

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

Sc, Y, La–Lu SELTENERDELEMENTE

Teil B 5

Sc, Y, La und Lanthanide

System-Nummer 39

1978

.4073
69(8)
39/B-5

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

Sc, Y, La–Lu SELTENERDELEMENTE

Teil B 5

Sc, Y, La und Lanthanide

Darstellung, Anreicherung und Abtrennung der Isotope
(Sc, Y, La bis Sm)

HAUPTREDAKTEUR

Hans Karl Kugler

REDAKTEUR

Rudolf Keim

WISSENSCHAFTLICHER
MITARBEITER

Hildegard Wendt

System-Nummer 39



Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1978

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

E. LELL, LINZ, ÖSTERREICH

DIE LITERATUR IST BIS 1976 AUSGEWERTET
IN EINIGEN FÄLLEN DARÜBER HINAUS

LITERATURE CLOSING DATE: 1976
IN SOME CASES MORE RECENT DATA HAVE BEEN CONSIDERED

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

Library of Congress Catalog Card Number: Agr 25-1383

ISBN 3-540-93371-9 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York
ISBN 0-387-93371-9 Springer-Verlag, New York · Heidelberg · Berlin

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

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser 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 1978

LN-Druck Lübeck

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

8th Edition

Bisher erschienene Bände zu „Seltenerdelemente“ (Syst.-Nr. 39)

Volumes published on "Rare Earth Elements" (Syst.-No. 39)

Seltene Erden A 1

Einleitender Überblick. Geschichtliches. Vorkommen – 1938

Seltenerdelemente A 2

Scandium: Geschichtliches. Vorkommen – 1973

Seltenerdelemente B 1

Sc, Y, La und Lanthanide: Geschichtliches. Stellung im Periodensystem. Abtrennung aus den Rohstoffen – 1976

Seltenerdelemente B 2

Sc, Y, La und Lanthanide: Trennung der Seltenerdelemente voneinander und Darstellung der Reinelemente – 1976

Seltenerdelemente B 3

Sc, Y, La und Lanthanide: Physikalische Eigenschaften der Metalle – 1974

Seltenerdelemente B 4

Sc, Y, La und Lanthanide: Eigenschaften der Kerne, Atome, Moleküle – 1976

Seltenerdelemente B 5

Sc, Y, La und Lanthanide: Darstellung, Anreicherung und Abtrennung der Isotope (Sc, Y, La bis Sm) – 1978 (vorliegender Band)

Seltenerdelemente C 1

Sc, Y, La und Lanthanide: Hydride. Oxide – 1974

Seltenerdelemente C 2

Sc, Y, La und Lanthanide: Verbindungen mit H + O, Alkalimetall + O, N sowie den zugehörigen Alkalidoppelverbindungen – 1974

Seltenerdelemente C 3

Sc, Y, La und Lanthanide: Fluoride, Oxidfluoride sowie zugehörige Alkalidoppelverbindungen – 1976

Seltenerdelemente C 5

Sc, Y, La und Lanthanide: Oxidchloride Hydroxidchloride Salze der Chlorsauerstoffsäuren und Alkalichlorometallate – 1977

Seltenerdelemente C 6

Sc, Y, La und Lanthanide: Bromide Jodide Entsprechende basische Halogenide Salze der Halogensauerstoffsäuren und Alkalidoppelsalze – 1978

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

KURATORIUM (ADVISORY BOARD)

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

DIREKTOR

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

STELLVERTRETENDER DIREKTOR

Dr. W. Lippert

HAUPTREDAKTEURE (EDITORS IN CHIEF)

Dr. K.-C. Buschbeck, Ständiger Hauptredakteur

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

MITARBEITER (STAFF)

