

# **Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie**

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

## **Zinn**

**Teil C 2**

**Verbindungen**

# Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

BEGRÜNDET VON

Leopold Gmelin

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

---

ACHTE AUFLAGE

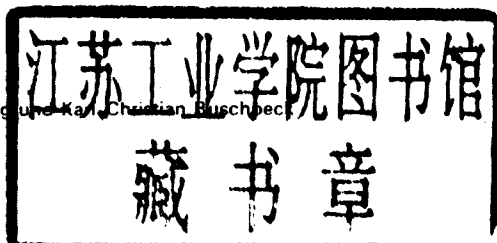
begonnen im Auftrage der Deutschen Chemischen Gesellschaft

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

ENGLISCHE FASSUNG DER STICHWÖRTER NEBEN DEM TEXT :

H. J. KANDINER, SUMMIT, N. J.

Die Literatur ist bis 1972 vollständig ausgewertet,  
in vielen 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 3-540-93078-7 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York  
ISBN 0-387-93078-7 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 dürfen.

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 Verwendung, 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-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. Becker, Dr. L. Berg, Dipl.-Chem. E. Best, Dipl.-Phys. E. Bienemann, Dr. A. Bohne, 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. Drösmar, 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. Velič, Dipl.-Ing. U. Vetter, Dipl.-Phys. J. Wagner, Dr. R. Warncke, Dipl.-Chem. S. Waschke, 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. G. Hantke, Dr. H. Lehl, Dr.-Ing. M. Lehl, Dipl.-Ing. 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

Von der System-Nummer 46 „Zinn“ sind bisher vier Lieferungen erschienen. 1971 brachte das Gmelin-Institut die Bände „Zinn“ A und B heraus, in welchen die Geschichte und das Vorkommen von Zinn und seinen Verbindungen sowie die Eigenschaften und das Verhalten des Elements dargestellt sind. Mit der Lieferung „Zinn“ C 1 erschien 1972 der erste Band, welcher sich mit den Verbindungen des Zinns befaßt. Die Legierungen des Zinns sind in dem 1974 erschienenen Band „Zinn“ D abgehandelt. Nun stellt das Gmelin-Institut mit „Zinn“ C 2 den zweiten Band über Zinnverbindungen vor. Waren in „Zinn“ C 1 die Verbindungen des Zinns mit Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und den Halogenen behandelt worden, so sind es in der vorliegenden Lieferung die nach dem Gmelin-System folgenden Verbindungen des Zinns mit Schwefel, Selen, Tellur, Polonium, Bor, Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Arsen, Antimon und Wismut. Die restlichen Verbindungen und die Koordinationsverbindungen des Zinns sind in den für 1975 geplanten abschließenden Lieferungen „Zinn“ C 3 und C 4 enthalten. Für die letzte Lieferung ist auch ein Gesamtregister über alle Lieferungen des Teils C vorgesehen. Die zinnorganischen Verbindungen werden im Rahmen des Ergänzungswerks zur 8. Auflage dargestellt. Die erste der geplanten 8 Lieferungen über zinnorganische Verbindungen wird 1975 erscheinen.

Die Verbindungen in „Zinn“ C 2 sind in konventioneller Weise nach dem Gmelin-System der letzten Stelle (s. Innenseite des hinteren Einbanddeckels) angeordnet. Jedem Kapitel ist eine kurze zusammenfassende Übersicht über die in dem betreffenden Abschnitt auftretenden Verbindungen in Deutsch und Englisch vorangestellt. Diese Übersicht, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, soll einer kurzen, schnellen Orientierung über Ergebnisse und Probleme der behandelten Verbindungen dienen.

Die Nomenklatur der Verbindungen richtet sich weitgehend nach den neuesten Empfehlungen der IUPAC-Nomenklaturkommission von 1970; für die organischen Verbindungen wurde die Schreibweise des Beilstein-Handbuchs übernommen.

Die Literatur wurde bis 1972 vollständig berücksichtigt, in vielen Fällen bis an die Gegenwart herangeführt. Veröffentlichungen nach 1972, die erst während der Drucklegung bekannt geworden sind, sind teilweise jedoch nur unvollständig ausgewertet.

Frankfurt am Main, im Dezember 1974

Hubert Bitterer

## Preface

Four volumes have appeared to date for System Number 46 "Zinn". Volumes A and B, published by Gmelin Institute in 1971, covered the history and occurrence of tin and its compounds as well as the properties and behavior of elemental tin. "Zinn" C 1, published in 1972, was the first volume of the group dealing with compounds of tin, and included those with hydrogen, oxygen, nitrogen, and the halogens. Tin alloys were reviewed in "Zinn" D, published in 1974. The present volume, "Zinn" C 2, is the second to deal with tin compounds, and covers (as is called for by the Gmelin Classification System) those with sulfur, selenium, tellurium, polonium, boron, carbon, silicon, phosphorus, arsenic, antimony, and bismuth. The remaining compounds and the coordination compounds of tin will be treated in the final volumes, "Zinn" C 3 and C 4, planned for 1975. It is expected that the last volume will contain a complete index covering all sections of Part C. Organotin compounds are to be reviewed within the framework of the Main Supplement to the 8th edition. The first of the planned eight volumes dealing with organotin compounds will appear during 1975.

The compounds in "Zinn" C 2 are mainly arranged in the conventional manner, according to the "Gmelin Principle of the Last Position" (see inside back cover). Each chapter starts with a short summarizing review—in German and in English—of the compounds covered in that chapter. These reviews, which make no claim to completeness, should serve to provide a rapid orientation to the results and problems associated with the compounds involved.

Nomenclature is largely based on the newest recommendations of the IUPAC Nomenclature Commission of 1970; organic compounds are treated using the style rules of the Beilstein Handbook.

The literature is reviewed completely up to 1972; in many cases this is extended almost up to the present day. Publications more recent than 1972 which first came to our attention while the volume was being prepared for printing, could only be partly evaluated.

Frankfurt am Main, December 1974

Hubert Bitterer

# Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page IX)

|                                                | Seite     |                                                                 | Seite     |
|------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9 Zinn und Schwefel</b>                     | <b>1</b>  | <b>Konzentration und effektive Massen</b>                       |           |
| <b>9.1 Das System Sn-S</b>                     | <b>1</b>  | der Ladungsträger                                               | 23        |
| 9.1.1 Zustandsdiagramm                         | 2         | Magnetische Suszeptibilität                                     | 24        |
| 9.1.2 Eigenschaften der Sn-S-Phasen            | 5         | Dielektrizitätskonstante                                        | 24        |
| <b>9.2 Dizinnsulfid Sn<sub>2</sub>S</b>        | <b>5</b>  | Beweglichkeit der Ladungsträger                                 | 24        |
| <b>9.3 Zinn(II)-sulfid SnS</b>                 | <b>5</b>  | Relaxationszeit                                                 | 25        |
| 9.3.1 Phasenbreite                             | 6         | Leitungsmechanismus                                             | 25        |
| 9.3.2 Bildung und Darstellung                  | 6         | Elektrische Leitfähigkeit                                       | 25        |
| Auf trockenem Wege                             | 6         | Gleichrichtereffekt                                             | 27        |
| In Lösung                                      | 7         | Photoeffekt                                                     | 28        |
| Reinigung                                      | 8         | Hall-Effekt                                                     | 28        |
| Besondere Formen                               | 9         | Thermokraft                                                     | 29        |
| Einkristalle                                   | 9         | <b>9.3.7 Optische Eigenschaften</b>                             | <b>29</b> |
| Dünne Schichten                                | 9         | Farbe                                                           | 29        |
| Glas                                           | 9         | Absorptionskoeffizient, Reflexions-                             |           |
| Thermodynamische Daten der Bildung             | 9         | vermögen, Brechungsindex                                        | 30        |
| <b>9.3.3 Moleküle</b>                          | <b>10</b> | <b>9.3.8 Elektrochemisches Verhalten</b>                        | <b>31</b> |
| SnS                                            | 10        | <b>9.3.9 Chemisches Verhalten</b>                               | <b>31</b> |
| Terme, Molekülkonstanten                       | 10        | Gegen Elementarteilchen                                         | 31        |
| Rotationsspektrum                              | 10        | Beim Erhitzen                                                   | 32        |
| Dipolmoment                                    | 12        | Gegen Wasser                                                    | 32        |
| Bandenspektrum                                 | 12        | An der Luft                                                     | 32        |
| In der Gasphase                                | 12        | Gegen Ammoniak                                                  | 32        |
| In Matrixgittern                               | 12        | Gegen Elemente                                                  | 32        |
| Dissoziation                                   | 13        | Wasserstoff                                                     | 32        |
| (SnS) <sub>n</sub>                             | 13        | Sauerstoff                                                      | 33        |
| <b>9.3.4 Kristallographische Eigenschaften</b> | <b>13</b> | Halogene                                                        | 33        |
| Polymorphie                                    | 13        | Selen                                                           | 33        |
| Kristallstruktur                               | 14        | Metalle und Legierungen                                         | 33        |
| Fehlordnung                                    | 16        | Gegen Oxide                                                     | 33        |
| Morphologie, Zwillingsbildung, Epitaxie        | 16        | Gegen Laugen                                                    | 34        |
| Gitterschwingungen                             | 16        | Gegen Säuren                                                    | 34        |
| Bindungsart                                    | 17        | Gegen weitere anorganische                                      |           |
| Gitterenergie                                  | 18        | Verbindungen                                                    | 34        |
| <b>9.3.5 Mechanische und thermische</b>        |           | <b>9.3.10 Kolloides SnS</b>                                     | <b>35</b> |
| Eigenschaften                                  | 18        | <b>9.4 Tetrazinnpentasulfid Sn<sub>4</sub>S<sub>5</sub> (?)</b> | <b>36</b> |
| Dichte, Thermische Ausdehnung                  | 18        | <b>9.5 Trizinntetrasulfid Sn<sub>3</sub>S<sub>4</sub> (?)</b>   | <b>36</b> |
| Schmelzpunkt, Schmelzenthalpie,                |           | <b>9.6 Dizinntrisulfid Sn<sub>2</sub>S<sub>3</sub></b>          | <b>37</b> |
| Schmelzentropie                                | 19        | 9.6.1 Bildung und Darstellung                                   | 37        |
| Verflüchtigung, Verdampfung                    | 19        | 9.6.2 Physikalische Eigenschaften                               | 38        |
| Thermodynamische Funktionen                    | 20        | 9.6.3 Chemisches Verhalten                                      | 39        |
| Charakteristische Temperatur                   | 22        | <b>9.7 Zinn(IV)-sulfid SnS<sub>2</sub></b>                      | <b>39</b> |
| Viskosität                                     | 22        | 9.7.1 Phasenbreite                                              | 39        |
| <b>9.3.6 Magnetische und elektrische</b>       |           | 9.7.2 Bildung und Darstellung                                   | 39        |
| Eigenschaften                                  | 22        | Auf trockenem Wege                                              | 39        |
| Elektronenenergiebänder,                       |           | In Lösung                                                       | 40        |
| Breite der Energielücke                        | 22        |                                                                 |           |

