

PSENNER-WACHTLER

**Radiotherapie
der Erkrankungen
des Nervensystems**

*Herausgegeben von Professor Dr. Hans Meyer
und Professor Dr. Josef Becker*

Mit 21 Abbildungen

**URBAN & SCHWARZENBERG
MÜNCHEN UND BERLIN**

057

Radiotherapie der Erkrankungen des Nervensystems

Von

Prof. Dr. Ludwig PSENNER und Dr. Franz WACHTLER

Assistenten am Zentral-Röntgeninstitut (Guido-Holzkecht-Institut)
der Universität Wien

Mit 21 Abbildungen



1960

VERLAG VON URBAN & SCHWARZENBERG
MÜNCHEN · BERLIN

Sonderbände zur Strahlentherapie

Herausgegeben von Prof. Dr. Hans Meyer/Marburg und Prof. Dr. Josef Becker/Heidelberg

Band 44

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, behalten sich Urheber und Verleger vor. Es ist insbesondere nicht gestattet, ohne Genehmigung des Verlages das Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen. © Urban & Schwarzenberg, München-Berlin.

Printed in Germany. Druck von Bartels & Wernitz, Berlin-Charlottenburg 1.

PSENNER/WACHTLER

Radiotherapie der Erkrankungen des Nervensystems

HERRN PROFESSOR DR. ERNST G. MAYER
IN VEREHRUNG

Vorwort

Die Strahlenbehandlung von Nervenleiden ist in den letzten Jahren in mancher Hinsicht etwas in den Hintergrund getreten, obwohl sie bei den verschiedensten neurologischen Affektionen Wertvolles zu leisten vermag. Seit der ausführlichen Bearbeitung der Röntgenbehandlung der Nervenleiden durch *Marburg* u. *Sgalitzer* im Jahre 1930 sind wesentliche neue Erkenntnisse auf strahlenbiologischem Gebiet gewonnen und neue Behandlungsmethoden besonders durch die Anwendung von radioaktiven Isotopen eingeführt worden. In der Zwischenzeit sind außerdem noch andere große technische Fortschritte erzielt worden, wodurch es möglich geworden ist, energiereichere Strahlen im Millionenvolt-Bereiche therapeutisch zur Anwendung zu bringen, während bis 1930 die Grenze von 200 Kilovolt kaum überschritten werden konnte.

Diese mannigfachen methodischen Neuerungen haben das Indikationsgebiet für die Radiotherapie der Erkrankungen des Nervensystems bisher nicht erweitern können. Das mag zum Teil wohl seinen Grund darin haben, daß neue wirksame Medikamente entwickelt wurden, die besonders bei der Behandlung der entzündlichen Erkrankungen mit der Strahlentherapie in Wettbewerb getreten sind. Die zunehmende klinische Erfahrung zeigt jedoch, daß die Strahlentherapie bei manchen nicht neoplastischen Affektionen bei Versagen der modernen medikamentösen Therapie mit Vorteil herangezogen werden kann. Bei einigen Indikationen ist die Strahlenbehandlung sogar immer noch die einzige therapeutische Maßnahme geblieben. In anderen Fällen läßt sich ein optimaler Behandlungserfolg erreichen, wenn z. B. Radiotherapie und Operation bzw. Radiotherapie und Antibiotika kombiniert werden. Im letzten Jahrzehnt gewinnt man aber aus der strahlentherapeutischen Praxis den Eindruck, daß bei manchen Neurologen auch die wertvollen Indikationen der Strahlenbehandlung der Nervenleiden in Vergessenheit geraten sind.

Dieser Umstand hat uns mit veranlaßt, auf Grund unseres Erfahrungsgutes und des einschlägigen Schrifttums in einer zusammenfassenden Darstellung auf die Leistungen der Radiotherapie bei vielen Nervenkrankheiten hinzuweisen. Wir haben uns bemüht, die Strahlenbehandlung und andere therapeutische Maßnahmen bei vielen Indikationen gegeneinander kritisch abzuwägen, wenngleich es natürlich nicht immer möglich war, scharfe Grenzen zu ziehen. Daher wird es zweckmäßig sein, daß Radiologen, Neurochirurgen und Neurologen eng zusammenarbeiten, um im Einzelfalle das beste Behandlungsverfahren festzulegen. Es ist hier wie in allen Sparten der Medizin nur von einer gemeinsamen Arbeit ein weiterer Fortschritt zu erwarten. Über Erfolg oder Mißerfolg nach durchgeführter Strahlentherapie wird in vielen Fällen nur der Neurologe

in objektiver Weise Aufschluß geben können. Andererseits fällt dem Radiologen die Aufgabe zu, auf Grund seiner klinischen Erfahrung und seiner strahlenbiologischen Kenntnisse die Art und das Maß der während einer Behandlungsserie auftretenden Reaktionen richtig einzuschätzen, um Fehlschläge von vornherein zu vermeiden.