Z. Amerl, D. Barthel, Dr. N. Baumann, I. Baumhauer, R. Becker, Dr. K. Beeker, Dr. W. Behrendt, Dr. L. Berg, Dipl.-Chem. E. Best, M. Brandes, E. Brettschneider, E. Cloos, Dipl.-Phys. G. Czack, I. Deim, L. Demmel, Dipl.-Chem. H. Demmer, R. Dombrowsky, R. Dowideit, Dipl.-Chem. A. Drechsler, Dipl.-Chem. M. Drößmar, I. Eifler, M. Engels, Dr. H.-J. Fachmann, I. Fischer, J. Füßel, Dipl.-Ing. N. Gagel, Dipl.-Chem. H. Gedschold, E. Gerhardt, Dipl.-Phys. D. Gras, Dr. V. Haase, 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, E.-M. Kaiser, Dipl.-Chem. W. Karl, H.-G. Karrenberg, Dipl.-Phys. H. Keller-Rudek, Dipl.-Phys. E. Koch, Dr. E. Koch, Dipl.-Chem. K. Koeber, H. Koppe, Dipl.-Chem. H. Köttelwesch, R. Kolb, E. Kranz, L. Krause, Dipl.-Chem. I. Kreuzbichler, Dr. A. Kubny, Dr. N. Kuhn, Dr. P. Kuhn, M.-L. Lenz, Dr. A. Leonard, Dipl.-Chem. H. List, H. Mathis, K. Mayer, E. Meinhard, Dr. P. Merlet, K. Meyer, M. Michel, Dr. A. Mirtsching, K. Nöring, C. Pielenz, E. Preißer, I. Rangnow, Dipl.-Phys. H.-J. Richter-Ditten, Dipl.-Chem. H. Rieger, E. Rudolph, G. Rudolph, Dipl.-Chem. S. Ruprecht, Dipl.-Chem. D. Schneider, Dr. F. Schroder, Dipl.-Min. P. Schubert, Dipl.-Ing. H. Somer, E. Sommer, Dr. P. Stieß, M. Teichmann, Dr. W. Topper, Dr. B. v. Tschirschnitz-Geibler, Dipl.-Ing. H. Vanecek, Dipl.-Chem. P. Velić, Dipl.-Ing. U. Vetter, Dipl.-Phys. J. Wagner, R. Wagner, Dipl.-Chem. S. Waschk, Dr. G. Weinberger, Dr. H. Wendt, H. Wiegand, C. Wolff, K. Wolff, Dr. A. Zelle, U. Ziegler, G. Zosel

FREIE MITARBEITER (CORRESPONDENT MEMBERS OF THE SCIENTIFIC STAFF)

Dr. A. Bohne, Dr. W. Kästner, Dr. I. Kubach, Dr. K. Rumpf, Dr. U. Trobisch

AUSWÄRTIGE WISSENSCHAFTLICHE MITGLIEDER
(CORRESPONDENT MEMBERS OF THE INSTITUTE)

Prof. Dr. Hans Bock

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

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

Vorwort

Der vorliegende Band „Seltenerdelemente“ B 5 bringt den ersten Teil des Kapitels „Darstellung, Abtrennung und Anreicherung der Isotope des Sc, Y, La und der Lanthanide“. Insgesamt sind etwa 350 Nuklide bekannt. Einige sind von großer Bedeutung, weil sie bei der Urankernspaltung auftreten und als unerwünschte Reaktorgifte entfernt werden müssen.

Nach einem kurzen Abschnitt über die Trennung der stabilen Isotope behandelt der Hauptteil die instabilen Isotope. Er beginnt mit den Verwendungsmöglichkeiten der radioaktiven Isotope. Es folgt die Beschreibung der Verfahren zur gemeinsamen Abtrennung der Seltenerdelemente-Isotope und zur Trennung der einzelnen Elemente voneinander.

Der größte Abschnitt bringt die Kernreaktionen zur Darstellung und die Abtrennungsvorgänge der einzelnen Nuklide, geordnet nach Elementen bis einschließlich Samarium. Im folgenden Band „Seltenerdelemente“ B 6 wird das Kapitel fortgesetzt, beginnend mit dem Europium. Dort folgt ein Abschnitt über die Entfernung der radioaktiven Isotope aus Wasser und anderen Materialien zum Zweck der Dekontaminierung. Zusätzlich wird der nächste Band ein Kapitel über Nachweis und Bestimmung einiger wichtiger Nuklide bringen.

Die Häufigkeit der stabilen Isotope in den natürlichen Elementen ist in „Seltenerdelemente“ B 1 wiedergegeben. Physikalische Daten, einschließlich Halbwertszeiten sämtlicher Nuklide s. „Seltenerdelemente“ B 4.

Frankfurt am Main
Juli 1978

Hans Karl Kugler

Preface

The volume "Seltenerdelemente" B 5 presents the first part of the chapter on preparation, separation, and enrichment of isotopes of Sc, Y, La, and the lanthanides. In total there are around 350 nuclides known. Some are of importance because they arise in the fission of uranium and, as reactor poisons, must be removed.

