

HANDBUCH DER MEDIZINISCHEN  
RADIOLOGIE

ENCYCLOPEDIA  
OF MEDICAL RADIOLOGY

HERAUSGEGEBEN VON · EDITED BY

L. DIETHELM O. OLSSON F. STRNAD  
MAINZ LUND FRANKFURT/M.

H. VIETEN A. ZUPPINGER  
DUSSELDORF BERN

BAND/VOLUME XVI  
TEIL/PART 2



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1971

ALLGEMEINE STRAHLEN-  
THERAPEUTISCHE METHODIK  
TEIL 2

METHODS AND PROCEDURES  
OF RADIATION THERAPY  
PART 2

VON · BY

O. DAHL · L. E. FARR · S. O. FEDORUK · P. F. HAHN · U. K. HENSCHKE  
B. S. HILARIS · H. KUTTIG · D. G. MAHAN · L. D. MARINELLI · B. MÅRTENSON  
A. PERUSSIA · J. S. ROBERTSON · K. E. SCHEER · L. SUNDBOM · R. WALSTAM  
T. A. WATSON · G. WEITZEL · G. P. WELCH

REDIGIERT VON · EDITED BY

**H. VIETEN**   **F. WACHSMANN**

DÜSSELDORF

MÜNCHEN

MIT 291 ABBILDUNGEN  
WITH 291 FIGURES



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1971

ISBN 978-3-662-38742-9      ISBN 978-3-662-39629-2 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-39629-2

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

Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1971  
Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1971.  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1971

Library of Congress Catalog Card Number 62-22437. — Die  
Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk 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.

Gesamtherstellung Universitätsdruckerei H. Stürtz AG, Würzburg

## Vorwort

Bereits im Vorwort zu Band XVI/1 dieses Handbuches wurde darauf hingewiesen, wie sehr die Möglichkeit der Strahlentherapie durch die Einführung der in Beschleunigern erzeugten ultraharten Strahlungen und die Anwendung der von künstlichen Radionukliden ausgehenden Strahlungen erweitert worden sind.

Der vorerwähnte Band beschränkte sich auf die Grundlagen der Strahlentherapie und behandelt nur die Methoden der Strahlentherapie mit Röntgenstrahlen. Im Gegensatz hierzu werden in dem hier vorliegenden Band jetzt die Möglichkeiten der Therapie mit Corpuscularstrahlen, d. h. schnellen Elektronen, energiereichen Neutronen und schweren Teilchen, wie Protonen und Deuteronen beschrieben. Außerdem enthält der zweite Band zum Thema Methoden der Strahlentherapie in zahlreichen von auf den einzelnen Spezialgebieten besonders erfahrenen Autoren verfaßten Beiträgen Beschreibungen über die Therapie mit Strahlungen, die von den künstlich erzeugten radioaktiven Stoffen ausgehen. Hierzu gehört vor allem die Telegammatherapie mit  $^{60}\text{Co}$  und  $^{137}\text{Cs}$ , die Nahbestrahlung und Kontaktbestrahlung mit umschlossenen radioaktiven Stoffen, die interstitielle Implantationstherapie, sowie die Therapie mit inkorporierten, offenen Radionukliden. Viele dieser Methoden haben sich in jahrelanger Praxis bereits bestens bewährt und sind aus der modernen Strahlentherapie nicht mehr wegzudenken. Ihre Technologie wurde eingehend beschrieben. Andere Methoden sind vielleicht geeignet, in der Zukunft Eingang in die Praxis zu finden und deshalb nicht weniger interessant.

Der vorliegende Band enthält außerdem einen Abschnitt über die Bewegungsbestrahlung, da diese Technik in gleicher Weise mit konventionellen und ultraharten Röntgenstrahlen als auch mit den Gammastrahlen künstlicher Radionuklide und ultraharten Röntgenstrahlen von Beschleunigern durchgeführt werden kann. Schließlich sind in ihm auch noch zum Thema gehörige Beiträge allgemeiner Art enthalten, die z. B. den Strahlenschutz bei der Anwendung von Radionukliden oder die Bestrahlungsplanung betreffen. Letztgenanntes Thema, über das bereits im ersten Teil des Bandes XVI im Abschnitt „Grundlagen der strahlentherapeutischen Methoden“ einiges gesagt wurde, erschien uns in Anbetracht seiner Wichtigkeit für die moderne Strahlentherapie wert, nochmals ausführlicher behandelt zu werden!

