

GMELIN HANDBUCH DER ANORGANISCHEN CHEMIE

ERGÄNZUNGSWERK

zur

8. Auflage

Band 47

BIOMUT-ORGANISCHE VERBINDUNGEN

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

New Supplement Series

Band 47

Bismut-Organische Verbindungen

mit 6 Figuren

von Markus Wieber

BEARBEITER DIESES BANDES
(AUTHOR)

Markus Wieber, Universität Würzburg

FORMELREGISTER
(FORMULA INDEX)

Ursula Hettwer, Gmelin-Institut, Frankfurt am Main

REDAKTEUR DIESES BANDES
(EDITOR)

Hubert Bitterer, Gmelin-Institut, Frankfurt am Main



Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1977

ENGLISCHE FASSUNG DER STICHWÖRTER NEBEN DEM TEXT:
ENGLISH HEADINGS ON THE MARGINS OF THE TEXT:

E. LELL, LINZ, ÖSTERREICH

DIE LITERATUR IST VOLLSTÄNDIG BIS ENDE 1975 AUSGEWERTET,
IN EINZELFÄLLEN DARÜBER HINAUS

LITERATURE CLOSING DATE: COMPLETELY UP TO THE END OF 1975,
IN MANY CASES MORE RECENT DATA ARE CONSIDERED

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 3-540-93349-2 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York
ISBN 0-387-93349-2 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 1977

LN-Druck Lübeck

Mit dem 25-jährigen Jubiläum des Gmelin Handbuch
Organometallische Komplexe der Übergangsmetalle

Das folgende Inhaltsverzeichnis zeigt, dass die Gmelin Handbuch die wichtigste Quelle für die anorganische Chemie ist.

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Ergänzungswerk zur achten Auflage

New Supplement Series

1. Ergänzungswerk Band 81	1. Band
2. Ergänzungswerk Band 82	2. Band
3. Ergänzungswerk Band 83	3. Band
4. Ergänzungswerk Band 84	4. Band
5. Ergänzungswerk Band 85	5. Band
6. Ergänzungswerk Band 86	6. Band
7. Ergänzungswerk Band 87	7. Band
8. Ergänzungswerk Band 88	8. Band
9. Ergänzungswerk Band 89	9. Band
10. Ergänzungswerk Band 90	10. Band
11. Ergänzungswerk Band 91	11. Band
12. Ergänzungswerk Band 92	12. Band
13. Ergänzungswerk Band 93	13. Band
14. Ergänzungswerk Band 94	14. Band
15. Ergänzungswerk Band 95	15. Band
16. Ergänzungswerk Band 96	16. Band
17. Ergänzungswerk Band 97	17. Band
18. Ergänzungswerk Band 98	18. Band
19. Ergänzungswerk Band 99	19. Band
20. Ergänzungswerk Band 100	20. Band

Metall-Organische Verbindungen im Gmelin Handbuch
Organometallic Compounds in the Gmelin Handbook

Die folgende Aufstellung gibt eine Anleitung, in welchen Bänden diese Verbindungen behandelt wurden bzw. sich Hinweise befinden:

The following listing indicates in which volumes these compounds are discussed or are referred to:

Transurane	Ergänzungswerk, Band 4
Silber	„Silber“ B 5
Titan	Ergänzungswerk, Band 40
Zirkonium	Ergänzungswerk, Band 10
Hafnium	Ergänzungswerk, Band 11
Vanadium	Ergänzungswerk, Band 2, und „Vanadium“ B
Niob	„Niob“ B 4
Tantal	„Tantal“ B 2
Chrom	Ergänzungswerk, Band 3
Eisen	Ergänzungswerk, Band 14, 36, 41, und „Eisen“ B
Ruthenium	„Ruthenium“ Erg.-Bd.
Kobalt	Ergänzungswerk, Band 5 und 6, sowie „Kobalt“ Erg.-Bd. A, B 1 und B 2
Nickel	Ergänzungswerk, Band 16, 17 und 18, und „Nickel“ B 3 und C
Platin	„Platin“ C und D
Zinn	Ergänzungswerk, Band 26, 29, 30 und 35
Wismut	Ergänzungswerk, Band 47 (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