The volume begins with a short section on the separation of stable isotopes. A larger section describes the separation of the unstable isotopes. It begins with uses of radioactive isotopes, continues with the separation of the rare earth group, and ends with the separation of the individual elements from another. The largest section treats the preparation from nuclear reactions and the separation of the individual nuclides. The nuclides are arranged by element. In volume B 5 this section stops with samarium.

The next volume of the series, B 6, will continue the section from europium. It will then have a section on the removal of radioactive isotopes from water and other materials, i.e., decontamination. In addition, it will have a chapter on the qualitative and quantitative analysis of the more important nuclides.

The abundance of the stable isotopes is in "Seltenerdelemente" B 1, and the physical properties, including the half-lives for all nuclides, is in volume B 4.

Frankfurt am Main
July 1978

Hans Karl Kugler

Umrechnungsfaktoren für physikalische Einheiten

Table of Conversion Factors

Kraft (force)	N	dyn	kg
1 N (Newton)	1	10 ⁵	0.1019716
1 dyn	10 ⁻⁵	1	1.019716 × 10 ⁻⁶
1 kg	9.80665	9.80665 × 10 ⁵	1

Druck (pressure)	Pa	bar	kg/m ²	at	atm	Torr	lb/in ²
1 Pa (Pascal) = 1 N/m ²	1	10 ⁻⁵	1.019716 × 10 ⁻¹	1.019716 × 10 ⁻⁵	0.986923 × 10 ⁻⁵	0.750062 × 10 ⁻²	145.038 × 10 ⁻⁶
1 bar = 10 ⁵ dyn/cm ²	10 ⁵	1	10.19716 × 10 ³	1.019716	0.986923	750.062	14.5038
1 kg/m ² = 1 mm H ₂ O	9.80665	0.980665 × 10 ⁻⁴	1	10 ⁻⁴	0.967841 × 10 ⁻⁴	0.735559 × 10 ⁻¹	1.42233 × 10 ⁻³
1 at = 1 kg/cm ²	0.980665 × 10 ⁵	0.980665	10 ⁴	1	0.967841	735.559	14.2233
1 atm = 760 Torr	101 325	1.01325	1.033227 × 10 ⁴	1.033227	1	760	14.69595
1 Torr = 1 mm Hg	133.3224	1.333224 × 10 ⁻³	13.59510	1.359510 × 10 ⁻³	1.315789 × 10 ⁻³	1	19.3368 × 10 ⁻³
1 lb/in ² = 1 psi	6.89476 × 10 ³	68.9476 × 10 ⁻³	703.070	70.3070 × 10 ⁻³	68.0460 × 10 ⁻³	51.7128	1

Energie (work, energy, heat)	J	kWh	kcal	Btu	MeV
1 J (Joule) = 1 Ws = 1 Nm = 10 ⁷ erg	1	2.778 × 10 ⁻⁷	2.388 × 10 ⁻⁴	9.478 × 10 ⁻⁴	6.242 × 10 ¹²
1 kWh	3.6 × 10 ⁶	1	859.845	3412.14	2.247 × 10 ¹⁹
1 kcal	4186.8	1.163 × 10 ⁻³	1	3.96832	2.614 × 10 ¹⁶
1 Btu (British thermal unit)	1055.06	2.931 × 10 ⁻⁴	0.251996	1	6.586 × 10 ¹⁵
1 MeV	1.602 × 10 ⁻¹³	4.45 × 10 ⁻²⁰	3.82 × 10 ⁻¹⁷	1.518 × 10 ⁻¹⁵	1

Leistung (power)	kW	PS	kg m/s	kcal/s
1 kW = 10 ¹⁰ erg/s	1	1.35962	101.9716	0.238846
1 PS	0.735499	1	75	0.1757
1 kg m/s	9.807 × 10 ⁻³	0.0133333	1	2.342 × 10 ⁻³
1 kcal/s	4.1868	5.692	426.939	1

nach: Kraftwerk Union Information. Technical and Economic Data on Power Engineering. Mülheim (Ruhr) 1978.