Alle Ausführungen sind so abgefaßt, daß sie nicht nur dem, der sie unmittelbar anwenden will, nützliche Angaben vermitteln; sie sind auch für denjenigen interessant, der sich über die Möglichkeiten der neuen Techniken nur allgemein informieren möchte.

Wir hoffen, daß dieses Ziel zu erreichen, allen Autoren dieses Handbuchbandes, denen wir für ihre verständnisvolle Mitarbeit großen Dank schulden, gelungen sein möge.

Düsseldorf und München, Januar 1971

H. VIETEN und F. WACHSMANN

## Preface

The Preface to Vol. XVI/1 already mentioned how very much the prospects for radiotherapy have been extended by the introduction of ultrahard radiation produced in accelerators, and by the use of radiation from artificial radionuclides.

The earlier volume did not go beyond the basic principles of radiotherapy and dealt only with methods of treatment with X-rays. By contrast, the present volume describes the potential for treatment with corpuscular radiation, i.e. fast electrons, high-energy neutrons and heavy particles such as protons and deuterons. This volume contains in addition many articles concerned with radiotherapeutic methods, contributed by authors having extensive experience of the various special areas who describe treatment with radiations produced by manufactured radioactive materials. Foremost among these is telegamma therapy with  $^{60}\text{Co}$  and  $^{137}\text{Cs}$ , also short-range and contact radiation with encapsulated radioactive materials, interstitial implantation and therapy with incorporated, open radionuclides. Many of these methods have given excellent results over a number of years and modern radiology would be inconceivable without them. Their technology has been described in detail. Other methods may perhaps be suitable for future use and are hence no less interesting.

The present volume also includes a section on rotation therapy, a technique which can be applied equally well with conventional and ultrahard X-rays or with the gamma rays of man-made radionuclides and ultrahard X-rays from accelerators. And finally, it contains other articles related to the subject in a general way, such as radiation shielding when radionuclides are being used, or the planning of radiotherapy. The last-named topic, of which mention has already been made in Vol. XVI/1 under the title "Foundations of Methodology in Radiotherapy", seemed to us in view of its importance for modern radiotherapy to merit an additional and more detailed discussion.

All the contributions were planned so as to be both helpful to anyone wishing to make direct use of the data they contain and of interest to readers who seek to be informed in a general way of the potentialities offered by the new techniques.

We hope that the authors who have contributed to this volume of the encyclopedia have succeeded in the above aim and we owe them grateful thanks for their intelligent cooperation.