Es war natürlich nicht möglich, alle einzelnen einschlägigen Veröffentlichungen zu berücksichtigen, doch haben wir getrachtet, insbesondere jene Arbeiten hervorzuheben, die neue Erkenntnisse gebracht haben oder sich mit seltenen Indikationsgebieten befassen. Unsere Ausführungen im allgemeinen Teil, die sich mit den physikalisch-technischen sowie strahlenbiologischen Grundlagen befassen, sind in erster Linie an den Neurologen gerichtet, um ihn mit dem strahlentherapeutischen Rüstzeug und der Wirkungsweise der ionisierenden Strahlen vertraut zu machen.

Wir sind Herrn Prof. Dr. Hans *Hoff*, dem Vorstand der Psychiatrisch-neurologischen Klinik der Universität Wien, für die enge Zusammenarbeit zu großem Dank verpflichtet und möchten es nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß unser umfangreiches neurologisches Krankengut fast zur Gänze aus seiner Klinik stammt. Herrn Prof. Dr. Ernst Georg *Mayer*, unserem Chef und Lehrer, danken wir für die zahlreichen Anregungen und die wertvolle Unterstützung, die er uns zuteil werden ließ. Herr Prof. Dr. Franz *Seitelberger* hat uns bei der Abfassung des klinisch-neurologischen Teiles unserer Arbeit in dankenswerter Weise beraten und uns auf Grund seiner reichen Erfahrung viele wertvolle Hinweise gegeben.

Wien, im Dezember 1959

L. Psenner *F. Wachtler*

Inhalt

Einleitung	1
------------------	---

ALLGEMEINER TEIL

1. Physikalisch-technische Grundlagen der Röntgen- und Gammastrahlentherapie	5
a) Entstehung der Röntgenstrahlen	5
b) Wechselwirkung zwischen Röntgenstrahlen und Materie	7
c) Strahlenfilterung und Charakterisierung der Strahlenqualität durch die Halbwertschicht (HWS)	11
d) Räumliche Verteilung der absorbierten Strahlenenergie	13
2. Korpuskularstrahlen	14
3. Strahlendosis und Dosismessung	19
4. Standardisierte Bestrahlungsverfahren	21
5. Allgemeine Methodik bei Bestrahlung intrakranieller und im Wirbelkanal gelegener Prozesse	29
6. Biologische Strahleneffekte mit besonderer Berücksichtigung des Nervensystems	34
7. Allgemeine Richtlinien bei der Bestrahlung neoplastischer und entzündlicher Prozesse	41
a) Tumorbestrahlung	42
b) Entzündungsbestrahlung	46

SPEZIELLER TEIL

I. Geschwulstkrankheiten	51
1. Einleitende Bemerkungen zur Strahlenbehandlung der Geschwulstkrankheiten	51
2. Bestrahlungstechnik bei endokraniellen Tumoren	54
3. Die einzelnen Hirntumoren	59
Astrozytome	59
Astroblastome	60
Oligodendrogliome	60
Spongioblastome	61
Glioblastome	62
Medulloblastome	63
Ependymome	63
Pinealome	64
Plexustumoren	64
Ganglienzellgeschwülste	65
Meningiome	65
Gefäßmißbildungen, Gefäßgeschwülste	66
Fibrome	67
Sarkome	67

Chondrome	68
Lipome	68
Melanoblastome	68
Hypophysentumoren	68
Kraniopharyngiome	70
Retinoblastome	70
4. Leukämische Infiltrate	71
5. Metastatische Hirngeschwülste	71
6. Tumoren des Schädelskelettes	72
a) Gutartige Tumoren	72
b) Bösartige Tumoren	72
c) Tumorartige Erkrankungen	73
a) Eosinophile Granulome	73
β) Lipoidgranulome	74
γ) Systemisierte Retikulosen (Letterer-Siwe)	74
7. Tumoren der Hirnnerven, des Rückenmarkes, der peripheren Nerven und des Grenzstranges	74
8. Tumoren des Achsenskelettes	76
a) Gutartige Tumoren	76
b) Bösartige Tumoren	78
9. Abschließende Bemerkungen über die bei Bestrahlung intrakranieller Tumoren gewonnenen Erfahrungen	79
II. Endokrine Erkrankungen	88
1. Dystrophia adiposogenitalis	88
2. Myasthenia gravis pseudoparalytica	89
3. Morbus Basedow	90
4. Klimakterische Beschwerden	92
III. Anlagemäßig bedingte doysontogenetische Prozesse	93
1. Syringomyelie	93
2. Tuberöse Sklerose	95
IV. Entzündliche Erkrankungen	96
1. Allgemeine Vorbemerkungen	96
2. Entzündliche Erkrankungen des Gehirns und des Rückenmarkes	97
a) Enzephalitis	97
Herdenzephalitis	97
Encephalitis epidemica (postenzephalitischer Parkinsonismus)	97
Hämorrhagische Leukoenzephalitis	98
Eitrige Enzephalitis	98
Luetische Enzephalitis (progressive Paralyse)	98
Granulomenzephalitis (entzündliche Retikulose)	99
Disseminierte Enzephalomyelitis (multiple Sklerose, diffuse Sklerose)	99
Encephalomyeloradiculitis (Guillain-Barré-Syndrom)	100