Literatur:

- 1) International Union of Pure and Applied Chemistry. Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units. Butterworth, London 1970.
- 2) The International System of Units (SI). National Bureau of Standards Spec. Publ. 330. 1972 Edition.
- 3) H. Ebert (Hrsg.), Physikalisches Taschenbuch. 5. Aufl. Vieweg, Wiesbaden 1976.
- 4) F. W. Küster, A. Thiel, K. Fischbeck, Logarithmische Rechentafeln. 101. Aufl., W. de Gruyter, Berlin 1972.
- 5) E. Padelt, H. Laporte, Einheiten und Größenarten der Naturwissenschaften. 3. Aufl. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1976.
- 6) H. J. Gray, A. Isaacs, A New Dictionary of Physics. 2. Aufl. Longman, London 1975, S. 587/98.
- 7) Balser, Kayser, Das internationale System der Einheiten. Umrechnungsfaktoren aller englischen und deutschen Maßeinheiten in das SI. Verlag Heisler, Stuttgart 1967.
- 8) J. F. Cordes, Das neue internationale Einheitensystem, Naturwissenschaften 59 [1972] 177/82.

Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page V)

	Seite
1 Darstellung, Abtrennung und Anreicherung von Isotopen des Sc, Y, La und der Lanthaniden.	1
Vorbemerkung	1
 1.1 Anreicherung und Trennung der stabilen Isotope.	 1
Allgemeines	1
1.1.1 Elektromagnetische Trennung	1
1.1.2 Weitere Anreicherungs- und Trennverfahren	4
 1.2 Darstellung, Abtrennung und Anreicherung von instabilen Isotopen.	 4
1.2.1 Allgemeines	5
1.2.2 Handhabung, Strahlenschutz	5
1.2.3 Verwendung der Isotope	8
Sc-Isotope	8
Y-Isotope	8
La-Isotope	10
Ce-Isotope	10
Pm-Isotope	11
Sm-Isotope	14
Eu-Isotope	14
Gd-Isotope	15
Tb- und Dy-Isotope	15
Er-Isotope	15
Tm-Isotope	16
Yb-Isotope	17
 1.2.4 Gemeinsame Abtrennung der Nuklide von Seltenerdelementen	 17
Allgemeines	18
Gemeinsame Abtrennung durch Fällung und Mitfällung	18
Abtrennung durch Fällung als Fluoride oder Hydroxide	19
Abtrennung durch Fällung als Oxalate	20
Weitere Fällungsmethoden	21
Gemeinsame Abtrennung durch Auskristallisieren und Mitkristallisation	22
Gemeinsame Abtrennung durch chromatographische Methoden	22
Durch Ionenaustausch	22
Durch Extraktionschromatographie	25
Durch weitere chromatographische Methoden	26

	Seite
Gemeinsame Abtrennung durch Extraktion	26
Gemeinsame Abtrennung durch Extraktion aus Schmelzen	29
Weitere Methoden zur gemeinsamen Abtrennung	30
1.2.5 Trennung der Seltenerdelemente-Nuklide voneinander	32
Durch Anionenaustauscher	32
Durch Kationenaustauscher	33
Allgemeines	33
Milchsäure (oder Lactate) als Elutionsmittel	33
α -Hydroxy-isobuttersäure als Elutionsmittel	34
Citronensäure als Elutionsmittel	35
Weitere Elutionsmittel	35
Weitere Trennmethoden	37
Aufarbeitung der einzelnen Fraktionen	38
Elektromagnetische Trennung der Fraktionen in die Isotope	39
1.2.6 Darstellung und Abtrennung einzelner instabiler Isotope	40
Allgemeines	40
Sc-Isotope	40
Allgemeines	41
Gewinnung von ^{42m}Sc und ^{43}Sc	41
Gewinnung von ^{44m}Sc und ^{44}Sc	42
Gewinnung von ^{46}Sc	44
Aus Calcium	44
Aus Scandium	45
Aus Titan	45
Weitere Bildungsweisen	46
Gewinnung von ^{47}Sc	47
Aus Calcium	47
Aus Titan	48
Weitere Bildungsweisen	48
Gewinnung von ^{48}Sc	49
Aus Calcium	49
Aus Titan	50
Aus Vanadium	50
Gewinnung von ^{49}Sc , ^{50}Sc und ^{51}Sc	51
Bildung und Abtrennung von Isotopengemischen des Sc	52
Aus Calcium	52
Aus Titan	52
Weitere Bildungsweisen	53
Y-Isotope	55
Allgemeines	55
Gewinnung von Y-Isotopen der Massenzahlen 82 bis 85	55
Gewinnung von ^{86}Y und ^{86m}Y	57
Gewinnung von ^{87}Y und ^{87m}Y	58
Aus Rubidium	58
Aus Strontium	58
Weitere Bildungsweisen	59
Gewinnung von ^{88}Y	60
Aus Rubidium	60
Aus Strontium	60