Düsseldorf and Munich, January 1971

H. VIETEN and F. WACHSMANN

## Inhaltsverzeichnis — Contents

<b>A. Therapie mit Corpuscularstrahlen . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>1. Therapie mit schnellen Elektronen. Von G. WEITZEL . . . . .</b>	<b>1</b>
a) Überblick über die Entwicklung der Elektronentherapie . . . . .	1
b) Physikalische Grundlagen der Elektronentherapie . . . . .	5
$\alpha$ ) Erzeugung schneller Elektronen. Therapiegeräte . . . . .	5
$\beta$ ) Verhalten schneller Elektronen in Materie . . . . .	8
$\gamma$ ) Dosisverteilung schneller Elektronen im Gewebe . . . . .	9
c) Allgemeine therapeutische Technik . . . . .	20
$\alpha$ ) Anpassung der Dosisverteilung an die Herdbedingungen . . . . .	20
$\beta$ ) Bestrahlungsplanung . . . . .	52
$\gamma$ ) Dosismittlung und Dosiskontrolle . . . . .	57
$\delta$ ) Strahlenschutzprobleme . . . . .	57
Literatur . . . . .	58
<b>2. Neutron capture therapy. By L. E. FARR and J. S. ROBERTSON . . . . .</b>	<b>68</b>
a) Historical background . . . . .	68
$\alpha$ ) Neutron therapy with fast neutrons . . . . .	68
$\beta$ ) Neutron capture therapy. . . . .	69
b) Physics . . . . .	71
$\alpha$ ) Neutrons . . . . .	71
$\beta$ ) Neutron capture target elements . . . . .	73
$\gamma$ ) Dosimetry . . . . .	74
c) Reactor . . . . .	77
$\alpha$ ) Influence of medical requirements in reactor design criteria. . . . .	77
$\beta$ ) The Brookhaven National Laboratory Medical Research Reactor (BNL-MRR) . . . . .	78
d) Pharmacology of carrier compounds . . . . .	81
$\alpha$ ) Toxicity . . . . .	81
$\beta$ ) Distribution and excretion . . . . .	82
$\gamma$ ) Boron compounds. . . . .	82
$\delta$ ) Synergistic and antagonistic action of carrier compound and common drugs . . . . .	83
$\epsilon$ ) Boron doses used in neutron capture therapy . . . . .	83
e) Present clinical procedure for neutron capture therapy . . . . .	83
$\alpha$ ) Preparation . . . . .	84
$\beta$ ) Boron injection . . . . .	84
$\gamma$ ) Period for boron distribution . . . . .	85
$\delta$ ) Neutron exposure period . . . . .	86
$\epsilon$ ) Immediate post treatment management . . . . .	86
f) Results and discussion . . . . .	87
g) Summary . . . . .	89
h) Zusammenfassung . . . . .	89
References . . . . .	90
<b>3. Therapy with high-energy heavy particles. By G. P. WELCH . . . . .</b>	<b>93</b>
a) Introduction . . . . .	93
b) Properties of heavy particles . . . . .	93
$\alpha$ ) Mass and charge . . . . .	93
$\beta$ ) Dose versus depth . . . . .	93
$\gamma$ ) Range and energy. . . . .	94
$\delta$ ) Scattering . . . . .	94
c) Source of high-energy particles . . . . .	95
d) Pituitary irradiation therapy at Berkeley. . . . .	96
$\alpha$ ) Rationale . . . . .	96
$\beta$ ) Equipment and irradiation procedure . . . . .	97

e) Radiosurgery at Uppsala . . . . .	105
f) Therapy with the Bragg peak . . . . .	105
g) Possible radiotherapeutics with negative pions . . . . .	106
References . . . . .	107
<b>B. Bestrahlung mit radioaktiven Stoffen . . . . .</b>	<b>110</b>
<b>1. Dosimetry. By L. D. MARINELLI . . . . .</b>	<b>110</b>
a) Characteristics of radioactive substances . . . . .	110
$\alpha$ ) General law of radioactive decay . . . . .	110
$\beta$ ) Modes of radioactive decay . . . . .	111
$\gamma$ ) Radiations emitted by radioactive substances . . . . .	113
$\delta$ ) Standardization of radioactive substances . . . . .	114
b) Principles of dosimetry . . . . .	117
$\alpha$ ) Definitions and units . . . . .	117
$\beta$ ) $\gamma$ -radiations . . . . .	119
$\gamma$ ) $\beta$ -radiations . . . . .	123
$\delta$ ) $\alpha$ -radiations . . . . .	127
c) General nature of dosimetric problems in clinical practice . . . . .	128
$\alpha$ ) Influence of gross metabolism on internal dose . . . . .	128
$\beta$ ) The cumulative dose . . . . .	129
$\gamma$ ) The integral dose . . . . .	130
References . . . . .	132
<b>2. Kontaktbestrahlung mit radioaktiven Stoffen. Von K. E. SCHEER . . . . .</b>	<b>136</b>
a) Einleitung . . . . .	136
b) Kontaktbestrahlung mit $\beta$ -Strahlen . . . . .	137
$\alpha$ ) Anwendung in der Ophthalmologie . . . . .	137
$\beta$ ) Anwendung in der Dermatologie . . . . .	143
$\gamma$ ) Intrakavitäre $\beta$ -Bestrahlung . . . . .	146
c) Kontaktbestrahlung mit $\gamma$ -Strahlen . . . . .	146
$\alpha$ ) Dermatologische Bestrahlungen . . . . .	146
$\beta$ ) Intrakavitäre Bestrahlungen . . . . .	148
Literatur . . . . .	156
<b>3. Interstitielle Implantation. Von U. K. HENSCHKE, B. S. HILARIS und D. G. MAHAN . . . . .</b>	<b>160</b>
a) Nomenklatur . . . . .	160
b) Vorteile . . . . .	160
c) Nachteile . . . . .	162
d) Indikationen . . . . .	162
e) Methoden . . . . .	163
$\alpha$ ) Temporäre direkte Nadelimplantation . . . . .	165
$\beta$ ) Temporäre Nadelimplantation mit Nachladen . . . . .	166
$\gamma$ ) Temporäre direkte Implantation mit Hohlfäden . . . . .	167
$\delta$ ) Temporäre Implantation mit Nylonhohlfäden und Nachladen . . . . .	168
$\epsilon$ ) Permanente Implantation mit Einzelträgern . . . . .	169
$\zeta$ ) Permanente Implantation mit Einzelträgern und Nachladen . . . . .	170
$\eta$ ) Permanente Implantation mit einer Pistole mit linearem Magazin . . . . .	171
$\theta$ ) Permanente Implantation mit Pistole mit Trommelmagazin . . . . .	172
f) Radioisotope für interstitielle Implantate . . . . .	172
$\alpha$ ) Halbwertszeit . . . . .	173
$\beta$ ) $\alpha$ -Emission . . . . .	174
$\gamma$ ) $\beta$ -Emission . . . . .	174
$\delta$ ) $\gamma$ -Emission . . . . .	174
$\epsilon$ ) Herstellung . . . . .	174
$\zeta$ ) Spezifische Aktivität . . . . .	175
$\eta$ ) Die gebräuchlichen Radioisotope . . . . .	175
g) Zukunft der interstitiellen Implantation . . . . .	178
h) Zusammenfassung . . . . .	179
Literatur . . . . .	179