b) Myelitis	100
Poliomyelitis	100
Herdmyelitis	100
Metastatische Herdmyelitis	101
Tabes dorsalis	101
Syphilitische Spinalparalyse	101
3. Technik der Bestrahlung bei Enzephalitis und Myelitis	101
4. Entzündliche Erkrankungen der Hirn- und Rückenmarkshäute	103
a) Meningitis	103
b) Arachnitis spinalis	104
5. Entzündliche Erkrankungen der Hirn- und peripheren Nerven	105
Neuritis optica	105
Trigeminusneuralgie	105
Glossopharyngeusneuralgie	106
Wurzelneuralgien bzw. -neuritiden (Plexus cervicalis et brachialis)	106
Okzipitalneuralgie	107
Phrenikusneuralgie	107
Brachialgie	107
Ischialgie	107
Neuralgia spermatica	107
Kokzygodynie	107
Interkostalneuralgie	107
Mastodynie	107
Herpes zoster	107
V. Verschiedene neurologische Zustandsbilder	109
1. Hydrozephalus	109
2. Commotio cerebri	111
3. Liquorrhoe	111
4. Kopfschmerz	111
5. Phantomschmerz	112
6. Facialisparesse	113
VI. Degenerative Erkrankungen	114
Hirnatrophische Prozesse (Thrombangitis obliterans)	115
Amyotrophe Lateralsklerose	115
Progressive Muskeldystrophie	115
Progressive Bulbärparalyse	114
Spastische Spinalparalyse	115
Heredoataxie	115
VII. Epilepsie	116
VIII. Funktionelle Strahlentherapie	119
Raynaudsche Krankheit	121
Claudicatio intermittens	121
Akroparästhesien	122
Enuresis nocturna	122
Dienzephale Störungen	123

IX. Strahlenschäden	124
1. Allgemeine Strahlenschäden	124
a) Röntgen- oder Strahlenkater	124
b) Veränderungen im Blutbild nach Lokalbestrahlungen	125
2. Lokale Strahlenschäden	126
a) Haut und Anhangsgebilde	127
b) Gehirn, Rückenmark und periphere Nerven	128
3. Sonstige Spätschäden	134
4. Behandlung der Strahlenschäden	136
Schrifttum	137
Sachverzeichnis	147

Einleitung

Bereits 1896, also ein Jahr nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen, kam man zu der Erkenntnis, daß diese neuartigen Strahlen nicht nur diagnostisch von Nutzen seien, sondern auch mannigfache biologische Wirkungen hervorrufen und zu Heilzwecken verwendet werden könnten. Schon um die Jahrhundertwende lagen so reiche therapeutische Erfahrungen vor, daß die ersten Lehrbücher der Radiotherapie erscheinen konnten, in denen Methodik, Anwendungsgebiet und Erfolgsaussichten der Strahlenbehandlung erörtert, aber auch unerwünschte Nebenwirkungen erwähnt wurden, die damals freilich nicht allgemein auf die Röntgenstrahlen selbst bezogen wurden.

1896 beschrieb *Becquerel* Strahlen, die vom Uran ausgesandt werden und an denen ähnliche Eigenschaften festzustellen waren wie an den Röntgenstrahlen; zwei Jahre später extrahierten Pierre und Marya *Curie* mühsam aus einer Waggonladung Pechblendenschutt drei radioaktive Stoffe, die sie Polonium, Radium und Actinium nannten. Einer dieser Stoffe, das Radium, erlangte in kurzer Zeit als strahlentherapeutisches Agens ungeheure Bedeutung. Mit diesen zwei Großtaten war die natürliche Radioaktivität entdeckt und die Voraussetzung geschaffen, der Strahlentherapie eine neue Strahlenquelle nutzbar zu machen.

