

H. Sack

Geschichte der Strahlentherapie in Deutschland

Entdeckung der Strahlen

Am Ende des 19. Jahrhunderts veränderte die rasch aufeinander folgende Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen, der natürlichen Radioaktivität durch Henri Becquerel und des Radiums durch Marie und Pierre Curie die Welt der Physik, der Biologie und der Medizin für immer. Im Dezember 1895 berichtete Röntgen über „Eine neue Art von Strahlen“ (Röntgen 1898), 1896 entdeckte Becquerel die natürliche Radioaktivität und 1898 stellten die Curies erstmals Polonium und später reines Radium dar. Die vier Wissenschaftler gehörten zu den ersten, deren Entdeckungen durch einen Nobelpreis gewürdigt wurden.

Es ist gut bekannt, dass diese drei Entdeckungen eine unmittelbare und revolutionäre Wirkung auf die Vorstellung der Menschheit von ihrer Welt hatten. Auch jetzt, an der Wende zum 21. Jahrhundert, erleben wir eine ähnlich revolutionäre Entwicklung. Als Meilenstein, bedeutender noch als die Landung des Menschen auf dem Mond, wurde die Grobentzifferung des menschlichen Erbguts gefeiert. Die eigentliche wissenschaftliche Arbeit beginnt allerdings erst, doch so viel lässt sich heute schon sagen: das Zeitalter einer individualisierten Medizin auf der Basis der genetischen Forschung wird anbrechen. In diesem Spannungsfeld, in diesen 100 Jahren, hat sich die Radioonkologie als eine neue Disziplin der Medizin entwickelt.

Die eingangs genannten Entdeckungen lösten eine intensive wissenschaftliche Forschung zu einem besseren Verständnis der submikroskopischen Strukturen der Materie aus und führten zur Entwicklung neuer Werkzeuge für die Untersuchung des Universums. Nur selten hat ein wissenschaftliches Ereignis so großes Aufsehen erregt, wie die Entdeckung der Röntgenstrahlen. Über die Natur der Strahlen wusste man zunächst fast nichts. Auch Röntgen selbst hatte keine genaue Vorstellung davon, was er da eigentlich

entdeckt hatte. Umso gründlicher aber machte er sich an die experimentelle Untersuchung dieses seltsamen Etwas, das er zunächst „Agens“, dann einfach nur „X-Strahlen“ nannte. Die weitere Entwicklung kann hier nur mit einigen Schlagworten aufgezeigt werden: Erstellung des Atommodells, Entdeckung der Wellennatur der Röntgenstrahlen, die Entdeckung der Röntgeninterferenzen an Kristallen, die Röntgenstrahlen als Schrittmacher der Atomphysik, die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Chemie und Biochemie, der Paläontologie und Biologie, der Archäologie und Anthropologie, der Röntgenastronomie und der Analysen in der Kunst und der Materialprüfung.

Wir wissen auch, dass die Ärzte sofort die Bedeutung der X-Strahlen für diagnostische Zwecke begriffen, wie sie Röntgen schon 1895 in seinem Vortrag vor der physikalischen Gesellschaft in Würzburg mit der Röntgenaufnahme der Hand des Anatomen Kölliker aufgezeigt hatte. Verschiedene Personen haben später den Anspruch erhoben, zu den ersten Anwendern der Röntgenstrahlen in der medizinischen Diagnostik zu gehören. Die rasche Ausbreitung der neuen Technik möchte ich beispielhaft an dem Buch aufzeigen, das ein Kriegsjournalist, kein Geringerer als Winston Spencer Churchill, schrieb. In der „Geschichte der Malakand-Feldtruppe“ berichtet er, dass ein Röntgengerät im August 1897 in ein Feldlazarett am Fuße des Himalaja gebracht wurde, um nach einer Kugel im Körper eines verwundeten Offiziers zu suchen. Das war 20 Monate nach der ersten Beschreibung der Strahlen durch Röntgen. Auch Sir Winston wurde ein Nobelpreisträger, allerdings in einer ganz anderen Disziplin, der Literatur, im Jahre 1953.

