

Zur Geschichte der Radiologie

J. Kirchner

Kaum eine Entdeckung der Neuzeit hat die Medizin so einschneidend verändert wie die Erstbeschreibung der später nach ihm benannten neuen Art von Strahlung durch **Wilhelm Conrad Röntgen** (Abb.1) am 08. November 1895 in Würzburg. An diesem Tag entdeckte er bei seinen Forschungen zu elektrischen Entladungen in hoch evakuierten Röhren die ihm bis dahin unbekannte Art einer sehr durchdringungsfähigen nicht sichtbaren Strahlung. Der am 27.03.1845 in Remscheid- Lennep geborene Wilhelm Conrad Röntgen studierte zunächst an der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Zürich, wo er 1868 promovierte. Von 1870-1872 war er in Würzburg Assistent bei Professor August Kuhnt, 1872 folgte er diesem an die neu geschaffene Reichsuniversität Straßburg, wo er 1874 habilitierte und 1876 zum außerordentlichen Professor auf den Zweiten Lehrstuhl für Physik berufen wurde. 1879 war er zum ordentlichen Professor für Physik an die Universität Gießen berufen worden. 1888 folgte er einem Ruf auf das Ordinariat für Physik der Julius- Maximilians- Universität Würzburg. Die im Dezember 1895 und Januar 1896 veröffentlichte Entdeckung der neuen Art von Strahlen wurde mit großer Begeisterung aufgenommen. Nicht zuletzt durch die Tatsache, dass Wilhelm Conrad Röntgen bewußt auf eine Patentierung verzichtete, fand das neue Verfahren eine rasche weltweite Verbreitung.



Abb.1 Wilhelm Conrad Röntgen (1845- 1923)

Zahllose, überwiegend junge Ärzte, aber auch Röntgentechniker und Physiker experimentierten bald in dem völlig neuen Gebiet der Wissenschaft. Bereits im ersten Jahr nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen wurden an die 50 Bücher sowie über 1000 wissenschaftliche Abhandlungen über die neu entdeckten Strahlen verfaßt.

„Röntgenwissenschaft wurde zum Empirie. Röntgenärzte mußten zuerst lernen, ihre Röntgenbilder auch richtig zu lesen und medizinisch zu deuten.“...„Diagnostische Befunde konnten nur durch Operationen oder Obduktionen verifiziert werden. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse wurden retrospektiv genutzt, um die vorab gestellte Auswertung des Röntgenbildes letztendlich abzusichern oder zu verwerfen.“ (Uwe Busch, in W. Bautz und U. Busch: 100 Jahre Deutsche Röntgengesellschaft, Thieme Verlag, Stuttgart, 2005, S.8f.).

Bereits 1896 wurden neben den berühmten Röntgenaufnahmen der Extremitäten, die noch in Röntgens Institut von ihm selber angefertigt wurden (Abb. 2 und 3), Aufnahmen des Brustkorbs und des Bauchbereiches angefertigt.



Abb. 2 Hand mit Ringen von Anna Bertha Röntgen, geb. Ludwig



Abb.3 Röntgenaufnahme von Albert von Koellikers Hand, aufgenommen von Röntgen am 23. Januar 1896

Ebenfalls noch 1896 berichteten Haschek und Lindenthal über eine erfolgreiche Darstellung des Gefäßsystems anatomischer Präparate, wobei die Autoren eine Mischung aus Kreide, Zinnober und Steinöl (die sogenannte „Teichmann-Masse“) in Gefäße injiziert und mittels einer Röntgenröhre eine photographische Platte ca. 1Std. lang belichtet hatten.

Im Januar 1897 erschien im Verlag Gräfe & Sillem, Hamburg, eine erste Zeitschrift für die noch junge Fachrichtung. Sie wurde unter dem Namen „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen“ (Abb. 4) von **Heinrich Albers-Schönberg** (Abb.5) und Georg Deycke herausgegeben. Albers-Schönberg (1865-1921) hatte sich 1895 als Praktischer Arzt niedergelassen. Nach Entdeckung der Röntgenstrahlen begründete er zusammen mit Deycke ein Röntgeninstitut. Albers-Schönberg war einer der Initiatoren der Deutschen Röntgengesellschaft und ihr zweiter Präsident im Jahr 1907. 1914 wurde er leitender Oberarzt für Röntgenologie am St. Georg Krankenhaus in Hamburg, 1919 erster Ordinarius für Röntgenologie in Hamburg.