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. E. L. Muetterties (Cornell University, Ithaca, N.Y.), 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, Dr. H.-J. Fachmann, I. Fischer, 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. Iwan, Dr. W. Kästner, E.-M. Kaiser, Dipl.-Chem. W. Karl, H.-G. Karrenberg, Dipl.-Phys. H. Keller-Rudek, 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, M.-L. Lenz, Dr. A. Leonard, Dipl.-Chem. H. List, E. Meinhard, Dr. P. Merlet, K. Meyer, M. Michel, Dr. A. Mirtsching, 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. Waschk, 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, Dr. U. Trobisch

**AUSWÄRTIGE WISSENSCHAFTLICHE MITGLIEDER
(CORRESPONDENT MEMBERS OF THE INSTITUTE)**

Prof. Dr. Hans Bock

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

Prof. Dr. Dr. h.c. Erich Pietsch

Vorwort

Der vorliegende Band über bismutorganische Verbindungen enthält Verbindungen, in denen das Bi-Atom an mindestens einem organischen Rest über C gebunden ist. Cyanide, Cyanate und Carbide werden, sofern im Molekül nicht gleichzeitig eine Bi-R-Bindung vorhanden ist, als anorganische Bismutverbindungen betrachtet.

Der behandelte Stoff gliedert sich in die Abschnitte

- 1 Einkernige Verbindungen
- 2 Zweikernige Verbindungen
- 3 Komplexverbindungen

Die weitere Untergliederung erfolgt dann nach verschiedenen Kriterien. Als primäres Kriterium innerhalb der beiden Abschnitte der nichtkomplexen Organobismutverbindungen gilt die Anzahl der Bi-C-Bindungen im Molekül, als sekundäres Kriterium die Bindigkeit des Bi-Atoms. Dabei wird zwischen kovalenter und ionischer Bindung nicht unterschieden, da in vielen Fällen der Bindungscharakter nicht feststeht. Gesichtspunkte für die weitere Unterteilung sind dann die Art des organischen Restes R (Alkyl, Aryl) und die Art des Liganden X. Innerhalb der letzten Untergliederung sind die Verbindungen im allgemeinen nach der Anzahl der C-Atome in der Formeleinheit aufgeführt. Verbindungen, die nach neueren Untersuchungen assoziiert oder polymer vorliegen, wie etwa R_2Bi , R_2BiX , R_2BiX_2 oder R_3BiX , werden bei den jeweils kleinsten einkernigen Einheiten behandelt.

Bei den komplexen Organobismutverbindungen wird ein anderes Ordnungsprinzip verwendet. Hierbei wird davon ausgegangen, daß R-Bi-Verbindungen entweder als Elektronenakzeptoren oder als Elektronendonatoren fungieren können. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine Unterteilung nach der Art des Akzeptor-Organobismutmoleküls bzw. des Akzeptor-Zentralatoms, gegliedert nach Haupt- und Nebengruppenelementen.

Die Nomenklatur der Verbindungen lehnt sich an die Richtlinien der IUPAC an, bei den anorganischen Verbindungen an die deutsche Übersetzung der Richtlinien. Die Kohlenwasserstoffreste werden nur dann gekennzeichnet, wenn Isomeriemöglichkeiten vorhanden sind. Unverzweigte Ketten werden nicht besonders benannt.

Bei der Darstellung von Verbindungen werden nur dann Mengenangaben gemacht, wenn letztere stark von der Stöchiometrie abweichen oder wenn in der Originalliteratur diesen besondere Beachtung zukommt.

Intensitätsangaben bei Spektren erfolgen in Anlehnung an deutsche Abkürzungen. Es bedeutet st = stark, m = mittel, s = schwach, Sch = Schulter.

Chemische Verschiebungen in NMR-Spektren werden in dem in der Originalliteratur aufgeführten Maßsystem übernommen. Dasselbe gilt auch für andere, nicht vereinheitlichte physikalische Meßgrößen.

Bei der Auswertung der Literatur wurde Vollständigkeit angestrebt. Jedoch konnten Publikationen, die nicht oder unkenntlich in den Chemical Abstracts referiert wurden, naturgemäß nicht berücksichtigt werden. Auf eine lückenlose Auswertung der Patentliteratur wurde verzichtet. In der Regel wurden hier die in den Chemical Abstracts referierten Tatsachen berücksichtigt. Dies gilt auch für die im Anhang beschriebenen Verbindungen, die im C.A.-Referat mit allgemeinen Formeln bezeichnet werden. Ausgewertet wurden Arbeiten, die bis Juni 1976 in den Chemical Abstracts referiert wurden.