Ebenfalls rasch entdeckte man, dass die geheimnisvollen Strahlen auch biologische Wirkungen aufwiesen. Ein Hersteller von „Lampen und Röhren“ in Chicago beanspruchte, als erster Röntgenstrahlen für therapeutische Zwecke bereits im Januar 1896 einge-

setzt zu haben. Viele Kliniker begannen, Röntgenstrahlen und Radium in der Dermatologie einzusetzen. Als Begründer der therapeutischen Anwendungen gilt der Wiener Dermatologe Leopold Freund (Freund 1903), der im November 1896 zehn Tage lang zwei Stunden täglich ein behaartes Muttermal auf dem Rücken eines achtjährigen Mädchens bestrahlte. Im Jahre 1956 wurde die inzwischen 64-jährige Frau nachuntersucht, das Foto aus diesem Jahr zeigte, dass der Erfolg der Strahlenbehandlung bis dahin anhielt. Die Haut war haarlos und zeigte hyperkeratotische Veränderungen. Das Strahlenulcus war verheilt (Fuchs und Hofbauer 1966). Die möglicherweise erste dokumentierte Heilung eines bösartigen Tumors mit Strahlen war die Behandlung einer Frau mit einem Hautkrebs an der Nase, der durch Stenbeck in Stockholm 1899 bestrahlt wurde (Lenmalm 1900). Die Patientin erhielt über drei Monate lang täglich Bestrahlungen. Das Ergebnis war auch 30 Jahre später noch kosmetisch beeindruckend (Berven 1962).

Nach 1900 rückte die Behandlung der Leukämie und tief liegender Tumoren in den Mittelpunkt des medizinischen Interesses. Ein weiteres wichtiges Experimentierfeld für den Ausbau der Tiefentherapie bildete die Gynäkologie, insbesondere die Bestrahlung von Blutungsanomalien bei Myomen. Als extreme Vertreter der neuen Methode galten die Erlanger Gynäkologen Seitz und Wintz, die um 1920 für die Verabreichung höchster Strahlendosen in einer einzigen Sitzung plädierten (Seitz und Wintz 1920). In der Gynäkologie nahm auch der Einsatz des Radiums einen raschen Aufschwung. Radium ließ sich in die Tiefe des Körpers in Kontakt zum Tumor bringen und konnte dort seine Wirkung ohne gravierende Nebenwirkungen entfalten.

Der therapeutische Einsatz der Röntgenstrahlen war stets vom Wissen um die Gefährlichkeit der Strahlen überschattet. Die Kenntnis der Schwere der Schäden wuchs mit der Dauer der Anwendung. 1896 rechnete man vor allem mit Haarausfall, Hautverbrennungen und Hautstörungen. Später setzte sich die Erkenntnis durch, dass Röntgenstrahlen Sterilität und Krebs verursachen und zu Veränderungen im Blut und in den blutbildenden Organen führten. 1927 beschrieb der amerikanische Genetiker Hermann J. Muller schließlich den Einfluss der Röntgenstrahlen auf das Erbgut und die dadurch bedingten genetischen Veränderungen (Muller 1927). Interessant ist es zu beobachten, dass diese gerade genannten Nebenwirkungen sich im Bewusstsein der Patienten und Ärzte bis heute gehalten haben, obwohl sie in der modernen

Radioonkologie eher von untergeordneter Bedeutung sind.

Entwicklung der apparativen und technischen Grundlagen

Die Röntgenstrahlen wurden in den ersten Jahren aus nahe liegenden Gründen überwiegend in der Dermatologie eingesetzt, die Notwendigkeit, den Strahlenschutz zu beachten, war noch nicht bekannt. Die Konstruktion der Röntgenröhren wurde rasch verbessert, über eine Filterung und dadurch mögliche Aufhärtung der Strahlung wurde erstmals 1905 von Perthes berichtet (Perthes 1905). Er beschrieb, dass die Tiefendosis mit 1 mm Al-Filterung ansteigt. Albers-Schönberg verwendete zwei bis vier Lagen Rehleder als Filter und setzte einen Kompressionstube ein. Er benutzte einen Fokus-Haut-Abstand von 35 cm und eine Einzelfeld-Technik für Tumoren im Bereich des Beckens. Gauss führte die Mehrfeld-Technik (bis zu 50 Felder) für Beckenbestrahlungen ein und arbeitete mit 20 cm FHA und Aluminium- oder 0,5-mm-Kupferfiltern (Gauss 1956). 1913 entwickelte Coolidge die Glühkathodenröhre und die Antikathode aus Wolfram; diese wesentliche Weiterentwicklung der Röhrentechnik führte zu einer größeren, gleichmäßigeren und besser reproduzierbaren Strahlenausbeute. Die Röhren waren aus Gründen der elektrischen Sicherheit und des Strahlenschutzes in Strahlenhauben untergebracht. Sie wurden in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts ständig weiterentwickelt, an bestimmte Einsatzgebiete angepasst und auch für intrakavitäre Anwendungen konstruiert.