1934 erbrachte das Ehepaar Joliot-Curie den Nachweis, daß bei Bestrahlung von Aluminium mit α -Teilchen ein radioaktives Phosphorisotop entsteht, womit die künstliche Radioaktivität entdeckt war, die in den letzten Jahrzehnten das strahlentherapeutische Rüstzeug außerordentlich bereicherte und noch bereichert.

Die Bestrebungen, immer energiereichere Röntgenstrahlen zu erzeugen, mußten bis in die jüngere Zeit die 1000-kV-Grenze* respektieren, so daß die Gammastrahlung des Radiums durch Jahrzehnte hindurch die härteste, therapeutisch verfügbare Strahlung blieb. Erst durch die Erfindung des Betatron (*Kerst*, 1940) und der Elektronenschleuder (*Gund*, 1946) wurde es ermöglicht, Elektronen durch Beschleunigung im Magnetfeld mit Energien von vielen Millionen eV** auszustatten und sie entweder als schnelle Elektronen direkt therapeutisch zu verwenden oder sie an einer geeigneten Anode abzubremsen und Röntgenstrahlen zu erhalten, deren Energiequanten die der natürlichen und künstlichen γ -Strahler weit übertreffen.

* kV = Kilo-Volt = 1000 Volt.

** eV = Elektronen-Volt = die Energiemenge, die gewonnen wird, wenn 1 Elektron die Potentialdifferenz von 1 Volt durchleitet.

Nach der Einführung des Zyklotron (*Lawrence*, 1931) und seiner Weiterentwicklung zum Synchrotron, Bevatron und Cosmotron gelang es schließlich, schwere atomare Partikel (Protonen, Deuteronen, α -Teilchen) durch hochfrequente Wechselströme im Magnetfeld zu beschleunigen und ihnen kinetische Energien bis zu 1 Milliarde eV und mehr zu erteilen, so daß man nunmehr nahe an den Energiebereich der kosmischen Strahlung herangekommen ist.

Die große Vielfalt der zur Verfügung stehenden Strahlen ändert aber nichts an der Tatsache, daß die biologischen Effekte, die mit den einzelnen Strahlenarten erzielt werden, in qualitativer Hinsicht keine wesentlichen Unterschiede aufweisen oder mit anderen Worten, man kann unter entsprechenden Bedingungen mit den verschiedensten Strahlenarten die gleichen therapeutischen Effekte erreichen.

In der Radiotherapie der Erkrankungen des Nervensystems werden vorwiegend Röntgenstrahlen der herkömmlichen Qualitäten verwendet, sie sollen daher an erster Stelle besprochen werden.

ALLGEMEINER TEIL

1. Physikalisch-technische Grundlagen der Röntgen- und Gammastrahlentherapie

Es besteht nicht die Absicht, alle Probleme der Röntgenphysik auch nur in den Grundzügen zu behandeln. Das Hauptgewicht muß bei der Besprechung eines so begrenzten Teilgebietes der Strahlenheilkunde, wie der Radiotherapie des Nervensystems, auf Fragen der Indikation, der Methodik, auf Sichtung der klinischen Erfahrungen und der Erfolgszahlen und auf die Erörterung der Behandlungskomplikationen gelegt werden. Da die Röntgenstrahlen, wie schon erwähnt, wesentlich häufiger als andere ionisierende Strahlungen zur Behandlung von Nervenleiden herangezogen werden, ist eine kurze Darstellung der Entstehung der Röntgenstrahlen, ihrer Ausbreitung in der Materie und ihrer Wechselwirkung mit Stoffen, die sie durchdringen, unerlässlich. Weiterhin müssen dosimetrische Probleme behandelt werden, während im Hinblick auf rein technische Fragen auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen werden muß.

a) Entstehung der Röntgenstrahlen

Röntgenstrahlen entstehen, wenn schnell fliegende Elektronen plötzlich abgebremst werden, daher die Bezeichnung *Bremsstrahlen*. Zur Herstellung schnell bewegter Elektronen dienten früher Kathodenstrahlröhren, in denen bei stark erniedrigtem Gasdruck und angelegter Hochspannung ein Elektronenstrom von der Kathode zur Antikathode einsetzt und dort abgebremst wird. Ein solches Gasentladungsrohr ermöglichte es *Röntgen*, die nach ihm benannten Strahlen zu entdecken.