|                                                                        | Seite |                                                                                  | Seite |
|------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Mitfallung                                                             | 41    | <b>9.11 Oxo- und Hydroxo-</b>                                                    |       |
| Einkristalle                                                           | 41    | <b>thiostannat(IV)-Ionen</b>                                                     | 58    |
| Thermodynamische Daten der Bildung                                     | 41    | 9.11.1 $\text{Sn}_5\text{O}_2\text{S}_{10}^{4-}$                                 | 58    |
| 9.7.3 Kristallographische Eigenschaften                                | 42    | 9.11.2 $\text{Sn}_5\text{O}_2\text{S}_{12}^{6-}$                                 | 58    |
| Polymorphie                                                            | 42    | 9.11.3 $\text{SnOS}_2 \cdot \text{HSnOS}_2 \cdot \text{Sn}(\text{OH})\text{S}_2$ | 58    |
| Kristallstruktur                                                       | 42    | <b>9.12 Zinn(II)-dithionit <math>\text{SnS}_2\text{O}_4</math> (?)</b>           | 58    |
| Kristallform, Spaltbarkeit, Epitaxie                                   | 43    | <b>9.13 Zinn(II)-sulfid <math>\text{SnSO}_3</math></b>                           | 59    |
| Fehlordnung                                                            | 43    | <b>9.14 Zinn(IV)-sulfid</b>                                                      | 59    |
| Bindungsart                                                            | 43    | <b>9.15 Zinn(II)-sulfate</b>                                                     | 59    |
| 9.7.4 Mechanische und thermische                                       |       | 9.15.1 $\text{SnSO}_4$                                                           | 59    |
| Eigenschaften                                                          | 44    | Bildung und Darstellung                                                          | 59    |
| Dichte                                                                 | 44    | Kristallographische Eigenschaften.                                               |       |
| Schmelzpunkt, Sublimation                                              | 44    | Bindung                                                                          | 60    |
| Thermodynamische Funktionen                                            | 45    | Weitere physikalische Eigenschaften                                              | 62    |
| 9.7.5 Magnetische und elektrische                                      |       | Chemisches Verhalten                                                             | 63    |
| Eigenschaften                                                          | 45    | 9.15.2 $\text{SnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (?)                             | 63    |
| Elektronenenergiebänder, Energielücke                                  | 45    | 9.15.3 Wäßrige und nichtwäßrige Lösung                                           |       |
| Eigenschaften der Ladungsträger                                        | 46    | von $\text{SnSO}_4$                                                              | 64    |
| Magnetische Suszeptibilität                                            | 47    | Löslichkeit                                                                      | 64    |
| Dielektrizitätskonstante                                               | 47    | Konstitution der Lösung                                                          | 64    |
| Elektrische Leitfähigkeit                                              | 47    | Hydrolyse                                                                        | 65    |
| Photoeffekt                                                            | 49    | Mechanische und thermische                                                       |       |
| 9.7.6 Optische Eigenschaften                                           | 50    | Eigenschaften                                                                    | 65    |
| Farbe                                                                  | 50    | Elektrische Eigenschaften                                                        | 66    |
| Absorption, Reflexionsvermögen                                         | 50    | Optische Eigenschaften                                                           | 66    |
| Brechungsindex                                                         | 51    | Chemisches Verhalten                                                             | 67    |
| 9.7.7 Chemisches Verhalten                                             | 51    | <b>9.16 Zinn(II)-oxidsulfate.</b>                                                |       |
| Gegen Elementarteilchen                                                | 51    | <b>Zinn(II)-hydroxidsulfate</b>                                                  | 67    |
| Beim Erhitzen                                                          | 52    | 9.16.1 $\text{Sn}_2\text{OSO}_4$                                                 | 67    |
| Gegen Wasser                                                           | 52    | 9.16.2 $\text{Sn}_3\text{O}_2\text{SO}_4$                                        | 68    |
| An der Luft                                                            | 52    | 9.16.3 $\text{Sn}_3\text{O}(\text{OH})_2\text{SO}_4$                             | 68    |
| Gegen Ammoniak                                                         | 52    | <b>9.17 Zinn(IV)-sulfate</b>                                                     | 69    |
| Gegen Elemente                                                         | 52    | 9.17.1 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$                                                | 69    |
| Gegen Laugen                                                           | 53    | 9.17.2 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                      | 70    |
| Gegen Säuren                                                           | 53    | 9.17.3 Wäßrige Lösung von $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$                             | 70    |
| Gegen Salze                                                            | 54    | <b>9.18 Zinn(IV)-hydrogensulfat</b>                                              |       |
| Gegen weitere anorganische                                             |       | <b><math>\text{Sn}(\text{HSO}_4)_4</math></b>                                    | 72    |
| Verbindungen                                                           | 55    | <b>9.19 Sulfatozinn(IV)-säuren</b>                                               | 72    |
| Gegen organische Verbindungen                                          | 55    | 9.19.1 $\text{H}_2\text{Sn}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$             | 72    |
| 9.7.8 Kolloides $\text{SnS}_2$                                         | 55    | 9.19.2 $\text{H}_2[\text{Sn}(\text{HSO}_4)_6]$                                   | 72    |
| <b>9.8 Thiostannat(IV)-Ionen</b>                                       | 55    | <b>9.20 Zinn(II)-dithionat <math>\text{SnS}_2\text{O}_6</math> (?)</b>           | 72    |
| 9.8.1 $\text{Sn}_2\text{S}_4^{2-}$                                     | 55    | <b>9.21 Zinn(II)-amidosulfat</b>                                                 |       |
| 9.8.2 $\text{Sn}_2\text{S}_5^{3-}$                                     | 56    | <b><math>\text{Sn}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2</math></b>                          | 72    |
| 9.8.3 $\text{SnS}_4^{2-}$                                              | 56    | <b>9.22 Zinn(II)-fluorosulfat <math>\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_2</math></b>  | 73    |
| <b>9.9 Zinnpolysulfid <math>\text{SnS}_{10}</math></b>                 | 57    | <b>9.23 Zinn(IV)-fluorosulfat <math>\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_4</math></b>  | 73    |
| <b>9.10 Zinn(IV)-oxidsulfide</b>                                       | 57    | <b>9.24 Hexakis(fluorosulfato)-</b>                                              |       |
| 9.10.1 $\text{SnS}_2 \cdot \text{SnOS} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (?)  | 57    | <b>stannat(IV)-Anion <math>[\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_6]^{2-}</math></b>    | 73    |
| 9.10.2 $\text{SnOS}$                                                   | 57    |                                                                                  |       |
| 9.10.3 $\text{Sn}_5\text{O}_6\text{S}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (?) | 58    |                                                                                  |       |
| 9.10.4 $\text{Sn}_5\text{O}_7\text{S}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$     | 58    |                                                                                  |       |