Wohl bekannt waren in den ersten Jahren auch die Nachteile der Orthovolt-Therapie: große Oberflächendosis, steiler Abfall der Tiefendosis und hohe Strahlenabsorption im Knochen. Verschiedenste Anstrengungen, z. B. mit Siebplatten oder harter Filterung, wurden gemacht, um diese Probleme zu überwinden. Am besten gelang es mit der Bewegungsbestrahlung (Dessauer et al. 1937; du Mesnil de Rochement 1940), das Verhältnis zwischen Oberflächen- und Tiefendosis zu verbessern. Weitere Entwicklungen waren die Teleradium-Therapie (Stenström 1924), bei der natürliches Radium-226 in größerer Menge und in größerem Abstand eingesetzt wurde, und die Konstruktion einer Röntgenröhre mit 1 MeV Hochspannung, die so groß war, dass sie 1936 im St. Bartholomew's Hospital in einem mehrstöckigen Gebäude untergebracht werden musste. Sie wurde bis in die 60er Jahre benutzt (Innes 1964).

Erst die Entwicklung der Beschleuniger und der Telekobaltgeräte schaffte den Durchbruch zu einer schonenden und günstigeren Bestrahlungstechnik. Van-de-Graaff-Generatoren im Bereich von 1–2 MeV für medizinische Anwendungen wurden in den USA schon in den 30er Jahren in verschiedenen Krankenhäusern installiert (Dresser et al. 1937). Die ersten Betatrons für Anwendungen in der Medizin wurden in den USA, in der Schweiz durch Wideröe bei Brown Boveri und in Deutschland bei Siemens gebaut. Die Energien begannen bei 15 und 18 MeV (Siemens), gingen über 31 und 45 MeV (Brown Boveri) und führten bis 42 MeV. Die Betatrons wurden seit den 70er Jahren von den technisch stabileren Linearbeschleunigern abgelöst. Die Beschleuniger lieferten neben den Photonen auch Elektronen für die Strahlenbehandlung.

In den 50er Jahren standen erstmals künstliche radioaktive Nuklide, die in Reaktoren aktiviert werden konnten, kommerziell zur Verfügung: für die Strahlentherapie insbesondere Kobalt-60 und Cäsium-137. Kobalt hat eine höhere spezifische Aktivität und deshalb kleinere Abmessungen als Radium und eine homogenere Strahlenqualität. Die ersten Telegamma-Einheiten wurden in Kanada durch Johns (1952) und Green (1952) entwickelt. Der Siegeszug dieser Geräte ist noch in allgemeiner Erinnerung und braucht hier nicht beschrieben zu werden. Sie sind inzwischen fast vollständig durch Beschleuniger ersetzt worden, die vielfältige Vorzüge besitzen. Mit der Verfügbarkeit der künstlichen Radionuklide konnte auch das natürliche Radium-226 in der Brachytherapie durch andere Nuklide und Afterloading-Geräte ersetzt werden.

Auch bei der intrakavitären und interstitiellen Therapie mit umschlossenen radioaktiven Strahlungsquellen wurden zunehmend Möglichkeiten zur Optimierung der räumlichen Dosisverteilung und zur Verbesserung des Strahlenschutzes für das Personal gesucht, entwickelt und verwendet. Die Anwendung von Radium war stets mit einer hohen Strahlenbelastung für das Personal verbunden, deshalb wurden die Applikationen rasch und unter qualitativ eingeschränkten Bedingungen durchgeführt. Die begrenzte Zeit für die Positionierung der Quellen und der Träger führte zu Kompromissen bei deren Lokalisation, zudem waren Kontrollen (Kontrollaufnahmen) und Korrekturen der Lage nur eingeschränkt möglich. Seit den 60er Jahren werden mehr und mehr Afterloading-Geräte eingesetzt. Sie bestehen aus einem im Bestrahlungsraum befindlichen Bestrahlungsgerät und einer in einem Schaltraum untergebrachten Steuervorrichtung. In Deutschland setzte sich als