<b>4. Irradiation with open (incorporated) radio-isotopes.</b> By P. F. HAHN . . . . .	181
a) General part . . . . .	181
$\alpha$ ) Methods of administration . . . . .	182
$\beta$ ) Dosimetry . . . . .	183
b) Selective therapy . . . . .	184
$\alpha$ ) Radioiodine in hyperthyroidism . . . . .	184
$\beta$ ) Radioiodine in palliative treatment of angina pectoris . . . . .	186
$\gamma$ ) Radioiodine in treatment of cancer of thyroid . . . . .	186
$\delta$ ) Use of $^{32}\text{P}$ in treatment of polycythemia vera . . . . .	187
$\epsilon$ ) $^{32}\text{P}$ in treatment of chronic leukemias . . . . .	189
$\zeta$ ) Intravenous colloids ( $^{198}\text{Au}$ ) and suspensions ( $\text{Cr}^{32}\text{PO}_4$ ) in treatment of diseases of the reticulo-endothelial system . . . . .	189
c) Infiltrative therapy. Use of insoluble colloids and suspensions . . . . .	190
$\alpha$ ) Prostatic cancer . . . . .	190
$\beta$ ) Cancer of the cervix . . . . .	191
$\gamma$ ) Bladder tumors . . . . .	191
$\delta$ ) Non-resectable lung tumor . . . . .	192
$\epsilon$ ) Carcinoma of breast . . . . .	192
$\zeta$ ) Miscellaneous carcinomas and sarcomas . . . . .	192
d) Intracavitary therapy . . . . .	193
$\alpha$ ) $^{198}\text{Au}$ colloids in management of peritoneal ascites and pleural effusions . . . . .	193
$\beta$ ) Silver-coated $^{198}\text{Au}$ colloids in treatment of pleural effusions . . . . .	194
$\gamma$ ) Prophylactic use of radiocolloids postoperatively to prevent seeding of cancer . . . . .	195
$\delta$ ) Radioactive chromic phosphate and $^{90}\text{Y}$ as substitutes for $^{198}\text{Au}$ colloids . . . . .	195
$\epsilon$ ) Silver-coated radioactive gold colloids as adjuvants to pneumonectomy or lobectomy in treatment of bronchogenic carcinoma by lymph node irradiation . . . . .	196
$\zeta$ ) Intracystic use of $^{198}\text{Au}$ , $^{24}\text{Na}$ and $^{82}\text{Br}$ isotopes in bladder tumors . . . . .	197
References . . . . .	198
<b>5. Short-distance gamma beam therapy.</b> By O. DAHL, B. MÄRTENSON and R. WALSTAM . . . . .	200
a) Introduction . . . . .	200
b) Treatment units . . . . .	200
$\alpha$ ) Teleradium units . . . . .	200
$\beta$ ) Radioisotope units . . . . .	201
c) Physical properties of the radiation beam . . . . .	204
$\alpha$ ) Depth dose . . . . .	204
$\beta$ ) "Build-up" and skin-sparing effect . . . . .	204
$\gamma$ ) Isodose contours . . . . .	206
d) Treatment methods . . . . .	206
$\alpha$ ) Coplanar fields . . . . .	206
$\beta$ ) Treatment jigs . . . . .	208
$\gamma$ ) Three-dimensional planning . . . . .	208
$\delta$ ) Overlapping-field technique . . . . .	211
$\epsilon$ ) Simplified treatment methods . . . . .	212
e) General considerations . . . . .	213
References . . . . .	214
<b>6. Teletherapy with artificial radioactive substances.</b> By T. A. WATSON and S. O. FEDORUK . . . . .	215
a) Types of source . . . . .	216
b) Physical factors . . . . .	217
$\alpha$ ) Spectral distributions . . . . .	217
$\beta$ ) Depth dose . . . . .	218
$\gamma$ ) Isodose distributions . . . . .	219
$\delta$ ) Surface dose . . . . .	219
$\epsilon$ ) Integral dose . . . . .	220
$\zeta$ ) Differential absorption . . . . .	221
c) Unit of dose . . . . .	222
d) Biological factors . . . . .	222