|                                                                          | Seite |                                                                  | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>9.25 Zinn(IV)-fluoridfluorosulfat</b>                                 |       | <b>Fehlordnung</b>                                               | 94    |
| $\text{SnF}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$                                    | 74    | <b>Epitaxie, Zwillingsbildung</b>                                | 94    |
| <b>9.26 Das System <math>\text{SnS}-\text{SnCl}_2</math></b>             | 74    | <b>Gitterschwingungen</b>                                        | 95    |
| <b>9.27 Zinnschwefelchlor-Verbindungen</b>                               | 75    | <b>Bindungsart</b>                                               | 95    |
| 9.27.1 $\text{Sn}_2\text{S}_3\text{Cl}_2$                                | 75    | <b>10.2.4 Mechanische und thermische</b>                         |       |
| 9.27.2 $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{SnCl}_4$                              | 75    | <b>Eigenschaften</b>                                             | 96    |
| <b>9.28 Das System <math>\text{SnCl}_4-\text{H}_2\text{S}</math></b>     | 76    | <b>Dichte, Thermische Ausdehnung</b>                             | 96    |
| <b>9.29 Das System <math>\text{SnCl}_4-\text{SO}_2</math></b>            | 76    | <b>Schmelzpunkt, Schmelzenthalpie</b>                            | 97    |
| <b>9.30 Das System <math>\text{SnCl}_4-\text{SOCl}_2</math></b>          | 76    | <b>Verflüchtigung, Verdampfung</b>                               | 97    |
| <b>9.31 Das System <math>\text{SnCl}_4-\text{SO}_2\text{Cl}_2</math></b> | 76    | <b>Thermodynamische Funktionen</b>                               | 98    |
| <b>9.32 Zinn(IV)-chlorosulfate</b>                                       | 77    | <b>Charakteristische Temperatur</b>                              | 98    |
| <b>9.33 Zinn(IV)-chloridfluorosulfat</b>                                 |       | <b>Viskosität</b>                                                | 99    |
| $\text{SnCl}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$                                   | 77    | <b>Wärmeleitfähigkeit</b>                                        | 99    |
| <b>9.34 Das System <math>\text{SnS}-\text{SnBr}_2</math></b>             | 78    | <b>10.2.5 Magnetische und elektrische</b>                        |       |
| <b>9.35 Das System <math>\text{SnBr}_4-\text{S}_2\text{Br}_2</math></b>  | 78    | <b>Eigenschaften</b>                                             | 99    |
| <b>9.36 Das System <math>\text{SnBr}_4-\text{SO}_2</math></b>            | 78    | <b>Elektronenenergiebänder, Energielücke</b>                     | 99    |
| <b>9.37 Zinn(IV)-bromidfluorosulfat</b>                                  |       | <b>Konzentrationen und effektive Massen</b>                      |       |
| $\text{SnBr}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$                                   | 79    | <b>der Ladungsträger</b>                                         | 100   |
| <b>9.38 Das System <math>\text{SnS}-\text{SnJ}_2</math></b>              | 79    | <b>Beweglichkeit der Ladungsträger</b>                           |       |
| <b>9.39 Zinnsulfidjodide</b>                                             | 79    | <b>Relaxationszeit</b>                                           | 101   |
| <b>10 Zinn und Selen</b>                                                 | 80    | <b>Leitungsmechanismus</b>                                       | 102   |
| <b>10.1 Das System <math>\text{Sn}-\text{Se}</math></b>                  | 80    | <b>Elektrische Leitfähigkeit</b>                                 | 102   |
| 10.1.1 Zustandsdiagramm                                                  | 80    | <b>Gleichrichtereffekt</b>                                       | 104   |
| Fest-flüssiger Bereich                                                   | 80    | <b>Photoleitfähigkeit</b>                                        | 104   |
| Flüssig-gasförmiger Bereich                                              | 82    | <b>Galvanomagnetische Effekte</b>                                | 105   |
| 10.1.2 Legierungen                                                       | 83    | <b>Widerstandsänderung im Magnetfeld</b>                         | 105   |
| <b>10.2 Zinn(II)-selenid <math>\text{SnSe}</math></b>                    | 86    | <b>Hall-Effekt</b>                                               | 105   |
| 10.2.1 Bildung und Darstellung                                           | 86    | <b>Thermokraft</b>                                               | 106   |
| Aus den Elementen                                                        | 86    | <b>10.2.6 Optische Eigenschaften</b>                             | 107   |
| Durch Festkörpereaktionen                                                | 87    | <b>Absorptionskoeffizient</b>                                    |       |
| Aus Lösungen                                                             | 87    | <b>Reflexionsvermögen</b>                                        | 107   |
| Besondere Formen                                                         | 87    | <b>Brechungsindex</b>                                            | 108   |
| Einkristalle                                                             | 87    | <b>10.2.7 Elektrochemisches Verhalten</b>                        | 109   |
| Dünne Schichten                                                          | 87    | <b>10.2.8 Chemisches Verhalten</b>                               | 109   |
| Hydrosol                                                                 | 88    | <b>10.3 Dizinntriselenid <math>\text{Sn}_2\text{Se}_3</math></b> | 110   |
| Thermodynamische Daten der Bildung                                       | 88    | <b>10.4 Zinn(IV)-selenid <math>\text{SnSe}_2</math></b>          | 111   |
| <b>10.2.2 Moleküle</b>                                                   | 89    | <b>10.4.1 Bildung und Darstellung</b>                            | 111   |
| $\text{SnSe}$                                                            | 89    | Aus den Elementen                                                | 111   |
| Terme, Molekülkonstanten                                                 | 89    | Aus Lösungen                                                     | 112   |
| Rotationsspektrum                                                        | 90    | Andere Verfahren                                                 | 112   |
| Dipolmoment                                                              | 91    | Besondere Formen                                                 | 112   |
| Bandenspektrum                                                           | 91    | Thermodynamische Daten der Bildung                               | 113   |
| Dissoziation                                                             | 91    | <b>10.4.2 Kristallographische Eigenschaften</b>                  | 113   |
| $\text{Sn}_2\text{Se}_2$                                                 | 92    | Kristallstruktur                                                 | 113   |
| <b>10.2.3 Kristallographische Eigenschaften</b>                          | 92    | Bindungsart                                                      | 113   |
| Polymorphie                                                              | 92    | <b>10.4.3 Mechanische und thermische</b>                         |       |
| Kristallstruktur                                                         | 93    | <b>Eigenschaften</b>                                             | 114   |
|                                                                          |       | <b>Dichte</b>                                                    | 114   |
|                                                                          |       | <b>Schmelzpunkt</b>                                              | 114   |
|                                                                          |       | <b>Sublimation, Verdampfung</b>                                  | 114   |
|                                                                          |       | <b>Thermodynamische Funktionen</b>                               | 115   |
|                                                                          |       | <b>Wärmeleitfähigkeit</b>                                        | 115   |