Abb.4 Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheint im Januar 1897 als weltweit erste Radiologiefachzeitschrift



Abb.5 Heinrich Ernst Albers-Schönberg (1865-1921)

Neben der Anfertigung von Röntgenaufnahmen, die bereits in den frühen Jahren mit den Namen bekannter Filmhersteller wie Kodak, Ilford und Schleußner verbunden waren, wurden bereits früh Fluoroskope konstruiert, bei denen die auftreffende Röntgenstrahlung einen geringen, aber sichtbaren Leuchteffekt verursachen und somit Untersuchungen des menschlichen Körpers in dynamischer Form ermöglichten. Dies stellte sich im Folgenden als wertvolle technische Einrichtung gerade zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes heraus, dessen Erforschung insbesondere mit dem Namen von **Herrmann Rieder** (1858- 1932) verbunden ist. Bereits 1898 wurde Rieder zum außerordentlichen Professor für physikalische Heilmethoden an der Ludwig Maximilian Universität München berufen. In den Folgejahren erarbeitete er die Radiologischen Grundlagen der Magen-Darm-Diagnostik mit Hilfe von Kontrastmitteln. Er benutzte mit Wismutnitrat gemischte Speisebreie (so genannte Riedermahlzeit). Dem Gründer unserer Gesellschaft (RWRG), Geheimrat Prof. Dr. **Paul Krause** (1871- 1934) gebührt das Verdienst, um 1906 das giftige Wismut durch das verträglichere Barium zu ersetzen. Im Jahr 1901 wird diese erste stürmische Phase der Entwicklung in der Radiologie gekrönt durch die Verleihung des 1. Nobelpreises für Physik an Wilhelm Conrad Röntgen.



Abb. 6 Hermann Rieder (1858 -1932)



Abb.7 Paul Krause (1871-1934)

Unter den Pionieren des noch jungen Faches Radiologie zu Beginn des 20. Jahrhunderts darf **Guido Holzkecht** (1872-1931) nicht unerwähnt bleiben. Holzkecht war als Student Schüler von Gustav Kaiser (1871- 1954), der wahrscheinlich als erster Röntgenstrahlen klinisch anwendete. 1901 wurde Holzkecht Assistenzarzt im Röntgenlaboratorium des Allgemeinen Krankenhauses Wien. 1904 erlangte er die Lehrbefugnis der Medizinischen Fakultät und begründete 1914 das Zentrale Röntgeninstitut des AKH Wien; im selben Jahr wurde er zum Primarius dieses Institutes sowie zum außerordentlichen Professor für Radiologie ernannt. Eine besondere Bedeutung erlangte Guido Holzkecht durch das bereits im Jahr 1901 erschienene Lehrbuch der „Röntgenologischen Diagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide“. Noch heute trägt findet die Bezeichnung „Holzkecht`scher Raum“ für den unteren Retrokardialraum der Seitenaufnahme Verwendung.

Da die jungen Röntgenmediziner nicht nur direkt im Strahlengang agierten, sondern häufig zu Beginn der Durchleuchtungsuntersuchung eine Tiefenschärfeneinstellung unter Verwendung der eigenen Hände durchführten, waren es bevorzugt die Hände, an denen frühzeitig Strahlenschäden auftraten. So erkrankte Holzkecht ab 1901 an einer Strahlendermatitis, die sich über Jahre hinweg verschlechterte, so dass ihm 1910 zunächst ein Finger der linken Hand amputiert werden musste. Die maligne transformierten kutanen Veränderungen verschlechterten sich in den folgenden Jahren dramatisch und führten zu zahlreichen Behandlungsversuchen u. a. wiederum mittels Bestrahlungen. Bis zu seinem Tod 1931 wurden über 60 zunehmend verstümmelnde Operationen notwendig.