e) Practical application . . . . .	223
$\alpha$ ) Fixed field therapy . . . . .	223
$\beta$ ) Rotation therapy . . . . .	227
$\gamma$ ) Placement films . . . . .	229
f) General considerations . . . . .	230
References . . . . .	232
<b>7. Strahlenschutz beim Umgang mit radioaktiven Stoffen. Von A. PERUSSIA . . . . .</b>	<b>234</b>
a) Schutzmaßnahmen bei der Verwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin . . . . .	234
$\alpha$ ) Einführung . . . . .	234
$\beta$ ) Aufgaben des Strahlenschutzes, I.C.R.P.-Empfehlungen . . . . .	235
$\gamma$ ) Die hauptsächlichsten Gefahrenquellen . . . . .	238
b) Grundsätze des Strahlenschutzes bei medizinischer Anwendung radioaktiver Substanzen . . . . .	239
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	239
$\beta$ ) Unterschiedliche Gefahrenklassen für die verschiedenen Radionuklide . . . . .	241
$\gamma$ ) Einteilung der Radioisotopenlaboratorien . . . . .	242
c) Laboratoriumseinrichtungen für das Arbeiten mit offenen radioaktiven Präparaten . . . . .	243
$\alpha$ ) Einführung . . . . .	243
$\beta$ ) Anordnung und Ausstattung der Laboratorien der Klasse B . . . . .	244
$\gamma$ ) Besondere Einrichtungen . . . . .	244
d) Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung radioaktiver Substanzen . . . . .	245
$\alpha$ ) Umschlossene Quellen . . . . .	245
$\beta$ ) Offene Radionuklide . . . . .	247
e) Besondere Probleme . . . . .	248
$\alpha$ ) Verwendung von Überwachungsgeräten zur Kontrolle der radioaktiven Kontamination . . . . .	248
$\beta$ ) Lagerung und Transport radioaktiver Substanzen innerhalb des Krankenhauses . . . . .	251
$\gamma$ ) Beseitigung radioaktiver Abfälle . . . . .	251
Literatur . . . . .	253
<b>C. Bewegungsbestrahlung. Von H. KUTTIG . . . . .</b>	<b>255</b>
<b>1. Die Entwicklung der Bewegungsbestrahlung . . . . .</b>	<b>255</b>
<b>2. Methoden der Bewegungsbestrahlung . . . . .</b>	<b>259</b>
a) Rotationsbestrahlung . . . . .	260
b) Teilrotations- oder Pendelbestrahlung . . . . .	262
c) Schrägrotation . . . . .	264
d) Konvergenzbestrahlung . . . . .	265
$\alpha$ ) Kegelkonvergenzbestrahlung . . . . .	265
$\beta$ ) Spiralkonvergenzbestrahlung . . . . .	265
$\gamma$ ) Horizontal-Kegelkonvergenzbestrahlung . . . . .	268
$\delta$ ) Pendelkonvergenzbestrahlung . . . . .	269
$\epsilon$ ) Transaxiale Pendelkonvergenzbestrahlung . . . . .	273
$\zeta$ ) Doppelfeld-Feldausblendung . . . . .	273
$\eta$ ) Streustrahlenreziproke Feldausblendung . . . . .	277
e) Translationsbestrahlung . . . . .	277
$\alpha$ ) Horizontaltranslation . . . . .	277
$\beta$ ) Pendeltranslation . . . . .	279
f) Stratitherapie . . . . .	283
g) Pencil-beam-Therapie . . . . .	285
h) Konformationsbestrahlung . . . . .	286
i) Tangentialrotation (Schalenbestrahlung) . . . . .	289
j) Bewegungsbestrahlung mit Ausgleichsfilter . . . . .	291
k) Gitter- oder Sieb-Bewegungsbestrahlung . . . . .	294
l) Mehrfelder-Bewegungsbestrahlung . . . . .	295
<b>3. Bewegungsbestrahlung mit ultraharten Photonen . . . . .</b>	<b>296</b>
a) Kobalt-60-Teletherapie . . . . .	298
b) Ultraharte Röntgenstrahlen . . . . .	301
<b>4. Bewegungsbestrahlung mit hochenergetischen Elektronen . . . . .</b>	<b>304</b>
a) Oberflächentherapie . . . . .	304
b) Tiefentherapie . . . . .	305
<b>5. Physikalische und geometrische Grundlagen der Bewegungsbestrahlung . . . . .</b>	<b>312</b>
a) Die Dosisverteilung beeinflussende Faktoren . . . . .	312
$\alpha$ ) Strahlenqualität . . . . .	312
$\beta$ ) Focus-Abstand . . . . .	313