Dem aufmerksamen deutschsprachigen Leser des Bandes wird der Name „Bismut-Organische Verbindungen“ aufgefallen sein, ebenso die Schreibweisen Ethyl, Ethanol usw. für Äthyl bzw. Äthanol sowie Iod mit der Formel I_2 für Jod und J_2 . Ferner sind die in der Literatur überwiegend als Bismutine bezeichneten Verbindungen BiR_3 im vorliegenden Band als Bismutane benannt. Autor und Redakteur haben hier bewußt als einen Versuch die vorliegenden deutschen Empfehlungen der IUPAC-Richtlinien zur Nomenklatur der anorganischen Chemie angewandt. Nach diesen Richtlinien wird international weitgehend die englische Schreibweise der Namen und Formeln bevorzugt. Daß diese neue Schreibweise der Namen nicht immer ganz logisch ist, wird gerade bei dem Namen des Elements Wismut deutlich, der deutschen Ursprungs ist („in den Wiesen gemutet“, vgl. „Wismut“ S. 1).

Mein Dank gilt Frau Prof. Dr. M. Becke und den Mitarbeitern des Gmelin-Institutes für die tatkräftige Unterstützung. Herrn Dr. H. Bitterer möchte ich dabei besonders für die vielen Hilfestellungen bei der Abfassung des Manuskriptes danken. Meinen Mitarbeitern Fräulein Kruse und Herrn Dr. N. Baumann danke ich für die Unterstützung bei der Sammlung und Auswertung der Literatur und nicht zuletzt danke ich besonders meiner Frau Sigrid, die das Manuskript in eine lesbare Form gebracht hat.

Würzburg-Gerbrunn, im Oktober 1977

Markus Wieber

Preface

The present volume on organobismuth compounds covers those compounds in which the Bi atom is C-bonded to at least one organic rest. Cyanides, cyanates, and carbides are considered as inorganic bismuth compounds provided there is no Bi-R bond simultaneously contained in the molecule.

The subject matter of this volume is subdivided into the following sections:

- 1 mononuclear compounds
- 2 binuclear compounds
- 3 complex compounds.

Further subdivisions follows different criteria. As primary criterium within the two sections on non-complex organobismuth compounds the number of Bi-C bonds within the molecule has to be taken, as secondary the valency of the Bi atom. In this connection no difference is made between covalent and ionic bonds, as in many cases the character of the bond is not known. Aspects for further subdivision are the nature of the organic rest R (alkyl, aryl) and the nature of the ligand X. Finally, the compounds are generally arranged according to the number of C atoms within the formula unit. Those compounds that—based on more recent studies—are associated or polymeric, as for instance RBi , R_2Bi , R_2BiX , RBiX_2 or R_3BiX , are dealt with in the respective smallest mononuclear units.

For the complex organobismuth compounds another principle of arrangement has been applied. Here, the guiding principle was the fact that R-Bi compounds may function as electron acceptors as well as electron donors. This leads consequently to an arrangement according to the nature of the acceptor, the organobismuth molecule or the respective central atom, subdivided into main- and subgroup elements.

The nomenclature as recommended by IUPAC is used, within the inorganic compounds the German translation thereof. Hydrocarbon rests are only marked in cases of possible isomers. Unbranched chains are not especially named.

For the preparation of compounds quantitative data have only been given if they strongly differ from stoichiometry, or if especially emphasized in the original literature.

For data on the intensity of spectra German abbreviations have been used: st = strong (stark), m = medium (mittel), s = weak (schwach), Sch = shoulder (Schulter).

Chemical shift in NMR spectroscopy is given in the units of the original literature. The same applies to other nonstandardized physical values.

The literature coverage was attempted to be as complete as feasible, but those publications that are not or not clearly abstracted by Chemical Abstracts are not considered. The patent literature was not evaluated completely. As a rule, only those facts as presented in Chemical Abstracts have been mentioned. This is also valid for the compounds described in the appendix, which are described by general formulas in C.A.

The attentive German speaking reader will have realized the name "Bismut-Organische Verbindungen" as well as the spelling of Ethyl, Ethanol etc. for "Äthyl" or "Äthanol" respectively, and the spelling of Iod with the formula I_2 for Jod and J_2 (English: iodine and I_2). Furthermore, the compounds BiR_3 for which mostly the name "bismuthines" is used in the literature are named

"bismuthanes" in the present volume. Here, author and editor have made the attempt to apply the adopted German recommendations of the IUPAC rules for the nomenclature of inorganic chemistry. According to these rules the English version of names and formulas should be preferred. The fact that this version is not always quite logical becomes especially evident by the name for the element bismuth which is of German origin ("in den Wiesen gemutet", which in German means that this metal was hauled from a mine with the name "Wiesen"—see also "Wismut", p. 1).