Abb. 8 Guido Holzkecht (1872-1931)

In den ersten Jahren der Radiologie besaß die Verwendung von Luft als negatives Röntgenkontrastmittel gegenüber heute noch eine deutlich größere Bedeutung. So wurde die fast vergessene Technik des Pneumoretroperitoneums zur Beurteilung von Nebennieren und Nieren bereits 1902 von **Georg Kelling** (1866- 1945) in Dresden vorgestellt. Kelling war Internist und Gastroenterologe und erfand die Laparoskopie. Im Jahr 1904 wurden die ersten Kniearthrographien von Werndorff und Robinson vorgestellt.

Im Jahr 1905 veröffentlichte **Rudolf Grashey** (1876- 1950) einen „Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen“. Er war zu diesem Zeitpunkt Assistenzarzt der Chirurgischen Universitätsklinik bei Ottmar von Angerer in München. 1907 wurde Grashey Dozent für Chirurgie, nachdem er bereits 1905 zu den Mitinitiatoren der Deutschen Röntgengesellschaft gehört hatte. 1911 erfolgte die Berufung zum außerordentlichen Professor in München; nach Tätigkeiten als Oberstabsarzt im 1. Weltkrieg wurde er 1920 Chefarzt der Physikalisch Medizinischen Abteilung in München Schwabing. 1924 wurde ihm ein Lehrauftrag für Radiologie erteilt. 1928 wurde er auf den ersten deutschen Lehrstuhl für Röntgenologie und Medizinische Strahlenheilkunde an der Universität Köln berufen. Nach vollständiger Zerstörung seines dortigen Instituts zu Kriegsende wirkte Grashey zusammen mit Sauerbruch bis 1949 an der Berliner Charite.



Abb. 9 Rudolf Grashey (1876- 1950)

In das Jahr 1905 fällt die Gründung der **Deutschen Röntgengesellschaft e.V. (DRG)**. Vorläufer der Deutschen Röntgengesellschaft war die von **Max Immelmann** (1864- 1923) und **Richard Eberlein** (1869- 1921), dem ersten Präsidenten der DRG und späteren Direktor der Tierärztlichen Hochschule Berlin, im März 1898 initiierte Röntgenvereinigung zu Berlin mit dem Ziel der „wissenschaftlichen Vervollkommnung der durch die Röntgen'sche Entdeckung erschlossenen Beobachtungsmethode“. In einer Sitzung dieser Berliner Röntgenvereinigung wurde 1903 der Beschluß gefasst, anlässlich der 10jährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen zu einem Kongreß nach Berlin einzuladen. In einer vorbereitenden Sitzung beschlossen Heinrich Albers- Schönberg, Walter Cowl, Richard Eberlein, Herrmann Gocht, Rudolf Grashey, Max Immelmann, Alban Köhler, Hermann Rieder und Bernhard Walter die Gründung der DRG als eine dauerhafte Institution zur Sicherung des weiteren Ausbaus der Röntgenologie; diese wurde schließlich am 02. Mai 1905 gegründet.



Abb. 10 *Max Immelmann* (1864- 1923)



Abb. 11 *Richard Eberlein* (1869- 1921)

Eine bemerkenswerte Gestalt der Röntgendiagnostik der ersten Dezennien des 20ten Jahrhunderts ist **Franz Maximilian Groedel** (1881-1951). Früh von den neuen technischen Möglichkeiten begeistert, gab er bereits 1909 zusammen mit zahlreichen namhaften Röntgenologen einen „Atlas und Grundriß der Röntgendiagnostik der Inneren Medizin“ heraus. Im selben Jahr hatte er die Röntgenabteilung des Hospitals zum Heiligen Geist in Frankfurt, später die Leitung der Privatklinik seines Vaters in Bad Nauheim übernommen, wo er auch im Jahr 1928 das W. G. Kerckhoff Institut gründete. Neben seiner Tätigkeit in der Radiologie (Präsident der Deutschen Röntgengesellschaft des Jahres 1922, Ernennung zum außerordentlichen Professor an der Goethe- Universität in Frankfurt am Main 1925) zählte er zu einem der führenden Kardiologen seiner Zeit. Aufgrund seines jüdischen Bekenntnisses mußte Groedel 1933 in die USA emigrieren, seine Werke durften in Deutschland nicht weiter vertrieben werden. In den Vereinigten Staaten baute er sich eine neue Existenz auf und wurde erster Präsident des „American College of Cardiology“. Obwohl er auch trotz Einladungen der Stadt Bad Nauheim nach dem Ende des Dritten Reiches Deutschland nicht wieder besuchte, unterstützte er jedoch bis zu seinem Tode in großzügiger Weise die Kerckhoff- Klinik in Bad Nauheim.