Aus Yttrium	61
Aus Zirkonium	61
Aus Molybdän	62
Aus Rhodium	62
Aus Tantal	62
Aus Uran	62
Reinigung und Reinheitsprüfung	62
Gewinnung von ^{90}Y und $^{90\text{m}}\text{Y}$	63
Aus Rubidium	64
Aus Strontium	64
Gewinnung aus Yttrium	71
Gewinnung aus Zirkonium oder Niob	72
Gewinnung aus Uran	73
Herstellung von ^{90}Y -Strahlungsquellen	73
Reinheitsprüfung von ^{90}Y -Präparaten	74
Gewinnung von $^{90\text{m}}\text{Y}$	75
Gewinnung von ^{91}Y	76
Gewinnung von Y-Isotopen der Massenzahlen 92 bis 95	77
Gewinnung von ^{96}Y und ^{97}Y	80
Bildung und Abtrennung von Isotopengemischen des Y	80
La-Isotope	82
Allgemeines	82
Gewinnung von La-Isotopen der Massenzahlen 124 bis 138	82
Gewinnung von ^{140}La	84
Aus Barium (^{140}La - ^{140}Ba -Trennung)	85
Aus Lanthan oder aus Cer	88
Aus Thorium, Uran oder Transuranen	88
Reinigung und Reinheitsprüfung von ^{140}La -Präparaten	90
Gewinnung von ^{141}La , ^{142}La und ^{143}La	90
Gewinnung von La-Isotopen mit Massenzahlen über 143	92
Abtrennung von Isotopengemischen des La	92
Ce-Isotope	93
Allgemeines	93
Allgemeine Methoden zur Abtrennung von Ce-Aktivität aus Spaltproduktegemischen	94
Gewinnung von Ce-Isotopen der Massenzahlen 129 bis 139	95
Die Isotope $^{137\text{m}}\text{Ce}$ und ^{137}Ce	97
Das Isotop ^{139}Ce	98
Gewinnung von ^{141}Ce	99
Aus Barium	99
Aus Cer oder anderen Seltenerdelenenten	100
Aus Thorium	101
Aus Uran	101
Aus weiteren Actiniden	103
Reinigung von ^{141}Ce -Präparaten	103
Gewinnung von ^{143}Ce	103
Gewinnung von ^{144}Ce	105
Gewinnung aus Spaltproduktegemischen	105
Aus Thorium	105
Aus Uran	105
Aus weiteren Actiniden	107
Gewinnung und Entfernung von ^{144}Ce aus hochaktiven Abfallösungen	108
Besondere Formen des ^{144}Ce . Strahlungsquellen	110
Reinigung und Reinheitsprüfung von ^{144}Ce -Präparaten	110

	Seite
Gewinnung von Ce-Isotopen mit Massenzahlen über 144	112
Bildung und Abtrennung von Isotopengemischen des Ce	114
Pr-Isotope	115
Allgemeines	115
Gewinnung von Pr-Isotopen der Massenzahlen 132 bis 142	115
Aus Jod	115
Aus Cer	115
Aus Praseodym	116
Aus Neodym	116
Aus Europium	116
Aus Gadolinium, Aus Erbium	117
Aus Tantal	117
Aus Gold	117
Aus Uran	117
Das Isotop ^{142}Pr	118
Gewinnung von ^{143}Pr	119
Gewinnung von ^{144}Pr	120
Gewinnung von Pr-Isotopen der Massenzahlen 145 bis 150	121
Nd-Isotope	122
Gewinnung von Nd-Isotopen der Massenzahlen 134 bis 141	123
Das Isotop $^{139\text{m}}\text{Nd}$	124
Das Isotop ^{140}Nd	125
Das Isotop ^{141}Nd	126
Gewinnung von ^{147}Nd	127
Nd-Isotope mit Massenzahlen über 147	129
Abtrennung von Isotopengemischen des Nd	130
Pm-Isotope	131
Allgemeines	131
Gewinnung von Pm-Isotopen der Massenzahlen 139 bis 142	131
Gewinnung von Pm-Isotopen der Massenzahlen 143 bis 146	132
Gewinnung von ^{147}Pm	134
Aus Seltenerdelementen	134
Aus Uran	135
Gewinnung aus Abfällösungen	137
Herstellung von ^{147}Pm -Strahlungsquellen	138
Reinigung und Reinheitsprüfung von ^{147}Pm -Präparaten	139
Gewinnung von ^{148}Pm und $^{148\text{m}}\text{Pm}$	140
Gewinnung von Pm-Isotopen mit Massenzahlen über 148	142
Abtrennung von Isotopengemischen des Pm	143
Sm-Isotope	145
Allgemeines	145
Gewinnung von Sm-Isotopen der Massenzahlen 140 bis 142	145
Gewinnung von ^{143}Sm und $^{143\text{m}}\text{Sm}$	146
Gewinnung von ^{148}Sm , ^{148}Sm , ^{147}Sm und ^{151}Sm	147
Gewinnung von ^{153}Sm	149
Gewinnung von Sm-Isotopen mit Massenzahlen über 153	150
Abtrennung von Isotopengemischen des Sm	152