I have to thank Professor Dr. M. Becke and the members of the Gmelin Institute for their valuable support of my work. My special thanks are due to Dr. H. Bitterer for his active assistance in preparing the manuscript. I also thank my coworkers Miss Kruse and Dr. N. Baumann for their help in collecting and evaluating the literature and last but not least I want to thank my wife Sigrid who put the manuscript into a readable form.

Würzburg-Gerbrunn, October 1977

Markus Wieber

Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page V)

Seite

Bismut-Organische Verbindungen

Allgemeine Literatur	1
1 Einkernige Verbindungen	5
1.1 Verbindungen mit fünf Bi-C-Bindungen	5
1.1.1 Bismutpentaorganyle BiR_5	5
1.1.2 Bismutheterocyclen	6
1.2 Verbindungen mit vier Bi-C-Bindungen	7
1.2.1 Bismutoniumverbindungen $[\text{R}_4\text{Bi}]\text{X}$	7
Tetraarylverbindungen	7
Tetraaryl-bismutoniumhalogenide	7
Tetraphenylbismutoniumpseudohalogenide	8
Tetraphenylbismutoniumhydroxid	9
Tetraphenylbismutoniumtriphenylsilanolat	9
Tetraaryl-bismutoniumborate	9
Tetraphenylbismutoniumhexafluorophosphat	10
Tetraaryl-bismutoniumsalze einbasiger Sauerstoffsäuren	11
Triarylorganyl-bismutoniumverbindungen	12
Tetraalkylbismutoniumverbindungen	13
1.3 Verbindungen mit drei Bi-C-Bindungen	14
1.3.1 Verbindungen mit fünfbändigem Bismut R_3BiX_2	14
Aliphatische Verbindungen	14
Aromatische Verbindungen	14
Triaryl-bismutdifluoride	14
Triaryl-bismutdichloride	15
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_5$	15
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_5$ und $\text{R}_3 = \text{Aryl}$	21
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	21
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{X}$ und $\text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	25
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_3\text{RR}'$	25
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_2\text{RRR}$	27
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ und $\text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	27
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	27
Triaryl-bismutdibromide	28
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_5$	28
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_5$ und $\text{R}_3 = \text{Aryl}$	30
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	30
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ und $\text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}'$	31
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_3\text{RR}'$	31
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_2\text{RRR}$	32
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ und $\text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	32
Verbindungen mit $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	32

	Seite
Triarylismutdiiodid	33
Triarylismutdipseudohalogenide	33
Triarylismutdinitrate	34
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_5$	34
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = C_6H_5$ und $R_3 = C_6H_4X$	35
Verbindungen mit $R_1 = C_6H_5$ und $R_2 = R_3 = C_6H_4X$	35
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_4R$	36
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_3RR'$	37
Triphenylismutdihydroxid	37
Triarylismutdicarboxylate	38
Aliphatische Carbonsäuren	38
Aromatische Carbonsäuren	41
Triarylismutdithiolate	42
Triarylismuthydroxid- bzw. -chinolinolathalogenide	43
 1.3.2 Verbindungen mit vierbindigem Bismut R_3BiY	44
Triphenylismutoxid	44
Triarylismutsalze zweibasiger anorganischer Sauerstoffsäuren	44
 1.3.3 Verbindungen mit dreibindigem Bismut BiR_3	46
Aliphatische Verbindungen	46
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Alkyl}$	46
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Cycloalkyl}$	55
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Substituiertes Alkyl}$	55
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Alkenyl}$	56
Verbindungen mit $R_1 = R_2$ und $R_3 = \text{Alkyl}$	57
Offenkettige Verbindungen	57
Cyclische Verbindungen	59
Aromatische Verbindungen	60
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_2\text{-Aromat}$	60
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_5\text{-Aromat}$	60
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Fünfgliedriger Heterocyclus}$	62
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_5$	62
Darstellung von $Bi(C_6H_5)_3$	62
Eigenschaften von $Bi(C_6H_5)_3$	68
Reaktionen von $Bi(C_6H_5)_3$	72
Verwendung von $Bi(C_6H_5)_3$	78
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = C_6H_5$ und $R_3 = \text{Aryl}$	80
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Monosubstituiertes Phenyl}$	82
C-substituiertes Phenyl	82
Halogen-substituiertes Phenyl	86
Chalkogen-substituiertes Phenyl	90
N-substituiertes Phenyl	91
As-substituiertes Phenyl	92
Verbindungen mit $R_1 = R_2$ und $R_3 = \text{Monosubstituiertes Phenyl}$	92
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Disubstituiertes Phenyl}$	93
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Trisubstituiertes Phenyl}$	94
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Pentasubstituiertes Phenyl}$	94
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = \text{Substituiertes Phenyl}$ und $R_3 = \text{Naphthyl}$	95
Verbindungen mit $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Naphthyl}$	96