$\gamma$ ) Feldgröße . . . . .	313
$\delta$ ) Rotationswinkel . . . . .	313
$\epsilon$ ) Körperkonturen . . . . .	318
$\zeta$ ) Gewebedichte . . . . .	319
<b>6. Ermittlung der Herddosis . . . . .</b>	<b>321</b>
a) Dosierung nach Schablonen und Ableselinealen . . . . .	321
b) Rechnerische Methoden . . . . .	322
$\alpha$ ) Ermittlung der Herddosis aus dem „mittleren Fahrstrahl“ (KÖHLER) . . . . .	322
$\beta$ ) Ermittlung der Herddosis aus dem „mittleren Herdabstand“ . . . . .	322
$\gamma$ ) Ermittlung der Herddosis aus dem „Mittelwert der Herddosisleistungen“ . . . . .	323
$\delta$ ) Ermittlung der Herddosis aus dem „Herdabstandsverhältnis“ . . . . .	323
$\epsilon$ ) Berücksichtigung der Strahlenschwächung durch unterschiedlich dichtes Gewebe . . . . .	326
$\zeta$ ) Ermittlung der Herddosis aus dem Herd-Luftdosis-Verhältnis . . . . .	326
$\eta$ ) Indirekte Dosismessung am Patienten mit Hilfe der Durchgangsdosis . . . . .	326
$\theta$ ) Ermittlung der Herddosis bei Schalen- und Tangentialrotationsbestrahlung . . . . .	329
<b>7. Ermittlung der Oberflächendosis . . . . .</b>	<b>329</b>
<b>8. Methoden zur Ermittlung der Dosisverteilung . . . . .</b>	<b>330</b>
Literatur . . . . .	335
<b>D. Treatment planning. By L. SUNDBOM and R. WALSTAM . . . . .</b>	<b>352</b>
<b>1. Introduction . . . . .</b>	<b>352</b>
<b>2. General considerations . . . . .</b>	<b>353</b>
a) The aim in treatment planning . . . . .	353
b) Definitions . . . . .	354
c) Presentation of dose distributions . . . . .	355
d) Optimization . . . . .	356
<b>3. Topography in the treatment region . . . . .</b>	<b>357</b>
<b>4. Teletherapy . . . . .</b>	<b>362</b>
a) Dose distribution in standard phantoms . . . . .	363
$\alpha$ ) Unmodified radiation beams . . . . .	363
$\beta$ ) Modification of radiation beams . . . . .	364
$\alpha\alpha$ ) Standard filters . . . . .	364
$\beta\beta$ ) Individually designed filters . . . . .	365
$\gamma\gamma$ ) Field shaping arrangements . . . . .	366
b) Divergency from the standard conditions . . . . .	366
$\alpha$ ) Body contour . . . . .	366
$\alpha\alpha$ ) Correction methods . . . . .	367
$\beta\beta$ ) Compensation methods . . . . .	369
$\beta$ ) Body composition . . . . .	370
$\alpha\alpha$ ) Correction methods . . . . .	370
$\beta\beta$ ) Compensation methods . . . . .	372
c) Calculation of the dose distribution . . . . .	372
$\alpha$ ) Stationary beams . . . . .	372
$\alpha\alpha$ ) Manual calculations . . . . .	372
$\beta\beta$ ) Digital computer calculation . . . . .	372
$\gamma\gamma$ ) Analogue and hybrid computer calculation . . . . .	374
$\beta$ ) Moving beam . . . . .	374
d) Pre-determined dose distributions . . . . .	374
$\alpha$ ) Atlases of isodose charts . . . . .	374
$\beta$ ) Pre-calculated dose charts . . . . .	375
<b>5. Short distance gamma beam therapy . . . . .</b>	<b>375</b>
<b>6. Surface, interstitial and intracavitary application of sealed sources . . . . .</b>	<b>375</b>
<b>7. In vivo measurements . . . . .</b>	<b>376</b>
<b>8. Discussion . . . . .</b>	<b>377</b>
References . . . . .	377
Namenverzeichnis — Author Index . . . . .	381
Sachverzeichnis . . . . .	401
Subject Index . . . . .	423