|                                                                               | Seite |                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|-------|
| 10.4.4 Magnetische und elektrische<br>Eigenschaften .....                     | 115   | Hydrosol .....                                            | 140   |
| Energienlücke .....                                                           | 115   | Isotopenkombinationen .....                               | 140   |
| Konzentration und effektive Massen<br>der Ladungsträger .....                 | 116   | Thermodynamische Daten der Bildung .....                  | 140   |
| Dielektrizitätskonstante .....                                                | 116   | 11.2.3 Moleküle .....                                     | 141   |
| Beweglichkeit der Ladungsträger .....                                         | 116   | SnTe .....                                                | 141   |
| Elektrische Leitfähigkeit .....                                               | 117   | Terme. Molekülkonstanten .....                            | 141   |
| Photoleitfähigkeit .....                                                      | 118   | Rotationsspektrum .....                                   | 142   |
| Hall-Effekt .....                                                             | 118   | Dipolmoment .....                                         | 142   |
| Thermokraft .....                                                             | 119   | Bandenspektrum .....                                      | 142   |
| Lichtelektrische Elektronenemission .....                                     | 119   | Dissoziation .....                                        | 142   |
| 10.4.5 Optische Eigenschaften .....                                           | 119   | Sn <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> .....                     | 143   |
| Absorptionskoeffizient .....                                                  |       | 11.2.4 Kristallographische Eigenschaften .....            | 143   |
| Reflexionsvermögen .....                                                      | 119   | Polymorphie .....                                         | 143   |
| Brechungsindex .....                                                          | 120   | Kristallstruktur .....                                    | 145   |
| 10.4.6 Elektrochemisches Verhalten .....                                      | 121   | Fehlordnung .....                                         | 148   |
| 10.4.7 Chemisches Verhalten .....                                             | 121   | Diffusion .....                                           | 148   |
| 10.5 Zinnselensauerstoff-<br>Verbindungen .....                               | 121   | Epitaxie .....                                            | 148   |
| 10.5.1 Sn <sub>5</sub> Se <sub>4</sub> O <sub>8</sub> .....                   | 122   | Textur .....                                              | 149   |
| 10.5.2 Zinn(II)-selenat SnSeO <sub>4</sub> .....                              | 123   | Gitterschwingungen .....                                  | 149   |
| 10.6 Zinnselenhalogen-Verbindungen .....                                      | 123   | Bindungsart .....                                         | 151   |
| 10.6.1 Die Systeme SnSe-SnX <sub>2</sub> .....                                | 123   | 11.2.5 Mechanische und thermische<br>Eigenschaften .....  | 152   |
| 10.6.2 Zinnselenchlorid Sn <sub>3</sub> Se <sub>8</sub> Cl <sub>2</sub> ..... | 123   | Dichte .....                                              | 152   |
| 10.6.3 Zinnselenbromid SnSeBr <sub>2</sub> (?) .....                          | 124   | Thermische Ausdehnung .....                               | 153   |
| 10.7 Das System SnCl <sub>4</sub> -SeOCl <sub>2</sub> .....                   | 124   | Elastizität .....                                         | 153   |
| 10.7.1 SnCl <sub>4</sub> · 2SeOCl <sub>2</sub> .....                          | 125   | Grüneisen-Konstante .....                                 | 154   |
| 10.8 Zinnselenschwefel-Verbindungen .....                                     | 126   | Festigkeit. Härte .....                                   | 155   |
| 10.8.1 SnSe-SnS-Mischkristalle .....                                          | 126   | Schmelzpunkt, Schmelzenthalpie .....                      | 155   |
| 10.8.2 SnSe <sub>2</sub> -SnS <sub>2</sub> -Mischkristalle .....              | 127   | Verflüchtigung. Verdampfung .....                         | 156   |
| 11 Zinn und Tellur .....                                                      | 129   | Thermodynamische Funktionen .....                         | 158   |
| 11.1 Das System Sn-Te .....                                                   | 129   | Chemisches Potential .....                                | 160   |
| 11.1.1 Zustandsdiagramm .....                                                 | 129   | Charakteristische Temperatur .....                        | 160   |
| 11.1.2 Schmelzen .....                                                        | 131   | Viskosität .....                                          | 161   |
| 11.1.3 Legierungen .....                                                      | 134   | Wärmeleitfähigkeit .....                                  | 162   |
| 11.2 Zinn(II)-tellurid SnTe .....                                             | 134   | 11.2.6 Magnetische und elektrische<br>Eigenschaften ..... | 165   |
| 11.2.1 Phasenbreite .....                                                     | 134   | Elektronenenergiebänder .....                             | 165   |
| 11.2.2 Bildung und Darstellung .....                                          | 136   | Energienlücke .....                                       | 168   |
| Aus den Elementen .....                                                       | 136   | Konzentration der Ladungsträger .....                     | 171   |
| Auf nassem Wege .....                                                         | 137   | Effektive Massen der Ladungsträger .....                  | 175   |
| Andere Verfahren .....                                                        | 137   | Magnetische Suszeptibilität .....                         | 176   |
| Reindarstellung .....                                                         | 137   | Charakteristische Elektronenenergie-<br>verluste .....    | 178   |
| Besondere Formen .....                                                        | 138   | Dielektrizitätskonstante .....                            | 178   |
| Einkristalle .....                                                            | 138   | Beweglichkeit der Ladungsträger .....                     | 179   |
| Dünne Schichten .....                                                         | 139   | Relaxationszeit .....                                     | 182   |
|                                                                               |       | Leitungsmechanismus .....                                 | 183   |
|                                                                               |       | Elektrische Leitfähigkeit .....                           | 183   |
|                                                                               |       | Supraleitfähigkeit .....                                  | 188   |
|                                                                               |       | Tunneleffekt .....                                        | 190   |

|                                                                                             | Seite |                                                                                                     | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Galvanomagnetische Effekte                                                                  | 191   | <b>14 Zinn und Kohlenstoff</b>                                                                      | 217   |
| Widerstandsänderung im Magnetfeld                                                           | 191   | <b>14.1 Das System Sn-C</b>                                                                         | 217   |
| Hall-Effekt                                                                                 | 192   | <b>14.2 Das SnC-Molekül</b>                                                                         | 217   |
| Thermokraft                                                                                 | 194   | <b>14.3 Das System Sn-C-O</b>                                                                       | 217   |
| Thermomagnetische Effekte                                                                   | 199   | <b>14.4 Zinn-carbonyl</b>                                                                           | 218   |
| <b>11.2.7 Optische Eigenschaften</b>                                                        | 199   | <b>14.5 Zinn-carbonate</b>                                                                          | 218   |
| Absorptionskoeffizient, Reflexions-<br>vermögen, Extinktionskoeffizient                     | 200   | <b>14.6 Zinn(II)-formiate</b>                                                                       | 218   |
| Brechungsindex                                                                              | 204   | 14.6.1 $\text{Sn}(\text{HCO}_2)_n^{2-n}$                                                            | 218   |
| Raman-Streuung                                                                              | 204   | 14.6.2 $\text{Sn}(\text{HCO}_2)_2$                                                                  | 218   |
| <b>11.2.8 Elektrochemisches Verhalten</b>                                                   | 205   | <b>14.7 Zinn(IV)-formiat <math>\text{Sn}(\text{HCO}_2)_4</math></b>                                 | 219   |
| <b>11.2.9 Chemisches Verhalten</b>                                                          | 205   | <b>14.8 Chlorformiatostannane</b>                                                                   | 219   |
| Gegen Elemente                                                                              | 205   | 14.8.1 $\text{SnCl}_2(\text{HCO}_2)_2$                                                              | 219   |
| Gegen Metallverbindungen                                                                    | 206   | 14.8.2 $\text{SnCl}_3\text{HCO}_2$                                                                  | 219   |
| Gegen Wasser und wäßrige Lösungen                                                           | 207   | <b>14.9 Zinn(II)-acetate</b>                                                                        | 219   |
| <b>11.3 Zinn(IV)-tellurid <math>\text{SnTe}_2</math></b>                                    | 208   | 14.9.1 $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_n^{2-n}$                                                  | 219   |
| <b>11.4 Zinntellursauerstoff-<br/>Verbindungen</b>                                          | 209   | 14.9.2 $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$                                                        | 220   |
| 11.4.1 $\text{Sn}_5\text{Te}_3\text{O}_7$                                                   | 209   | <b>14.10 Tetraacetatozinn(II)-säure</b><br>$\text{H}_2\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_4$          | 220   |
| 11.4.2 $\text{SnTeO}_4$                                                                     | 209   | <b>14.11 Zinn(IV)-acetat <math>\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_4</math></b>                       | 221   |
| 11.4.3 $\text{SnTe}_2\text{O}_6$                                                            | 209   | <b>14.12 Halogenacetatostannane</b>                                                                 | 221   |
| 11.4.4 $\text{SnTe}_3\text{O}_8$                                                            | 209   | 14.12.1 $\text{SnCl}_2(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$                                                   | 221   |
| <b>11.5 Zinntellurhalogen-Verbindungen</b>                                                  | 209   | 14.12.2 $\text{SnBr}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_3$                                                     | 222   |
| 11.5.1 Die Systeme $\text{SnTe-SnX}_2$                                                      | 209   | <b>14.13 Hexaacetatodistannan</b><br>$\text{Sn}_2(\text{CH}_3\text{CO}_2)_6$                        | 222   |
| 11.5.2 Das System $\text{SnCl}_2\text{-TeCl}_4$ bzw.<br>$\text{SnCl}_4\text{-TeCl}_2$       | 210   | <b>14.14 Tetrachlordiacetatodistannan</b><br>$\text{Sn}_2\text{Cl}_4(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$     | 222   |
| 11.5.3 Das System $\text{SnCl}_4\text{-TeCl}_4$                                             | 210   | <b>14.15 Zinn(IV)-trifluoracetate</b>                                                               | 223   |
| 11.5.4 Zinntellurhalogenide                                                                 | 210   | 14.15.1 $\text{Sn}(\text{CF}_3\text{CO}_2)_4$                                                       | 223   |
| $\text{Sn}_4\text{Te}_7\text{Cl}_2$                                                         | 210   | 14.15.2 $\text{SnCl}_2(\text{CF}_3\text{CO}_2)_2$                                                   | 223   |
| $\text{Sn}_2\text{TeBr}_{12} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                     | 211   | <b>14.16 Weitere Halogencarboxylato-<br/>stannane <math>\text{SnX}_n(\text{RCO}_2)_{4-n}</math></b> | 223   |
| $\text{SnBr}_4 \cdot \text{TeBr}_4$                                                         | 211   | 14.16.1 $\text{SnCl}_2(\text{RCO}_2)_2$                                                             | 223   |
| $\text{SnTeJ}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                  | 211   | 14.16.2 $\text{SnCl}_3(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)$                                            | 223   |
| <b>11.6 Das System <math>\text{SnTe-SnS}</math></b>                                         | 211   | <b>14.17 Zinn(II)-oxalate</b>                                                                       | 223   |
| <b>11.7 Das System <math>\text{SnTe-SnSe}</math></b>                                        | 212   | 14.17.1 $\text{Sn}(\text{C}_2\text{O}_4)_n^{2-2n}$                                                  | 223   |
| <b>12 Zinn und Polonium</b>                                                                 | 214   | 14.17.2 $\text{SnC}_2\text{O}_4$                                                                    | 224   |
| <b>13 Zinn und Bor</b>                                                                      | 215   | <b>14.18 Zinn(IV)-oxalate <math>\text{Sn}(\text{C}_2\text{O}_4)_n^{4-2n}</math></b>                 | 224   |
| <b>13.1 Das System Sn-B</b>                                                                 | 215   | <b>14.19 Zinn(II)-laktate, -malonate,<br/>-malate</b>                                               | 225   |
| <b>13.2 Zinn-tetrahydridoborate</b>                                                         | 215   | <b>14.20 Zinn(II)-tartrate</b>                                                                      | 225   |
| <b>13.3 Das System <math>\text{SnO}_2\text{-B}_2\text{O}_3</math></b>                       | 215   |                                                                                                     |       |
| <b>13.4 Zinn(II)-fluoroborate</b>                                                           | 215   |                                                                                                     |       |
| <b>13.5 Die Systeme <math>\text{SnX}_4\text{-BBr}_3</math></b>                              | 216   |                                                                                                     |       |
| <b>13.6 Tetrakis(diphenylbor)stannan</b><br>$\text{Sn}[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_2]_4$ | 216   |                                                                                                     |       |