Radionuklid Iridium-192 weitgehend durch, dadurch wurden die Bestrahlungszeiten deutlich reduziert, sodass sich die Bestrahlung mit hoher Dosisleistung, mit der „high-dose-rate“, entwickelte. In Frankreich und den USA blieb dagegen die „Low-dose-rate“-Bestrahlung mit dem Radionuklid Cäsium-137 üblich.

Bedeutung der Strahlenbiologie

Die aktuellen Aufgaben der Strahlenbiologie, der Strahlenschutz der Patienten und der Beschäftigten und die Verbesserung der Strahlenbehandlung waren schon in den ersten 50 Jahren des 20. Jahrhunderts im allgemeinen Bewusstsein der Radiologen. Seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen war bekannt, dass die Strahlen Wirkungen auf biologische Systeme ausübten. Schon die frühen Röntgenuntersuchungen führten regelmäßig zu einer Rötung und Schädigung der Haut. Die ersten Röntgenröhren arbeiteten mit niedriger Hochspannung, kurzen Fokus-Haut-Abständen und ohne Filterung; die überwiegend weichen Anteile des Strahlenspektrums hatten eine geringe Eindringtiefe, hinzu kamen lange Expositionszeiten. Die Strahlenfolgen an der Haut, die schon bei der Erstellung von Röntgenaufnahmen in den ersten Jahren auftraten, nahmen naturgemäß mit der Nutzung der Strahlen für die Therapie in einer Vielzahl von gut- und bösartigen Veränderungen zu.

Die Wirkungen und Gefahren der ionisierenden Strahlen wurden allmählich bekannt und beschrieben, jedoch im allgemeinen Bewusstsein – auch dem der professionellen Anwender – lange nicht genügend beachtet. Historische Aufnahmen belegen eindringlich, dass auch die Grundkenntnisse des Strahlenschutzes fehlten. Viele mit Röntgenstrahlen arbeitende Ärzte, Krankenschwestern und Assistenten erlitten schwere Strahlenschäden. Röntgenärzte hielten bei der Durchleuchtung ihre Hand in den Strahlenkegel, sie standen bei der Exposition von Aufnahmen neben dem Patienten und hielten sich auch bei der Bestrahlung im gleichen Raum auf. Radium war ein sehr kostbares Gut, sodass nicht nur bei der Anwendung die Regeln des Strahlenschutzes missachtet wurden, sondern seine Aufbewahrung im Bett unter dem Kopfkissen oder in der Schreibtischschublade nicht ungewöhnlich war. Die Folgen reichten bei den beruflich mit Strahlen Exponierten von der Hautrötung bis zur Pergamenthaut, von der Ausbildung von Nekrosen der Haut bis zur Entwicklung von bösartigen Tumoren, zur Amputation ganzer Gliedmaßen und zum Tod. Der Gedanke, die Opfer der Radiologie aus den verschiedenen Völkern zu

ehren, hat Professor Hans Meyer, Marburg, dazu veranlasst, einen Gedenkstein zu stiften, auf dem sämtliche Namen der „Märtyrer der Radiologie“ verewigt wurden. Das Denkmal wurde am 4. April 1936 mit einer Ansprache von Professor A. Béclère, Paris, dem Präsidenten der Internationalen Gesellschaft für Radiologie, enthüllt, es steht bis heute im Allgemeinen Krankenhaus St. Georg in Hamburg vor dem „Röntgenhaus“, jetzt Hermann-Holthusen-Institut genannt. Die Biographien der auf dem Stein genannten Strahlenopfer sind in einem „Ehrenbuch der Radiologen aller Nationen“ zusammengetragen (Molineus et al. 1992).