## Mitarbeiter von Band XVI/2 — Contributors to Volume XVI/2

- Dr. OLOF DAHL, Radioterapeutiska kliniken, Centrallasarettet, Karlstad (Schweden)
- Dr. LEE E. FARR, Chief, Bureau of Emergency Medical Services, Department of Public Health, 2151 Berkeley Way, Berkeley, Calif. 94704 (U.S.A.)
- Dr. SYLVIA FEDORUK, University Hospital of Saskatoon, Dept. of Public Health, Saskatchewan Cancer Commission, 1040 University Drive, Saskatoon (Canada)
- Professor Dr. P. F. HAHN, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Washington, D. C. 200 (U.S.A.)
- Professor Dr. ULRICH K. HENSCHKE, Chairman, Department of Radiation Therapy, Howard University, College of Medicine and Freedmen's Hospital, Sixth and Bryant Streets N.W., Washington, D.C. 20006 (U.S.A.)
- Dr. B. S. HILARIS, Department of Radiation, Memorial Hospital, 444 E. 68th Street, New York, N.Y. (U.S.A.)
- Professor Dr. H. KUTTIG, Oberarzt im Czerny-Krankenhaus, Universitäts-Strahlenklinik, 69 Heidelberg, Voßstr. 3
- Dr. DAVID G. MAHAN, Howard University, College of Medicine and Freedmen's Hospital, Sixth and Bryant Streets N.W., Washington D.C. 20006 (U.S.A.)
- Professor Dr. L. D. MARINELLI, Argonne National Laboratory, 9700 South Cass Avenue, Argonne, Ill. 60439 (U.S.A.)
- Dr. BENGT MÄRTENSON, Radioterapeutiska kliniken, Centrallasarettet, Jönköping (Schweden)
- Professor Dr. ALDO PERUSSIA, via Comelico 2, 20135 Milano (Italien)
- Dr. JAMES S. ROBERTSON, Brookhaven National Laboratory for Associated Universities Inc., Upton, L.I., N.Y. 11973 (U.S.A.)
- Professor Dr. KURT E. SCHEER, Direktor des Instituts für Nuklearmedizin des Deutschen Krebsforschungszentrums, 69 Heidelberg, Berliner Straße 21
- Dr. LENNART SUNDBOM, Radiofysiska laboratoriet, Centrallasarettet, Eskilstuna (Schweden)
- Professor Dr. RUNE WALSTAM, Radiofysiska Institutionen, Karolinska Institutet, Stockholm 60 (Schweden)
- Professor Dr. T. A. WATSON, Head, Department of Therapeutic Radiology, University of Western Ontario. The Ontario Cancer Foundation London Clinic, Victoria Hospital, London (Canada)
- Dr. GÜNTER WEITZEL, Universitäts-Strahlenklinik (Czerny-Krankenhaus), 69 Heidelberg, Voßstr. 3
- Dr. GRAEME P. WELCH, Donner Laboratory of Biophysics University of California Berkeley, Calif. 94120 (U.S.A.)