|                                                                                                            | Seite |                                                                                              | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 14.21 Zinn(IV)-tartrate                                                                                    | 226   | 16.2.3 $\text{Sn}_3\text{P}_4$                                                               | 241   |
| 14.22 Zinn(II)-citrate                                                                                     | 226   | 16.2.4 $\text{SnP}_3$                                                                        | 242   |
| 14.23 Zinn-cyanide                                                                                         | 227   | 16.2.5 Weitere Sn-Phosphide                                                                  | 242   |
| 14.24 Zinn-cyanate                                                                                         | 227   | 16.3 Tristannylphosphin $\text{P}(\text{SnH}_3)_3$                                           | 243   |
| 14.25 Das System $\text{SnCl}_4\text{--CCl}_4$                                                             | 227   | 16.4 Tetrakis(diphenylphosphino)-<br>stannan $[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}]_4\text{Sn}$ | 243   |
| 14.26 Oxalatothiostannat(IV)<br>$\text{SnS}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}$                                  | 227   | 16.5 Zinn(II)-phosphinate                                                                    | 243   |
| 14.27 Zinn(II)-thiocyanate                                                                                 | 228   | 16.6 Zinn(IV)-phosphinate                                                                    | 243   |
| 14.27.1 $\text{Sn}(\text{SCN})_n^{2-n}$                                                                    | 228   | 16.7 Zinn(II)-phosphonate                                                                    | 244   |
| 14.27.2 $\text{Sn}(\text{SCN})_2$                                                                          | 228   | 16.7.1 $\text{SnHPO}_3$                                                                      | 244   |
| 14.28 Zinn(IV)-thiocyanate                                                                                 | 229   | 16.7.2 Weitere Zinn(II)-phosphonate                                                          | 244   |
| 14.29 Zinn(II)-halogenidthiocyanate<br>$\text{Sn}_2\text{X}_3\text{SCN}$                                   | 229   | 16.8 Zinn(II)-orthophosphate                                                                 | 245   |
| 15 Zinn und Silicium                                                                                       | 230   | 16.8.1 $\text{Sn}_3(\text{PO}_4)_2$                                                          | 245   |
| 15.1 Das System Sn-Si                                                                                      | 230   | 16.8.2 $\text{Sn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                | 245   |
| 15.2 Das $\text{SnSi}$ -Molekül                                                                            | 231   | 16.8.3 $\text{SnHPO}_4$                                                                      | 246   |
| 15.3 Das System $\text{SnH}_4\text{--SiH}_4$                                                               | 231   | 16.8.4 $\text{SnHPO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$                                          | 246   |
| 15.4 Das System $\text{SnO--SiO}_2$                                                                        | 231   | 16.8.5 $\text{Sn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$                                                  | 247   |
| 15.5 Zinn(II)-silikate                                                                                     | 233   | 16.8.6 $\text{Sn}_4(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (?)                | 248   |
| 15.6 Zinn(IV)-silikate                                                                                     | 233   | 16.8.7 Weitere Zinn(II)-orthophosphate                                                       | 248   |
| 15.7 Zinn(II)-fluorosilikate                                                                               | 234   | 16.9 Zinn(IV)-orthophosphate                                                                 | 248   |
| 15.8 Das System $\text{SnCl}_4\text{--SiCl}_4$                                                             | 234   | 16.9.1 $\text{Sn}(\text{HPO}_4)_2$                                                           | 248   |
| 15.8.1 $\text{SnCl}_4 \cdot \text{SiCl}_4$                                                                 | 234   | 16.9.2 $\text{Sn}(\text{HPO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$                                 | 249   |
| 15.9 Das System $\text{SnCl}_4\text{--SiHCl}_3$                                                            | 234   | 16.9.3 Zinn(IV)-phosphat-Gele                                                                | 250   |
| 15.10 Das System $\text{SnCl}_4\text{--SiHCl}_3$                                                           | 234   | Zusammensetzung                                                                              | 250   |
| 15.11 Das System $\text{SnJ}_4\text{--SiCl}_4$                                                             | 235   | Darstellung                                                                                  | 251   |
| 15.12 Das System Sn-SiC                                                                                    | 235   | Gelierungszeit                                                                               | 251   |
| 15.13 Tetrakis(trimethylsilyl)stannan<br>$[(\text{CH}_3)_3\text{Si}]_4\text{Sn}$                           | 235   | Gelierungsmechanismus                                                                        | 252   |
| 15.14 Tetrakis(tributoxysiloxy)-<br>stannan $[(\text{tert-C}_4\text{H}_9\text{O})_3\text{SiO}]_4\text{Sn}$ | 235   | Eigenschaften                                                                                | 253   |
| 16 Zinn und Phosphor                                                                                       | 236   | Ionenaustausch                                                                               | 253   |
| 16.1 Das System Sn-P                                                                                       | 236   | 16.9.4 Weitere Zinn(IV)-orthophosphate                                                       | 254   |
| 16.1.1 Zustandsdiagramm                                                                                    | 236   | 16.10 Zinn(II)-diphosphate                                                                   | 255   |
| 16.1.2 Legierungen                                                                                         | 238   | 16.10.1 $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$                                                    | 255   |
| Bildung und Darstellung                                                                                    | 238   | 16.10.2 Weitere Zinn(II)-diphosphate                                                         | 256   |
| Chemisches Verhalten                                                                                       | 239   | 16.11 Zinn(IV)-diphosphate                                                                   | 256   |
| 16.2 Zinnphosphide                                                                                         | 239   | 16.11.1 $\text{SnP}_2\text{O}_7$                                                             | 256   |
| 16.2.1 $\text{Sn}_4\text{P}_3$                                                                             | 239   | 16.11.2 Weitere Zinn(IV)-diphosphate                                                         | 257   |
| 16.2.2 $\text{SnP}$                                                                                        | 240   | 16.12 Zinn(II)-metaphosphat $\text{Sn}(\text{PO}_3)_2$                                       | 258   |
|                                                                                                            |       | 16.13 Zinn(II)-triphosphate.<br>Zinn(II)-polyphosphate                                       | 258   |
|                                                                                                            |       | 16.14 Zinnphosphorfluor-<br>Verbindungen                                                     | 258   |
|                                                                                                            |       | 16.15 Das System $\text{SnCl}_4\text{--PCl}_5$                                               | 259   |