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

	Page
1 Preparation, Separation, and Enrichment of Sc, Y, La, and Lanthanide Isotopes	1
Remarks in English	1
1.1 Enrichment and Separation of Stable Isotopes	1
General in English	1
1.1.1 Electromagnetic Separation	1
1.1.2 Other Enrichment and Separation Methods	4
1.2 Preparation, Separation, and Enrichment of Unstable Isotopes	4
1.2.1 General in English	4
1.2.2 Handling. Radiation Protection	5
1.2.3 Use of Isotopes	8
Review in English	8
Sc Isotopes	8
Y Isotopes	8
La Isotopes	10
Ce Isotopes	10
Pm Isotopes	11
Sm Isotopes	14
Eu Isotopes	14
Gd Isotopes	15
Tb and Dy Isotopes	15
Er Isotopes	15
Tm Isotopes	16
Yb Isotopes	17
1.2.4 Simultaneous Separation of Rare Earth Nuclides	17
General in English	17
Separation by Precipitation and Coprecipitation	18
By Precipitation as Fluorides or Hydroxides	19
By Precipitation as Oxalates	20
Other Precipitation Methods	21
By Crystallization and Cocrystallization	22
By Chromatographic Methods	22
By Ion Exchange	22
By Reserved-phase Chromatography	25
By Other Chromatographic Methods	26

	Page
By Extraction	26
By Extraction from Melts	29
Other Methods for Simultaneous Separation	30
1.2.5 Separation of Rare Earth Nuclides from Each Other	32
By Anion Exchangers	32
By Cation Exchangers	33
General in English	33
Lactic Acid or Lactates as Eluent	33
α -Hydroxy-isobutyric Acid as Eluent	34
Citric Acid as Eluant.	35
Other Eluants	35
Other Separation Methods	37
Processing Individual Fractions	38
Electromagnetic Separation of the Fractions in the Isotopes	39
1.2.6 Preparation and Separation of Individual Unstable Isotopes	40
General in English	40
Sc Isotopes	40
General in English	40
Recovery of ^{42m}Sc and ^{43}Sc	41
Recovery of ^{44m}Sc and ^{44}Sc	42
Recovery of ^{46}Sc	44
From Calcium	44
From Scandium	45
From Titanium	45
Other Formation Methods	46
Recovery of ^{47}Sc	47
From Calcium	47
From Titanium	48
Other Formation Methods	48
Recovery of ^{48}Sc	49
From Calcium	49
From Titanium	50
From Vanadium	50
Recovery of ^{49}Sc , ^{50}Sc , and ^{51}Sc	51
Formation and Separation of Isotope Mixtures of Sc	52
From Calcium	52
From Titanium	52
Other Formation Methods	53
Y Isotopes	55
General in English	55
Recovery of Y Isotopes of Mass Numbers 82 to 85	55
Recovery of ^{86}Y and ^{86m}Y	57
Recovery of ^{87}Y and ^{87m}Y	58
From Rubidium	58
From Strontium	58
Other Formation Methods	59
Recovery of ^{88}Y	60
From Rubidium	60
From Strontium	60