Die Entwicklung der Glühkathodenröhre und die dadurch mögliche Filterung und Aufhärtung der Strahlen verlagerte ab den 20er Jahren die unerwünschten Strahlenreaktionen von der Haut in das subkutane Gewebe, eine Entwicklung, die später bei der Nutzung der Telekobaltgeräte und der Beschleuniger erneut zu einem Anstieg der Strahlenfolgen führte, weil die Strahlenreaktion der Haut nicht mehr als Kontrolle zur Verfügung stand. Entscheidende Fortschritte ergaben sich aus den Untersuchungen zur Fraktionierung, die auf Coutard und Régaud in Paris ab 1919 zurückzuführen sind (Coutard 1934). Die französischen Strahlentherapeuten stellten fest, dass die Fraktionierung bei Kopf-Hals-Tumoren zu einem verbesserten Ansprechen bei geringeren Schäden für das normale Gewebe führte. Vorher war es besonders auch in der gynäkologischen Strahlentherapie üblich, die gesamte Dosis in einer oder in wenigen Fraktionen zu applizieren. Auf dem 2. Internationalen Radiologenkongress 1928 in Stockholm wurde die Fraktionierung der Strahlenbehandlung nach der Diskussion von Coutards Daten akzeptiert, eine Entwicklung, die auch auf dem Deutschen Röntgenkongress 1930 eine deutliche Tendenz zur Neuorientierung einleitete.

Zahlreiche wesentliche Erkenntnisse konnten in den ersten 50 Jahren des 20. Jahrhunderts gewonnen werden, sie können durch eine Veröffentlichung von H. Holthusen (1886–1971) (1928) beispielhaft dokumentiert werden. Holthusen war der erste, der die Probleme einer optimalen Dosis in der Strahlentherapie von bösartigen Tumoren diskutierte, indem er die Wahrscheinlichkeit der Tumorheilung und des Auftretens von Spätfolgen als gleich wichtig ansah. Aus dem Vergleich der Dosis, die zur Tumorheilung führte, mit der, die Spätfolgen an der Haut verursachte, kam er zu dem Schluss, dass die beste Dosis in der Strahlentherapie die ist, die mit einer bestimmten, aber akzeptabel niedrigen Wahrscheinlichkeit Strahlenschäden bei dem geheilten Patienten hervor-

ruft. Viele Erkenntnisse, wie auch die Veröffentlichung von Holthusen (1921), dass Ascaris-Eier bei Fehlen von Sauerstoff strahlenresistenter sind als in euoxischer Umgebung, erscheinen heute erstaunlich aktuell, sie wurden aber nicht umgesetzt oder konnten noch nicht realisiert werden.

In den Jahren ab 1950 erarbeiteten die Strahlenbiologen die Grundlagen für die Antwort biologischer Systeme auf Strahlen. Daraus entwickelte sich eine Reihe von Vorschlägen, die Wirkung der Strahlentherapie zu verbessern, wie den Einsatz von Sauerstoffüberdruck, von Sensitizern hypoxischer Zellen, von Strahlen mit hohem LET und der Kombination mit Chemotherapie, Hyperthermie oder vor Strahlen schützenden Substanzen. Erst in den 90er Jahren führte die strahlenbiologische Forschung zu klaren Empfehlungen für die klinische Praxis, wie Änderungen der Fraktionierung, „predictive assays“ der Strahlensensibilität und Bestimmung der Zellproliferationsrate (Barendsen und Fowler 1995).

Rückblick auf die medizinische Anwendung der Strahlen

Die weichen ungefilterten Röntgenstrahlen der ersten Jahrzehnte hatten nur eine geringe Eindringtiefe, weshalb die Röntgentherapie im Wesentlichen auf dermatologische Indikationen beschränkt war. Tiefer gelegene Tumoren konnten erst ab Beginn der 20er Jahre behandelt werden. Die Strahlenbehandlungen bestanden aus einer Ein-Feld-Technik ohne wirkliche Dosimetrie und meist ohne Fraktionierung. Für die ersten zehn bis 20 Jahre gilt Ewings (1934) Feststellung: „All one could really do was to place the patient under the machine and hope for the best“. Mit der Einführung der Fraktionierung und der gefilterten energiereicheren Strahlen (150–200 kV) („Orthovolt-Therapie“) wurden auch aufwendigere Bestrahlungstechniken und Bestrahlungsplanungen üblich. Zwei Neuerungen waren bedeutsam: Die Anwendung von Isodosen zur Abschätzung der zweidimensionalen Dosisverteilung und die Mehrfelder- oder Kreuzfeuer-Technik. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass neben der Kreuzfeuer-Technik auch zahlreiche andere Begriffe der frühen Strahlentherapie aus dem militärischen Sprachgebrauch übernommen wurden.