|                                                                                                                                           | Seite |                                                                                                | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>16.16 Zinnphosphorchlor-Verbindungen</b>                                                                                               | 259   | <b>17.1.4 Mössbauer-Spektrum, Bindung</b>                                                      | 273   |
| 16.16.1 $\text{SnCl}_4 \cdot \text{PCl}_5$                                                                                                | 259   | <b>17.1.5 Dichte</b>                                                                           | 274   |
| 16.16.2 $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{PCl}_5$                                                                                               | 260   | <b>17.1.6 Thermische Eigenschaften</b>                                                         | 274   |
| 16.16.3 Weitere Zinnphosphorchlor-Verbindungen                                                                                            | 260   | <b>17.1.7 Elektrische Eigenschaften</b>                                                        | 275   |
| <b>16.17 Das System <math>\text{SnCl}_4\text{--POCl}_3</math></b>                                                                         | 261   | Leitungsmechanismus, Bändermodell                                                              | 275   |
| <b>16.18 Zinnphosphoroxidchloride</b>                                                                                                     | 261   | Elektrische Leitfähigkeit                                                                      | 275   |
| 16.18.1 $\text{SnCl}_4 \cdot \text{POCl}_3$                                                                                               | 261   | Supraleitung                                                                                   | 278   |
| 16.18.2 $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{POCl}_3$                                                                                              | 262   | Hall-Effekt                                                                                    | 276   |
| 16.18.3 $\text{SnCl}_4 \cdot \text{P}_2\text{O}_3\text{Cl}_4$                                                                             | 264   | Thermokraft                                                                                    | 277   |
| 16.18.4 $\text{SnOCl}_2 \cdot 2\text{POCl}_3$                                                                                             | 264   | <b>17.1.8 Optische Eigenschaften</b>                                                           | 277   |
| 16.18.5 Weitere Zinnphosphoroxidchloride                                                                                                  | 265   | <b>17.1.9 Chemisches Verhalten</b>                                                             | 277   |
| <b>16.19 Zinnchloridphosphinate</b>                                                                                                       | 265   | <b>17.2 Zinn-arsenate</b>                                                                      | 277   |
| <b>16.20 Zinn(II)-chloridphosphate</b>                                                                                                    | 266   | 17.2.1 Zinn(II)-hydrogenarsenat $\text{SnHAsO}_4$                                              | 277   |
| <b>16.21 Die Systeme <math>\text{SnCl}_4\text{--H}_3\text{PO}_4</math> und <math>\text{SnCl}_4\text{--H}_4\text{P}_2\text{O}_7</math></b> | 266   | 17.2.2 Zinn(IV)-arsenate                                                                       | 278   |
| <b>16.22 Zinn(IV)-chloriddiphosphat <math>\text{SnClHP}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}</math></b>                                   | 267   | $\text{Sn}(\text{HAsO}_4)_2$                                                                   | 278   |
| <b>16.23 Zinn(IV)-chloridalkoxo-phosphate <math>\text{SnCl}_2[\text{O}_2\text{P}(\text{OR})_2]_2</math></b>                               | 267   | Wasserhaltige Arsenate                                                                         | 278   |
| <b>16.24 <math>[\text{NOP}_2\text{Cl}_4]_2[\text{SnCl}_6]</math></b>                                                                      | 267   | Bildung und Darstellung                                                                        | 278   |
| <b>16.25 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--PBr}_3</math></b>                                                                          | 267   | Mechanismus der Gelbfärbung                                                                    | 279   |
| <b>16.26 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--PBr}_5</math></b>                                                                          | 267   | Physikalische Eigenschaften                                                                    | 279   |
| <b>16.27 <math>\text{SnBr}_4 \cdot n\text{PH}_3</math></b>                                                                                | 267   | Chemisches Verhalten                                                                           | 280   |
| <b>16.28 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--POBr}_3</math></b>                                                                         | 267   | <b>17.3 Zinn(II)-fluoroarsenat(V) <math>[\text{SnF}][\text{AsF}_6]</math></b>                  | 280   |
| <b>16.29 Zinn(IV)-phosphoroxidbromide</b>                                                                                                 | 268   | <b>17.4 Das System <math>\text{SnCl}_4\text{--AsCl}_3</math></b>                               | 280   |
| <b>16.30 Die Systeme <math>\text{SnBr}_4\text{--POCl}_3</math> und <math>\text{SnCl}_4\text{--POBr}_3</math></b>                          | 268   | <b>17.5 Zinnarsenchlorsauerstoff-Verbindungen</b>                                              | 281   |
| <b>16.31 Zinn(IV)-phosphoroxidbromid-chloride</b>                                                                                         | 268   | <b>17.6 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--AsBr}_3</math></b>                               | 281   |
| <b>16.32 Zinnbromidphosphinate</b>                                                                                                        | 268   | <b>17.7 Das System <math>\text{SnJ}_4\text{--AsJ}_3</math></b>                                 | 281   |
| <b>16.33 Zinnjodidphosphinate</b>                                                                                                         | 269   | <b>17.8 Zinnarsenschwefel-Verbindungen</b>                                                     | 281   |
| <b>16.34 Zinnphosphorschwefel-Verbindungen</b>                                                                                            | 269   | <b>17.9 Das System <math>\text{Sn--As--Se}</math></b>                                          | 281   |
| <b>16.35 Zinnphosphorselen-Verbindungen</b>                                                                                               | 270   | <b>17.10 Das System <math>\text{Sn--As--Te}</math></b>                                         | 284   |
| <b>17 Zinn und Arsen</b>                                                                                                                  | 271   | <b>17.11 Zinnarsentellurchlor-Verbindungen</b>                                                 | 284   |
| <b>17.1 Das System <math>\text{Sn--As}</math></b>                                                                                         | 271   | <b>18 Zinn und Antimon</b>                                                                     | 285   |
| 17.1.1 Zustandsdiagramm                                                                                                                   | 271   | <b>18.1 Zinnantimonoxide</b>                                                                   | 285   |
| 17.1.2 Darstellung einzelner Phasen                                                                                                       | 272   | 18.1.1 Darstellung                                                                             | 285   |
| 17.1.3 Kristallographische Eigenschaften                                                                                                  | 273   | 18.1.2 Kristallographische und optische Eigenschaften                                          | 285   |
| $\text{Sn}_4\text{As}_3$                                                                                                                  | 273   | 18.1.3 Elektrische Eigenschaften                                                               | 286   |
| $\text{SnAs}$                                                                                                                             | 273   | <b>18.2 Zinn(IV)-antimonat-Gele</b>                                                            | 286   |
|                                                                                                                                           |       | <b>18.3 Zinn(II)-fluoroantimonat(V)</b>                                                        | 287   |
|                                                                                                                                           |       | <b>18.4 Das System <math>\text{SnCl}_2\text{--SnCl}_4\text{--SbCl}_3\text{--SbCl}_5</math></b> | 287   |
|                                                                                                                                           |       | <b>18.5 Zinn(II)-bromoantimonat(III) <math>\text{Sn}[\text{SbBr}_6]</math></b>                 | 287   |

|                                                                        | Seite |                                                                                 | Seite |
|------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>18.6 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--SbBr}_3</math></b> ..... | 287   | <b>18.12 Zinn(II)-antimonellurid</b>                                            |       |
| <b>18.7 Das System <math>\text{SnJ}_4\text{--SbJ}_3</math></b> .....   | 287   | $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$ .....                                                | 294   |
| <b>18.8 Das System <math>\text{Sn--Sb--S}</math></b> .....             | 288   | <b>18.13 Das System <math>\text{Sn--Sb--As}</math></b> .....                    | 295   |
| <b>18.9 Das System <math>\text{Sn--Sb--Se}</math></b> .....            | 289   | <b>19 Zinn und Wismut</b> .....                                                 | 296   |
| <b>18.10 Das System <math>\text{Sn--Sb--Se--S}</math></b> .....        | 289   | <b>19.1 Das System <math>\text{SnO}_2\text{--Bi}_2\text{O}_3</math></b> .....   | 296   |
| <b>18.11 Das System <math>\text{Sn--Sb--Te}</math></b> .....           | 290   | <b>19.2 Wismut(III)-stannate(IV)</b> .....                                      | 296   |
| 18.11.1 Zustandsdiagramm .....                                         | 290   | 19.2.1 $\text{Bi}_2(\text{SnO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .....            | 296   |
| 18.11.2 Darstellung .....                                              | 291   | 19.2.2 $\text{Bi}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ .....                                 | 297   |
| 18.11.3 Kristallographische Eigenschaften .....                        | 292   | <b>19.3 Das System <math>\text{Sn--Bi--Cl}</math></b> .....                     | 297   |
| 18.11.4 Elektrische Eigenschaften .....                                | 292   | <b>19.4 Das System <math>\text{SnBr}_4\text{--BiBr}_3</math></b> .....          | 298   |
| Elektrische Leitfähigkeit .....                                        | 292   | <b>19.5 Das System <math>\text{SnS--Bi}_2\text{S}_3</math></b> .....            | 298   |
| Hall-Effekt .....                                                      |       | <b>19.6 Das System <math>\text{SnTe--Bi}_2\text{Te}_3</math></b> .....          | 299   |
| Beweglichkeit der Ladungsträger .....                                  | 293   | <b>19.7 Das System <math>\text{Sn}_4\text{As}_3\text{--Sn--Bi}</math></b> ..... | 300   |
| Thermokraft .....                                                      | 293   |                                                                                 |       |

# Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

|                                                           | Page      |                                                                         | Page      |
|-----------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9 Tin and Sulfur</b>                                   | <b>1</b>  | Concentration and Effective Masses                                      |           |
| <b>9.1 The Sn-S System</b>                                | <b>1</b>  | of Charge Carriers                                                      | 23        |
| 9.1.1 Phase Diagram                                       | 2         | Magnetic Susceptibility                                                 | 24        |
| 9.1.2 Properties of Sn-S Phases                           | 5         | Dielectric Constant                                                     | 24        |
| <b>9.2 Ditin Sulfide <math>\text{Sn}_2\text{S}</math></b> | <b>5</b>  | Mobility of Charge Carriers                                             | 24        |
| <b>9.3 Tin(II) Sulfide <math>\text{SnS}</math></b>        | <b>5</b>  | Relaxation Time                                                         | 25        |
| 9.3.1 Phase Width                                         | 6         | Conduction Mechanism                                                    | 25        |
| 9.3.2 Formation. Preparation                              | 6         | Electrical Conductivity                                                 | 25        |
| By Dry Methods                                            | 6         | Rectifier Effect                                                        | 27        |
| In Solution                                               | 7         | Photoelectric Effect                                                    | 28        |
| Purification                                              | 8         | Hall Effect                                                             | 28        |
| Special Forms                                             | 9         | Thermoelectric Power                                                    | 29        |
| Single Crystals                                           | 9         | <b>9.3.7 Optical Properties</b>                                         | <b>29</b> |
| Thin Films                                                | 9         | Color                                                                   | 29        |
| Glass                                                     | 9         | Absorption Coefficient. Reflectivity.                                   |           |
| Thermodynamic Data of Formation                           | 9         | Refractive Index                                                        | 30        |
| <b>9.3.3 Molecules</b>                                    | <b>10</b> | <b>9.3.8 Electrochemical Behavior</b>                                   | <b>31</b> |
| $\text{SnS}$                                              | 10        | <b>9.3.9 Chemical Reactions</b>                                         | <b>31</b> |
| Terms. Molecular Constants                                | 10        | With Elementary Particles                                               | 31        |
| Rotational Spectrum                                       | 11        | On Heating                                                              | 32        |
| Dipole Moment                                             | 12        | With Water                                                              | 32        |
| Band Spectrum                                             | 12        | In the Air                                                              | 32        |
| In the Gas Phase                                          | 12        | With Ammonia                                                            | 32        |
| In Matrix Lattices                                        | 12        | With Elements                                                           | 32        |
| Dissociation                                              | 13        | Hydrogen                                                                | 32        |
| $(\text{SnS})_n$                                          | 13        | Oxygen                                                                  | 33        |
| <b>9.3.4 Crystallographic Properties</b>                  | <b>13</b> | Halogens                                                                | 33        |
| Polymorphism                                              | 13        | Selenium                                                                | 33        |
| Crystal Structure                                         | 14        | Metals and Alloys                                                       | 33        |
| Disorder                                                  | 16        | With Oxides                                                             | 33        |
| Morphology. Twinning. Epitaxy                             | 16        | With Alkaline Solutions                                                 | 34        |
| Lattice Vibrations                                        | 16        | With Acids                                                              | 34        |
| Type of Bond                                              | 17        | With Other Inorganic Compounds                                          | 34        |
| Lattice Energy                                            | 18        | <b>9.3.10 Colloidal <math>\text{SnS}</math></b>                         | <b>35</b> |
| <b>9.3.5 Mechanical and Thermal Properties</b>            | <b>18</b> | <b>9.4 Tetratin Pentasulfide <math>\text{Sn}_4\text{S}_5</math> (?)</b> | <b>36</b> |
| Density. Thermal Expansion                                | 18        | <b>9.5 Tritin Tetrasulfide <math>\text{Sn}_3\text{S}_4</math> (?)</b>   | <b>36</b> |
| Melting Point. Enthalpy and Entropy                       |           | <b>9.6 Ditin Trisulfide <math>\text{Sn}_2\text{S}_3</math></b>          | <b>37</b> |
| of Fusion                                                 | 19        | 9.6.1 Formation. Preparation                                            | 37        |
| Sublimation. Vaporization                                 | 19        | 9.6.2 Physical Properties                                               | 38        |
| Thermodynamic Functions                                   | 20        | 9.6.3 Chemical Reactions                                                | 39        |
| Debye Temperature                                         | 22        | <b>9.7 Tin(IV) Sulfide <math>\text{SnS}_2</math></b>                    | <b>39</b> |
| Viscosity                                                 | 22        | 9.7.1 Phase Width                                                       | 39        |
| <b>9.3.6 Magnetic and Electrical Properties</b>           | <b>22</b> |                                                                         |           |
| Electron Energy Bands.                                    |           |                                                                         |           |
| Width of Energy Gap                                       | 22        |                                                                         |           |

|                                                                        | Page |                                                                                   | Page |
|------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9.7.2 Formation. Preparation                                           | 39   | 9.11 Oxo- and Hydroxo-                                                            |      |
| Dry Methods                                                            | 39   | thiostannate(IV) ions                                                             | 58   |
| In Solution                                                            | 40   | 9.11.1 $\text{Sn}_5\text{O}_2\text{S}_{10}^{4-}$                                  | 58   |
| Coprecipitation                                                        | 41   | 9.11.2 $\text{Sn}_5\text{O}_2\text{S}_{12}^{6-}$                                  | 58   |
| Single Crystals                                                        | 41   | 9.11.3 $\text{SnOS}_2^{2-}$ , $\text{HSnOS}_2$ , $\text{Sn}(\text{OH})\text{S}_2$ | 58   |
| Thermodynamic Data of Formation                                        | 41   | 9.12 Tin(II) Dithionite $\text{SnS}_2\text{O}_4$ (?)                              | 58   |
| 9.7.3 Crystallographic Properties                                      | 42   | 9.13 Tin(II) Sulfite $\text{SnSO}_3$                                              | 59   |
| Polymorphism                                                           | 42   | 9.14 Tin(IV) Sulfite                                                              | 59   |
| Crystal Structure                                                      | 42   | 9.15 Tin(II) Sulfates                                                             | 59   |
| Crystal Form. Cleavage. Epitaxy                                        | 43   | 9.15.1 $\text{SnSO}_4$                                                            | 59   |
| Disorder                                                               | 43   | Formation. Preparation                                                            | 59   |
| Type of Bond                                                           | 43   | Crystallographic Properties. Bond                                                 | 60   |
| 9.7.4 Mechanical and Thermal Properties                                | 44   | Other Physical Properties                                                         | 62   |
| Density                                                                | 44   | Chemical Reactions                                                                | 63   |
| Melting Point. Sublimation                                             | 44   | 9.15.2 $\text{SnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (?)                              | 63   |
| Thermodynamic Functions                                                | 45   | 9.15.3 Aqueous and Nonaqueous                                                     |      |
| 9.7.5 Magnetic and Electrical Properties                               | 45   | Solutions of $\text{SnSO}_4$                                                      | 64   |
| Electron Energy Bands. Energy Gap                                      | 45   | Solubility                                                                        | 64   |
| Properties of Charge Carriers                                          | 46   | Nature of Solution                                                                | 64   |
| Magnetic Susceptibility                                                | 47   | Hydrolysis                                                                        | 65   |
| Dielectric Constant                                                    | 47   | Mechanical and Thermal Properties                                                 | 65   |
| Electrical Conductivity                                                | 47   | Electrical Properties                                                             | 66   |
| Photoelectric Effect                                                   | 49   | Optical Properties                                                                | 66   |
| 9.7.6 Optical Properties                                               | 50   | Chemical Reactions                                                                | 67   |
| Color                                                                  | 50   | 9.16 Tin(II) Oxide Sulfates and Tin(II)                                           |      |
| Absorption. Reflectivity                                               | 50   | Hydroxide Sulfates                                                                | 67   |
| Refractive Index                                                       | 51   | 9.16.1 $\text{Sn}_2\text{OSO}_4$                                                  | 67   |
| 9.7.7 Chemical Reactions                                               | 51   | 9.16.2 $\text{Sn}_3\text{O}_2\text{SO}_4$                                         | 68   |
| With Elementary Particles                                              | 51   | 9.16.3 $\text{Sn}_3\text{O}(\text{OH})_2\text{SO}_4$                              | 68   |
| On Heating                                                             | 52   | 9.17 Tin(IV) Sulfates                                                             | 69   |
| With Water                                                             | 52   | 9.17.1 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$                                                 | 69   |
| In the Air                                                             | 52   | 9.17.2 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                       | 70   |
| With Ammonia                                                           | 52   | 9.17.3 Aqueous Solution of $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$                             | 70   |
| With Elements                                                          | 52   | 9.18 Tin(IV) Hydrogen Sulfate                                                     |      |
| With Alkaline Solutions                                                | 53   | $\text{Sn}(\text{HSO}_4)_4$                                                       | 72   |
| With Acids                                                             | 53   | 9.19 Sulfatotin(IV) Acids                                                         | 72   |
| With Salts                                                             | 54   | 9.19.1 $\text{H}_2\text{Sn}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$              | 72   |
| With Other Inorganic Compounds                                         | 55   | 9.19.2 $\text{H}_2[\text{Sn}(\text{HSO}_4)_6]$                                    | 72   |
| With Organic Compounds                                                 | 55   | 9.20 Tin(II) Dithionate $\text{SnS}_2\text{O}_6$ (?)                              | 72   |
| 9.7.8 Colloidal $\text{SnS}_2$                                         | 55   | 9.21 Tin(II) Amidosulfate                                                         |      |
| 9.8 Thiostannate(IV) ions                                              | 55   | $\text{Sn}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2$                                             | 72   |
| 9.8.1 $\text{Sn}_2\text{S}_6^{4-}$                                     | 55   | 9.22 Tin(II) Fluorosulfate $\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_2$                     | 73   |
| 9.8.2 $\text{Sn}_2\text{S}_7^{6-}$                                     | 56   | 9.23 Tin(IV) Fluorosulfate $\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_4$                     | 73   |
| 9.8.3 $\text{SnS}_4^{4-}$                                              | 56   | 9.24 Hexakis(fluorosulfato)-                                                      |      |
| 9.9 Tin Polysulfide $\text{SnS}_{10}$                                  | 57   | stannate(IV) Anion $[\text{Sn}(\text{SO}_3\text{F})_6]^{2-}$                      | 73   |
| 9.10 Tin(IV) Oxide Sulfides                                            | 57   |                                                                                   |      |
| 9.10.1 $\text{SnS}_2 \cdot \text{SnOS} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (?)  | 57   |                                                                                   |      |
| 9.10.2 $\text{SnOS}$                                                   | 57   |                                                                                   |      |
| 9.10.3 $\text{Sn}_5\text{O}_6\text{S}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (?) | 58   |                                                                                   |      |
| 9.10.4 $\text{Sn}_5\text{O}_7\text{S}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$     | 58   |                                                                                   |      |

