerkungen zum allgemeinen Reaktionsverhalten der Organyldiborane(6)	185

	Seite
4.4.2 Spezielle Reaktionen der Organyldiborane(6)	185
Akzeptoreigenschaften der Organyldiborane(6) gegenüber Nukleophilen	185
Ligandenaustausch mit Organyldiboranen(6)	187
Pyrolyse der Organyldiborane(6)	188
Protolysen der Organyldiborane(6)	189
Reaktionen mit Hydroxyverbindungen	189
Aminolysen der Organyldiborane(6)	191
Thiolysen der Organyldiborane(6)	192
Oxidationen der Organyldiborane(6)	192
Organyldiborane(6) und Halogen bzw. Halogenverbindungen	193
Hydroborierung mit Organyldiboranen(6)	193
Allgemeine Bemerkungen	193
Organyldiborane(6) und C,C-Mehrfachbindungen	194
Reduktion von Sauerstoffverbindungen mit Organyldiboranen(6)	194
Reduktion von Stickstoffverbindungen mit Organyldiboranen(6)	195
Reaktionen der Organyldiborane(6) mit Alkali- und Erdalkalimetallen	195
4.4.3 Praktische Anwendungen von Organyldiboranen(6)	196
4.5 Strukturtypen der (Organyl)hydroborane	197
4.5.1 Monoorganyldiborane(6)	197
4.5.2 Monomere (Organyl)hydroborane(3)	198
4.5.3 1,1-Diorganyldiborane(6)	198
4.5.4 1,2-Diorganyldiborane(6)	198
4.5.5 Triorganyldiborane(6)	199
4.5.6 Symmetrische Tetraorganyldiborane(6)	199
4.5.7 Unsymmetrische Tetraorganyldiborane(6)	200
 5 (Organyl)diborane(6); Beschreibung der Einzelverbindungen	 201
5.1 Monoorganyldiborane(6), RB_2H_6	201
5.2 Monomerische (Organyl)hydroborane	202
5.3 1,1-Diorganyldiborane(6), $1,1-R_2B_2H_4$	203
5.4 1,2-Diorganyldiborane(6), $1,2-R_2B_2H_4$	204
5.5 Triorganyldiborane(6)	211
5.6 Symmetrische Tetraorganyldiborane(6), $R_2BH_2BR_2$	212
5.7 Unsymmetrische Tetraorganyldiborane(6), $RR'BH_2BRR'$	225
 6 (Halogen)hydropolyborane und (Halogen)hydropolyborat-Anionen	 234
6.1 Spezies mit drei B-Atomen	234
6.2 Spezies mit vier B-Atomen	235
6.3 Spezies mit fünf B-Atomen	236
6.3.1 (Monohalogen)pentaborane(9)	236
Allgemeine Bemerkungen	236
Bildung und Darstellung der (Monohalogen)pentaborane(9)	237
Physikalische Eigenschaften	241
Chemisches Verhalten	248
6.3.2 Di- und (Trihalogen)pentaboran(9)	251
6.3.3 (Monohalogen)septahydropentaborat(1-)-Anionen	252

6.4 Spezies mit sechs B-Atomen	253
6.4.1 (Monohalogen)hexaboran(10)	253
6.4.2 (Polyhalogen)hexaboran(10)	256
6.5 Spezies mit sieben B-Atomen	256
6.6 Spezies mit acht B-Atomen	257
6.7 Spezies mit neun B-Atomen	257
6.7.1 Okta- und Septachlornonaboran(9)	257
6.7.2 Halogenderivate von $[\text{B}_9\text{H}_9]^{2-}$	259
6.7.3 Weitere halogenhaltige Anionen mit neun Boratomen	260
6.8 Spezies mit zehn B-Atomen	261
6.8.1 (Monohalogen)dekaborane(14)	261
Darstellung	261
Allgemeines zur Darstellung der (Monohalogen)dekaborane(14)	261
Einzeldarstellungen	263
Physikalische Eigenschaften	268
Chemisches Verhalten	277
6.8.2 (Dihalogen)dekaborane(14)	280
6.8.3 Halogenderivate von $[\text{B}_{10}\text{H}_{10}]^{2-}$	282
Allgemeine Bemerkungen	282
Spezielle Darstellungsmethoden	284
Physikalische Eigenschaften	288
Chemisches Verhalten	290
6.8.4 Freies chloriertes Radikal eines B_{10} -Körpers	291
6.8.5 Weitere (Halogen)dekaborat-Anionen	291
Übersicht	291
Darstellung der einzelnen Spezies	293
Physikalische Angaben	294
Chemisches Verhalten	295
6.9 Halogenderivate von $[\text{B}_{11}\text{H}_{11}]^{2-}$	296
6.10 Halogenderivate von $[\text{B}_{12}\text{H}_{12}]^{2-}$	297
6.10.1 Allgemeine Bemerkungen	297
6.10.2 Spezielle Darstellungsmethoden	299
6.10.3 Physikalische Eigenschaften	303
6.10.4 Chemisches Verhalten	304
6.11 Verbindungen mit 13 B-Atomen	305
6.12 Ein Halogenderivat von $\text{B}_{18}\text{H}_{22}$	306
6.13 Halogenderivate von $[\text{B}_{20}\text{H}_{18}]^{2-}$	306
6.14 Verbindungen mit 24 B-Atomen	307
6.14.1 Allgemeine Bemerkungen	307
6.14.2 Einzeldarstellungen	307
6.14.3 Physikalische und chemische Eigenschaften	309