„Isodosen“ wurden erstmals von Otto Glasser (1920) beschrieben, als er in Freiburg arbeitete. Freiburg war in dieser Zeit eines der Zentren der gynäkologischen Strahlentherapie. An der Universitäts-Frauenklinik (Direktor: Prof. Dr. B. Krönig) arbeiteten

Dr. C. J. Gauß (1874–1957), später Direktor der Universitäts-Frauenklinik Würzburg und einer der Begründer der Zeitschrift „Strahlentherapie“, und Dr. Walter Friedrich (1883–1968) als Physiker, später Ordinarius für medizinische Physik, Direktor des Instituts für Strahlenforschung der Universität Berlin und Präsident der Akademie der Wissenschaften der DDR. Aus den Arbeiten Glassers kennen wir Bestrahlungspläne mit Dosisverteilungen über mehrere Eintrittspforten und die Angaben der relativen Dosis auf dem Zentralstrahl. Hans Holfelder, Frankfurt, 1891–1944 beschrieb in diesen Jahren den von ihm konstruierten Felderwähler mit durchsichtigen Schablonen, mit deren Hilfe Tiefendosiskurven auf einen Körperquerschnitt aufgelegt und optisch addiert werden konnten. Von Ferne schimmert die moderne Bestrahlungsplanung durch, die Holfelder'schen Schablonen blieben in Deutschland noch über Jahrzehnte im Einsatz.

Parallel zu den Fortschritten der Tiefentherapie entwickelte sich die Brachytherapie mit Radium-226, einem natürlichen Isotop aus der Zerfallsreihe des Urans mit 1580 Jahren Halbwertszeit. Radium wurde auf der Körperoberfläche mit sog. Moulagen angewandt oder in alle zugänglichen Körperhöhlen (HNO, Gynäkologie, Darm) mit Hilfe von Applikatoren eingebracht. Die Dosimetrie gestaltete sich scheinbar einfach. Die Lieferanten gaben die Aktivität der Strahlenquelle an, die Dosierung erfolgte in „mg-Element-Stunden“; die eingesetzte Menge Radium in mg (entsprechend seiner Aktivität in mCi) wurde mit der Liegedauer in Stunden multipliziert. Diese Art der Dosierung war bis weit in die 80er Jahre üblich, solange Radium benutzt wurde. Neben ihrer Einfachheit bot sie ein erstaunliches Maß an Sicherheit, obwohl selbstverständlich die physikalische und die biologisch wirksame Dosis am Tumor unbekannt blieben und nicht reproduzierbar waren. Bei der Nutzung des Radiums stand die gynäkologische Strahlentherapie ganz im Vordergrund. Eine Reihe von Schulen entwickelte eigene Applikatoren und Bestrahlungsschemata, wie die Stockholmer, Pariser, Manchester, Münchner Techniken. Neben der Zuverlässigkeit und Sicherheit durch die therapeutische Breite, die Radium durch seine Anwendung mit mittlerer (Deutschland) oder niedriger (Frankreich, USA) Dosisleistung bot, waren die Nachteile nicht zu übersehen. Radium-226 zerfällt in das Edelgas Radon-222, das bei unzulänglicher Dichte der Umhüllung des Radionuklids als „Emanation“ austrat und vom Personal und den Patienten inhaliert wurde. Erst die „Nachladegeräte“ behoben auch den zweiten Nachteil, dass nämlich das Personal während des Einbringens des Applikators der hoch energetischen

Strahlung ausgesetzt war und deshalb rasch arbeiten musste, sodass die Positionierung des Applikators hohen Anforderungen an eine korrekte und feste Lage nicht genügen konnte. Aus den genannten Gründen des Strahlenschutzes wurde Radium ab den 60er Jahren verlassen und durch Afterloading-Techniken mit anderen Radionukliden ersetzt.