Heutzutage werden aber Glühkathodenröhren zur Erzeugung von Röntgenstrahlen verwendet (Abb. 1); sie bestehen aus einem Vakuumgefäß aus Glas, in welches die Kathode mit dem Glühfaden (Glühkathode) und die Anode hineinragen. Durch einen eigenen Heizstrom wird die Kathode glühend gemacht, wodurch Elektronenemission stattfindet. Die nötige kinetische Energie wird den Elektronen durch Anlegung einer Hochspannung verliehen, die in der Röhre ein elektrisches Feld zwischen Kathode und Anode erzeugt, das die Elektronen mit hoher Geschwindigkeit durchfliegen, bis sie an der Anode plötzlich abgebremst werden, wobei größtenteils Wärme, zum kleineren Teil Röntgenstrahlung entsteht, deren Menge also von der Heizstromstärke, der Hochspannung und auch von der stofflichen Zusammensetzung und Form der Anode bzw. des Brennfleckes abhängt, jenes Teiles der Anode, auf welchen die gebündelte Elektronenstrahlung auftrifft. Die Röhrenhaube aus stark strahlenabsorbierenden Stoffen darf nur einen kleinen Abschnitt, nämlich das Röhrenfenster freilassen, damit nur durch dieses Röntgenstrahlen in entsprechender Menge austreten können, während an den übrigen Abschnitten

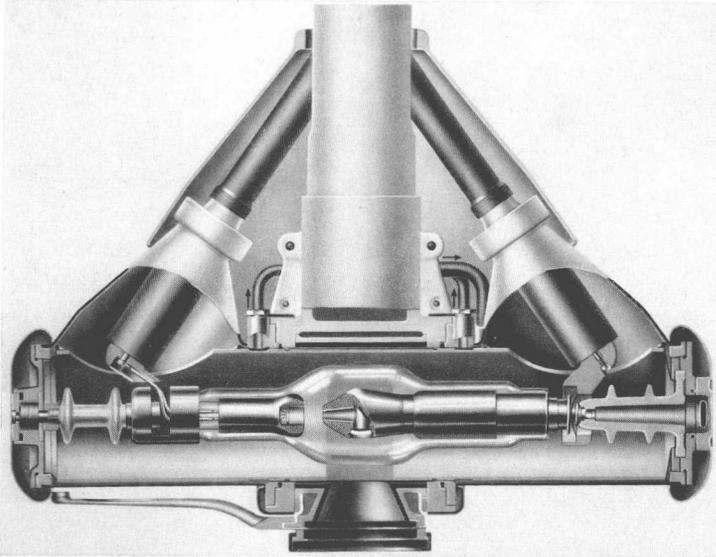


Abb. 1. Schnitt durch eine Ölhaube mit eingesetzter Therapie-Röhre, Siemens-Reiniger-Werke, Erlangen. Im obigen Bild ist in der Röhre links die Kathode mit der Glühspirale und rechts die Anode mit dem Strahlenschutzkopf ersichtlich; der letztere enthält achsial die Öffnung für die eintretenden Elektronen und in Richtung zum Haubenfenster die Austrittsöffnung für das Nutzstrahlenbündel. Strahlenschutzkopf und Bleibelag der Haube geben gemeinsam den erforderlichen Strahlenschutz. Eine Ölumlaufrückführung führt die Wärme der Anode ab, so daß diese auch im Dauerbetrieb bis zur Grenzlast von 220 kV bzw. 20 mA betrieben werden kann.

der Haubenoberfläche nur eine gemäß den Strahlenschutzbestimmungen unbedenkliche Strahlenmenge meßbar sein darf. Auch aus Gründen des Hochspannungsschutzes wird die Röntgenröhre in einer solchen Schutzhaube untergebracht, die zugleich Strahlenschutz gewährt. Da der größte Teil der der Röhre zugeführten Energie in Wärme umgewandelt wird, muß für Wärmeabfuhr gesorgt werden (z. B. durch Wasser- oder Ölkühlung).

Wie schon erwähnt, muß an die Röhre Hochspannung angelegt werden, damit die von der Kathode emittierten Elektronen rasch von der Anode angezogen werden. Die Hochspannung wird in Transformatoren erzeugt. Zwischen Röntgenröhre und Transformator sind Gleichrichter geschaltet, die das Hochspannungsfeld in der Röhre möglichst konstant erhalten und wesentlich zur Verbesserung der Röhrenleistung beitragen. Abb. 2 zeigt die Anordnung des Transformators und des Gleichrichters.

Die Gammastrahlung, die beim Zerfall natürlicher und künstlicher radioaktiver Isotope abgegeben wird, liegt mit ihrem Spektrum innerhalb jenes der Röntgenstrahlen. Daher besitzt sie die gleichen charakteristischen Eigenschaften wie die Röntgenstrahlen und hat auch die gleiche Wirkung in physikalischer und biologischer Hinsicht.