From Yttrium	61
From Zirconium	61
From Molybdenum	62
From Rhodium	62
From Tantalum	62
From Uranium	62
Purification and Purity Testing	62
Recovery of ^{90}Y and $^{90\text{m}}\text{Y}$	63
From Rubidium	64
From Strontium	64
Recovery from Yttrium	71
Recovery from Zirconium or Niobium	72
Recovery from Uranium	73
Preparation of ^{90}Y Radiation Sources	73
Purity Testing of ^{90}Y Preparations	74
Recovery of $^{90\text{m}}\text{Y}$	75
Recovery of ^{91}Y	76
Recovery of Y Isotopes with Mass Numbers 92 to 95	77
Recovery of ^{95}Y and ^{97}Y	80
Formation and Separation of Y Isotope Mixtures	80
La Isotopes	82
General in English	82
Recovery of La Isotopes with Mass Numbers 124 to 138	82
Recovery of ^{140}La	84
From Barium	85
From Lanthanum or from Cerium	88
From Thorium, Uranium, or Transuranium Elements	88
Purification and Purity Testing of ^{140}La Preparations	90
Recovery of ^{141}La , ^{142}La , and ^{143}La	90
Recovery of La Isotopes with Mass Numbers above 143	92
Separation of Isotopic La Mixtures	92
Ce Isotopes	93
General in English	93
General Methods for Separation of Ce Activity from Fission Products	94
Recovery of Ce Isotopes with Mass Numbers 129 to 139	95
The Isotopes $^{137\text{m}}\text{Ce}$ and ^{137}Ce	97
The Isotope ^{139}Ce	98
Recovery of ^{141}Ce	99
From Barium	99
From Cerium or Other Rare Earth Elements	100
From Thorium	101
From Uranium	101
From Other Actinides	103
Purification of ^{141}Ce Preparations	103
Recovery of ^{143}Ce	103
Recovery of ^{144}Ce	105
Recovery from Fission Products	105
From Thorium	105
From Uranium	105
From Other Actinides	107
Recovery and Removal of ^{144}Ce from Highly-radioactive Liquid Wastes	108
General in English	108
Special Forms of ^{144}Ce . Radiation Sources	110
Purification and Purity Testing of ^{144}Ce Preparations	110

	Page
Recovery of Ce Isotopes with Mass Numbers above 144	112
Formation and Separation of Ce Isotope Mixtures	114
Pr Isotopes	115
General in English	115
Separation of Pr Isotopes with Mass Numbers 132 to 142	115
From Iodine	115
From Cerium	115
From Praseodymium	116
From Neodymium	116
From Europium	116
From Gadolinium. From Erbium	117
From Tantalum	117
From Gold	117
From Uranium	117
The ^{142}Pr Isotope	118
Recovery of ^{143}Pr	119
Recovery of ^{144}Pr	120
Recovery of Pr Isotopes with Mass Numbers 145 to 150	121
Nd Isotopes	122
Recovery of Nd Isotopes with Mass Numbers 134 to 141	123
The Isotope $^{139\text{m}}\text{Nd}$	124
The Isotope ^{140}Nd	125
The Isotope ^{141}Nd	126
Recovery of ^{147}Nd	127
Nd Isotopes with Mass Numbers above 147	129
Separation of Nd Isotope Mixtures	130
Pm Isotopes	131
General	131
Recovery of Pm Isotopes with Mass Numbers 139 to 142	131
Recovery of Pm Isotopes with Mass Numbers 143 to 146	132
Recovery of ^{147}Pm	134
From Rare Earth Elements	134
From Uranium	135
Recovery from Liquid Wastes	137
Preparation of ^{147}Pm Radiation Sources	138
Purification and Purity Testing of ^{147}Pm Preparations	139
Recovery of ^{148}Pm and $^{148\text{m}}\text{Pm}$	140
Recovery of Pm Isotopes with Mass Numbers above 148	142
Separation of Isotope Mixtures of Pm	143
Sm Isotopes	145
General	145
Recovery of Sm Isotopes with Mass Numbers 140 to 142	145
Recovery of ^{143}Sm and $^{143\text{m}}\text{Sm}$	146
Recovery of ^{145}Sm , ^{146}Sm , ^{147}Sm , and ^{151}Sm	147
Recovery of ^{153}Sm	149
Recovery of Sm Isotopes with Mass Numbers above 153	150
Separation of Sm Isotope Mixtures	152