Der Schwerpunkt der strahlentherapeutischen Indikationen lag zunächst naturgemäß bei den dermatologischen und gynäkologischen Erkrankungen und Tumoren. Mit zunehmender Erfahrung und Sicherheit in der Anwendung der Strahlen folgten die Tumoren der Kopf-Hals-Region, der weiblichen Brust, die Sarkome und malignen Systemerkrankungen. Einen Durchbruch im Hinblick auf die Erfolge, die Verträglichkeit und die Nebenwirkungen stellte die Fraktionierung dar, die seit 1928 als Ergebnis der Empfehlungen von Henri Coutard (1876–1950) auch in Deutschland eingeführt wurde. Die Strahlentherapie gewann, trotz ihrer Nebenwirkungen und Spätfolgen, zunehmend an Bedeutung, weil die operativen Techniken oft noch nicht ausreichend entwickelt waren und eine Chemotherapie nicht existierte. Seit der Mitte der 30er Jahre hatte man erkannt, dass die Vorteile der Hochvolt-Therapie – die Steigerung der Dosisleistung, die Erhöhung der relativen Tiefendosis und die Zunahme der Strahlenhärte – für eine Weiterentwicklung in diese Richtung sprachen. Die erste Mitteilung über die Technik der Rotationsbestrahlung erfolgte auf dem Röntgenkongress 1939 in Stuttgart durch René du Mesnil de Rochemont (1901–1984). Der Patient wurde auf einen Drehstuhl gesetzt, dessen Umdrehung etwa eine halbe Stunde dauerte. Werner Teschendorf (1895–1982) berichtete 1927 erstmals über Erfolge mit der Ganzkörperbestrahlung. Die „Totalbestrahlungen“ wurden aus 1,80 m Abstand vorgenommen. Die postoperative Bestrahlung von Mammakarzinomen wurde auf dem Kongress der Deutschen Röntgengesellschaft 1926 von Otto Jüngling (1884–1944) dargestellt, er wählte den Begriff „prophylaktische Nachbestrahlung“.

Auch nicht maligne Erkrankungen wurden vielfältig bestrahlt, weil die entsprechende medikamentöse Behandlung nicht zur Verfügung stand und weil Umstimmungen durch Bestrahlungen der innersekretorischen Organe und des vegetativen Nervensystems erwartet wurden. Die Indikationsliste reichte in den 30er bis 50er Jahren von der Hypertonie und der Thymushyperplasie über das Magengeschwür bis zur Tuberkulose, um nur einige zu nennen. Von hier war der Weg weit zur heutigen Strahlentherapie, deren Indikationen sich an den Ergebnissen wissenschaftlicher Studien orientieren.

Nach dem Krieg kamen erstmals Röntgenologen am 22. September 1946 aus Anlass des 60. Geburtstages von Hermann Holthusen in Bevensen, Kreis Uelzen, zusammen. Vom 15.–18. Mai 1947 fand ebenfalls dort das erste überregionale Treffen mit mehr als 100 Teilnehmern statt, das Alexander von Essen, Oberarzt von Holthusen, organisiert hatte. Albert Kohler (1890–1960) berichtete über klinische Erfahrungen mit der Pendelbestrahlung, ihre Vorteile gegenüber bisherigen Verfahren und Vergleichsuntersuchungen zwischen 1937 und 1944 in München, bei denen fraktioniert gependelt und fraktioniert mit Stehfeldern bestrahlt worden war. Die deutschen Strahlentherapeuten waren in diesen und den folgenden Jahren weit vom Fortschritt der internationalen Strahlentherapie entfernt, ihre Institute und Geräte waren im Krieg zerstört worden, neue Bestrahlungsgeräte kamen erst allmählich auf den Markt und, was besonders schwer wog, die persönlichen Kontakte zu den Kollegen im Ausland und das Studium der internationalen Literatur waren unterbrochen.