|                                                                                            | Page |                                                                         | Page |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>9.25 Tin(IV) Fluoride Fluorosulfate</b><br>$\text{SnF}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$ .....  | 74   | <b>10.2.3 Crystallographic Properties</b> .....                         | 92   |
| <b>9.26 The <math>\text{SnS-SnCl}_2</math> System</b> .....                                | 74   | Polymorphism .....                                                      | 92   |
| <b>9.27 Tin Sulfur Chlorine Compounds</b> .....                                            | 75   | Crystal Structure .....                                                 | 93   |
| 9.27.1 $\text{Sn}_2\text{S}_3\text{Cl}_2$ .....                                            | 75   | Disorder .....                                                          | 94   |
| 9.27.2 $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{SnCl}_4$ .....                                          | 75   | Epitaxy, Twinning .....                                                 | 94   |
| <b>9.28 The <math>\text{SnCl}_4\text{-H}_2\text{S}</math> System</b> .....                 | 76   | Lattice Vibrations .....                                                | 95   |
| <b>9.29 The <math>\text{SnCl}_4\text{-SO}_2</math> System</b> .....                        | 76   | Type of Bond .....                                                      | 95   |
| <b>9.30 The <math>\text{SnCl}_4\text{-SOCl}_2</math> System</b> .....                      | 76   | <b>10.2.4 Mechanical and Thermal Properties</b> .....                   | 96   |
| <b>9.31 The <math>\text{SnCl}_4\text{-SO}_2\text{Cl}_2</math> System</b> .....             | 76   | Density, Thermal Expansion .....                                        | 96   |
| <b>9.32 Tin(IV) Chlorosulfates</b> .....                                                   | 77   | Melting Point, Enthalpy of Fusion .....                                 | 97   |
| <b>9.33 Tin(IV) Chloride Fluorosulfate</b><br>$\text{SnCl}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$ ..... | 77   | Volatilization, Vaporization .....                                      | 97   |
| <b>9.34 The <math>\text{SnS-SnBr}_2</math> System</b> .....                                | 78   | Thermodynamic Functions .....                                           | 98   |
| <b>9.35 The <math>\text{SnBr}_4\text{-S}_2\text{Br}_2</math> System</b> .....              | 78   | Debye Temperature .....                                                 | 98   |
| <b>9.36 The <math>\text{SnBr}_4\text{-SO}_2</math> System</b> .....                        | 78   | Viscosity .....                                                         | 99   |
| <b>9.37 Tin(IV) Bromide Fluorosulfate</b><br>$\text{SnBr}_2(\text{SO}_3\text{F})_2$ .....  | 79   | Thermal Conductivity .....                                              | 99   |
| <b>9.38 The <math>\text{SnS-SnI}_2</math> System</b> .....                                 | 79   | <b>10.2.5 Magnetic and Electrical Properties</b> .....                  | 99   |
| <b>9.39 Tin Sulfide Iodides</b> .....                                                      | 79   | Electron Energy Bands, Energy Gap .....                                 | 99   |
| <b>10 Tin and Selenium</b> .....                                                           | 80   | Concentration and Effective Masses<br>of Charge Carriers .....          | 100  |
| <b>10.1 The <math>\text{Sn-Se}</math> System</b> .....                                     | 80   | Mobility of Charge Carriers,<br>Relaxation Time .....                   | 101  |
| 10.1.1 Phase Diagram .....                                                                 | 80   | Conduction Mechanism .....                                              | 102  |
| Solid-Liquid Region .....                                                                  | 80   | Electrical Conductivity .....                                           | 102  |
| Liquid-Gaseous Region .....                                                                | 82   | Rectifier Effect .....                                                  | 104  |
| 10.1.2 Alloys .....                                                                        | 83   | Photoelectrical Conductivity .....                                      | 104  |
| <b>10.2 Tin(II) Selenide <math>\text{SnSe}</math></b> .....                                | 86   | Galvanomagnetic Effects .....                                           | 105  |
| 10.2.1 Formation, Preparation .....                                                        | 86   | Magnetoresistance .....                                                 | 105  |
| From the Elements .....                                                                    | 86   | Hall Effect .....                                                       | 105  |
| By Solid State Reactions .....                                                             | 87   | Thermoelectric Power .....                                              | 106  |
| From Solutions .....                                                                       | 87   | <b>10.2.6 Optical Properties</b> .....                                  | 107  |
| Special Forms .....                                                                        | 87   | Absorption Coefficient, Reflectivity .....                              | 107  |
| Single Crystals .....                                                                      | 87   | Refractive Index .....                                                  | 108  |
| Thin Films .....                                                                           | 87   | <b>10.2.7 Electrochemical Behavior</b> .....                            | 109  |
| Hydrocol .....                                                                             | 88   | <b>10.2.8 Chemical Reactions</b> .....                                  | 109  |
| Thermodynamic Data of Formation .....                                                      | 88   | <b>10.3 Ditin Triselenide <math>\text{Sn}_2\text{Se}_3</math></b> ..... | 110  |
| <b>10.2.2 Molecules</b> .....                                                              | 89   | <b>10.4 Tin(IV) Selenide <math>\text{SnSe}_2</math></b> .....           | 111  |
| $\text{SnSe}$ .....                                                                        | 89   | 10.4.1 Formation, Preparation .....                                     | 111  |
| Terms, Molecular Constants .....                                                           | 89   | From the Elements .....                                                 | 111  |
| Rotational Spectrum .....                                                                  | 90   | From Solutions .....                                                    | 112  |
| Dipole Moment .....                                                                        | 91   | Other Methods .....                                                     | 112  |
| Band Spectrum .....                                                                        | 91   | Special Forms .....                                                     | 112  |
| Dissociation .....                                                                         | 91   | Thermodynamic Data of Formation .....                                   | 113  |
| $\text{Sn}_2\text{Se}_2$ .....                                                             | 92   | <b>10.4.2 Crystallographic Properties</b> .....                         | 113  |
|                                                                                            |      | Crystal Structure .....                                                 | 113  |
|                                                                                            |      | Type of Bond .....                                                      | 113  |
|                                                                                            |      | <b>10.4.3 Mechanical and Thermal Properties</b> .....                   | 114  |
|                                                                                            |      | Density .....                                                           | 114  |
|                                                                                            |      | Melting Point .....                                                     | 114  |
|                                                                                            |      | Sublimation, Vaporization .....                                         | 114  |
|                                                                                            |      | Thermodynamic Functions .....                                           | 115  |
|                                                                                            |      | Thermal Conductivity .....                                              | 115  |