Aromatisch-aliphatische Verbindungen	98
Bismutheterocyclen	99
1.4 Verbindungen mit zwei Bi-C-Bindungen	99
1.4.1 Verbindungen mit dreibindigem Bismut R_2BiX	99
Aliphatische Verbindungen	99
Dialkylbismuthydride	99
Dialkylbismuthalogenide	100
Dialkylbismutpseudohalogenide	101
Dialkylbismuthydroxide und -alkoxide	102
Dialkylbismutamide	103
Dialkylbismutgermaniumverbindungen	103
Aromatische Verbindungen	104
Diarylismuthydride	104
Diarylismuthalogenide	104
Diarylismutchloride	104
Diarylismutbromide	109
Diarylismutiodide	111
Diarylismutpseudohalogenide	112
Diarylismutsauerstoffverbindungen	113
Diarylismutschwefelverbindungen	114
Diarylismutmetallverbindungen	114
Bismutheterocyclen	116
Bismutol	116
Bismabenzole	116
1.4.2 Verbindungen mit zweibindigem Bismut BiR_2	118
1.5 Verbindungen mit einer Bi-C-Bindung	118
1.5.1 Verbindungen mit dreibindigem Bismut $RBiX_2$	118
Aliphatische Verbindungen	118
Alkylbismuthydride	118
Alkylbismutchloride	118
Alkylbismutbromide	119
Alkylbismutiodide	120
Alkylbismutsauerstoffverbindungen	120
Alkylbismutschwefelverbindungen	121
Alkylbismutstickstoffverbindungen	122
Alkylbismutmetallverbindungen	123
Bismutheterocyclen	123
Aromatische Verbindungen	125
Arylbismutchloride	125
Arylbismutbromide	126
Arylbismutiodide	127
Arylbismutsauerstoffverbindungen	127
Arylbismutschwefelverbindungen	129
Bismutheterocyclen	131
1.5.2 Verbindungen mit zweibindigem Bismut $RBiY$	131
1.5.3 Verbindungen mit einbindigem Bismut RBi	132

	Seite
2 Zweikernige Verbindungen	133
2.1 Verbindungen mit Bi-Bi-Bindung	133
2.2 Verbindungen mit Bi-R-Bi-Bindung	134
2.2.1 Verbindungen mit $R = CN_2$	134
2.2.2 Verbindungen mit $R = C \equiv C$	134
2.2.3 Verbindungen mit $R = C_6H_4$	134
2.3 Verbindungen mit Bi-O-Bi-Bindung	135
2.4 Verbindungen mit Bi-S-Bi-Bindung	137
2.5 Verbrückte Bismutoniumsalze	137
3 Komplexverbindungen	138
3.1 Akzeptorkomplexe von Bismutorganyle	138
3.1.1 Komplexe von fünfbindigen Bismutverbindungen	138
Bismutpentaorganyle	138
Triorganobismutverbindungen	138
3.1.2 Komplexe von dreibindigen Bismutverbindungen	140
Bismuttriorganyle	140
Diorganohalogenbismutane	140
Organodihalogenbismutane	141
Chelatkomplexe des $RBiX_2$	144
3.1.3 Komplexe von zweikernigen Verbindungen	145
3.2 Donorkomplexe von Bismuttriorganyle	146
3.2.1 Komplexe mit Hauptgruppenelementen	146
3.2.2 Komplexe mit Nebengruppenelementen	146
Elemente der Gruppe V A	146
Elemente der Gruppe VI A	147
Elemente der Gruppe VII A	150
Elemente der Gruppe VIII	151
Elemente der Gruppe I B	152
Actinidenelemente	152
3.2.3 Komplexe mit BiR_3 als mehrzähliger Ligand	153
Organobismutverbindungen, beschrieben mit allgemeinen Formeln	154
Formelregister	157