Die folgenden Jahre waren durch die Einführung der Telekobaltgeräte und der Kreisbeschleuniger geprägt, die es erstmals erlaubten, deutlich höhere Strahlendosen an den Tumor in der Tiefe des Körpers zu bringen. Ab den 60er Jahren wurden in Deutschland Telekobaltgeräte installiert, die durch ihre harte, nahezu monoenergetische Strahlung das Dosismaximum 5 mm unter die Hautoberfläche verlagerten („Aufbaueffekt“) und die eine höhere relative Tiefendosis besaßen. Erstmals wurde es möglich, Tumoren in der Tiefe des Körpers mit einer wirksamen Tumordosis zu bestrahlen und die applizierte Dosis nicht nach der Toleranz der Haut zu messen, sondern nach der für eine Tumorerstörung notwendigen Höhe. Die „Herddosis“ wurde als Begriff und Leitwert eingeführt. Die in Deutschland beliebten Betatrons lieferten noch höhere Photonenenergien, die zwischen 18 und 42 MeV lagen, aber auch Elektronen. Dies führte zu einer intensiven Nutzung der Elektronen. Da die strahlenbiologischen Grundbegriffe noch nicht bekannt waren, auch Kenntnisse über die Toleranzdosis der Gewebe und Organe fehlten, konnte es nicht ausbleiben, dass die höhere Tumordosis auch zu einer höheren Belastung der gesunden Gewebe und zu einer deutlichen Zunahme der Strahlenfolgen führte. Die Einführung der Linearbeschleuniger leitete zur Einführung der Großfeld-Techniken über, die in den USA entwickelt wurden und zunächst auf eine große Reserve stießen.

Die Qualität der Strahlenbehandlung konnte ständig verbessert, die Zahl der Nebenwirkungen und Spätfolgen kontinuierlich verringert werden. Dies ist

neben der Zusammenarbeit mit den Kollegen der anderen Disziplinen und den Medizinphysikern besonders der Bestrahlungsplanung zuzuschreiben. Die heute allgemein übliche konformale Strahlentherapie setzt eine dreidimensionale Bestrahlungsplanung voraus. Hierbei bedient sich der planende Arzt in Zusammenarbeit mit dem Physiker der modernen Rechnertechnologie und Informatik. Sie haben in der Strahlentherapie eine überragende Bedeutung gewonnen. Auf der Basis von Bilddaten (CT, MRT) und unter Berücksichtigung der individuellen Anatomie erfolgt zunächst eine virtuelle und mittels Computer optimierte Behandlung des Patienten. Diese virtuelle Therapie, der die reale Strahlenbehandlung folgt, ist die Voraussetzung dafür, dass schonend und effizient behandelt werden kann.

Die weitere stürmische Entwicklung der Strahlentherapie ab 1970 kann hier nicht weiter gewürdigt werden. So viel lässt sich sagen: Die Zahl der Krebskranken und damit die Bedeutung der Radioonkologie nimmt im gerade begonnenen Jahrtausend zu. Neue Behandlungen wie die Gentherapie sind in den Anfängen, sie werden die Strahlentherapie nicht überflüssig machen. Im Gegenteil, die Kombination der radioonkologischen und der Gentherapie wird die Heilungschancen verbessern. Die Hoffnung nährt sich aus der experimentellen Forschung der Radioonkologie. Die Radioonkologie hat Zukunft.

Entwicklung der Disziplin Radioonkologie

Nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität lag die Anwendung der Strahlen in Diagnostik und Therapie in den Händen der Ärzte, die sich von der Begeisterung für die neu erschlossenen Möglichkeiten anstecken ließen und die aus verschiedenen Disziplinen der Medizin stammten. Im Anfang überwogen in der therapeutischen Nutzung die Dermatologen und später die Gynäkologen, erst allmählich entwickelte sich das Berufsbild des Röntgenarztes, dessen Tätigkeit sich auf die Anwendung der Strahlen konzentrierte. Der erste „Radiologe“, der ein Röntgeninstitut als Chefarzt leitete, war Dr. H. Albers-Schönberg am Allgemeinen Krankenhaus St. Georg in Hamburg, der erste Lehrstuhlinhaber Rudolf Grashey (1876–1950) in den 20er Jahren an der Universität zu Köln.

Bereits am 18. März 1898 konstituierte sich die Berliner Röntgenvereinigung, die zum 1. Deutschen Röntgenkongress vom 30.4. bis 3.5.1905 nach Berlin einlud. Vor Eintritt in die Tagesordnung der 2. Physikalisch-Technischen Sitzung am Nachmittag des 2. Mai