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

	Page
Organobismuth Compounds	1
General Literature	1
1 Mononuclear Compounds	5
1.1 Compounds with Five Bi-C Bonds	5
1.1.1 Bismuth Pentaorganyls BiR_5	5
1.1.2 Bismuth Heterocycles	6
1.2 Compounds with Four Bi-C Bonds	7
1.2.1 Bismuthonium Compounds $[\text{R}_4\text{Bi}]\text{X}$	7
Tetraaryl Compounds	7
Tetraarylbismuthonium Halides	7
Tetraphenylbismuthonium Pseudohalides	8
Tetraphenylbismuthonium Hydroxide	9
Tetraphenylbismuthonium Triphenylsilanolate	9
Tetraarylbismuthonium Borates	9
Tetraphenylbismuthonium Hexafluorophosphate	10
Tetraarylbismuthonium Salts of Monobasic Oxo Acids	11
Triarylorganylbismuthonium Compounds	12
Tetraalkylbismuthonium Compounds	13
1.3 Compounds with Three Bi-C Bonds	14
1.3.1 Compounds with Pentavalent Bismuth R_3BiX_2	14
Aliphatic Compounds	14
Aromatic Compounds	14
Triarylbismuth Difluorides	14
Triarylbismuth Dichlorides	15
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_5$	15
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_5$ and $\text{R}_3 = \text{Aryl}$	21
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	21
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{X}$ and $\text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	25
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_3\text{RR}'$	25
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_2\text{RRR}$	27
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ and $\text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	27
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	27
Triarylbismuth Dibromides	28
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_5$	28
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_5$ and $\text{R}_3 = \text{Aryl}$	30
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$	30
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ and $\text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}'$	31
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_3\text{RR}'$	31
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_6\text{H}_2\text{RRR}$	32
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{C}_6\text{H}_4\text{R}$ and $\text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	32
Compounds with $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{C}_{10}\text{H}_7$	32

	Page
Triarylbiomuth Diiodide	33
Triarylbiomuth Dipseudohalides	33
Triarylbiomuth Dinitrates	34
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_5$	34
Compounds with $R_1 = R_2 = C_6H_5$ and $R_3 = C_6H_4X$	35
Compounds with $R_1 = C_6H_5$ and $R_2 = R_3 = C_6H_4X$	35
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_4R$	36
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_3RR'$	37
Triphenylbiomuth Dihydroxide	37
Triarylbiomuth Dicarboxylates	38
Aliphatic Carboxylic Acids	38
Aromatic Carboxylic Acids	41
Triarylbiomuth Dithiolates	42
Triarylbiomuth Hydroxide or Chinolinolate Halides	43
 1.3.2 Compounds with Tetravalent Bismuth R_3BiY	44
Triphenylbiomuth Oxide	44
Triarylbiomuth Salts of Dibasic Inorganic Oxo Acids	44
 1.3.3 Compounds with Trivalent Bismuth BiR_3	46
Aliphatic Compounds	46
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Alkyl}$	46
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Cycloalkyl}$	55
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Substituted Alkyl}$	55
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Alkenyl}$	56
Compounds with $R_1 = R_2$ and $R_3 = \text{Alkyl}$	57
Open-Chain Compounds	57
Cyclic Compounds	59
Aromatic Compounds	60
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_2\text{-Aromatic Component}$	60
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_5\text{-Aromatic Component}$	60
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Five-membered Heterocycle}$	62
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = C_6H_5$	62
Preparation of $Bi(C_6H_5)_3$	62
Properties of $Bi(C_6H_5)_3$	68
Reactions of $Bi(C_6H_5)_3$	72
Uses of $Bi(C_6H_5)_3$	78
Compounds with $R_1 = R_2 = C_6H_5$ and $R_3 = \text{Aryl}$	80
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Monosubstituted Phenyl}$	82
C-substituted Phenyl	82
Halogen-substituted Phenyl	86
Chalkogen-substituted Phenyl	90
N-substituted Phenyl	91
As-substituted Phenyl	92
Compounds with $R_1 = R_2$ and $R_3 = \text{Monosubstituted Phenyl}$	92
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Disubstituted Phenyl}$	93
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Trisubstituted Phenyl}$	94
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Pentasubstituted Phenyl}$	94
Compounds with $R_1 = R_2 = \text{Substituted Phenyl}$ and $R_3 = \text{Naphthyl}$	95
Compounds with $R_1 = R_2 = R_3 = \text{Naphthyl}$	96