Abb.12 *Franz Maximilian Groedel* (1881-1951)

Während Franz Maximilian Groedel in seinem 1909 herausgegebenen Standardwerk formuliert, daß „die Röntgenphysik ein Teil des interessanten Kapitels Erscheinungen beim Durchgang der Elektrizität durch Gase" ist und die Natur der Röntgenstrahlen auf Ätherschwingungen zurückführt, konnte **Max von Laue** (1879-1960) im Jahr 1912 - nunmehr 17 Jahre nach Erstbeschreibung der Röntgenstrahlen - die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen nachweisen. Hierdurch wurde endgültig bewiesen, daß es sich bei Röntgenstrahlung um eine elektromagnetische Welle kurzer Wellenlänge handelt. Für seine Arbeit erhielt Max von Laue 1914 den Nobelpreis für Physik.



Abb. 13 Max von Laue (1879-1960)

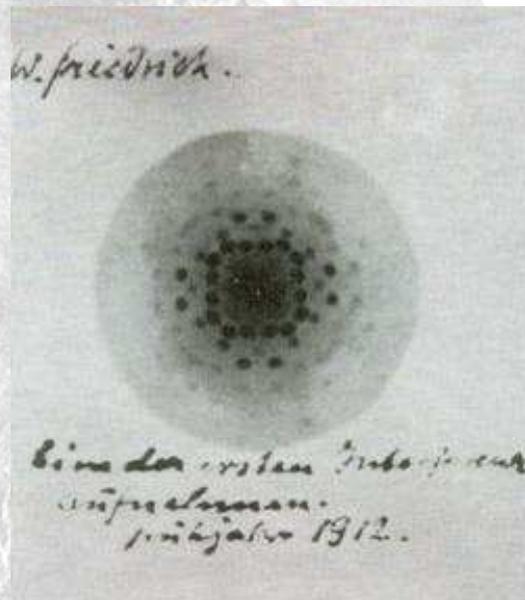


Abb. 14 Fotografie der Beugungsmuster nach Durchgang von Röntgenstrahlen durch ein Kristallgitter

Nach der erstmaligen Implementierung bzw. weiteren Verbesserung der Strahlenschutzmaßnahmen kam es in den folgenden Jahrzehnten zu einer fortlaufenden Evolution der röntgenologischen Techniken. Hier ist zunächst 1921 die Inauguration der Myelographie durch **Jean- Athanase Sicard** (1872- 1929) zu nennen. Der französische Neurologe Sicard führte zusammen mit **Jacques Forestier** Myelographien erstmals mit dem öligen Kontrastmittel Lipiodol durch.

Einen wesentlichen Meilenstein der radiologischen Technik stellt die erste cerebrale Angiographie am Lebenden im Jahr 1927 durch **Antonio Caetano de Abreu Freire Egas Moniz** (1874- 1955) dar. Egas Moniz war portugiesischer Neurologe und Politiker und von 1909- 1944 Professor an der Universität zu Lissabon. Seine ärztliche Tätigkeit wurde durch eine politische Karriere unterbrochen, die ihn zunächst 1917 als portugiesischen Botschafter nach Spanien, in seinem Amt als portugiesischen Außenminister von 1918- 1919 an die Pariser Friedenskonferenz führte. Neben den ersten cerebralen Angiographien war Egas Moniz Begründer der Psychochirurgie. Bis heute heftig umstritten ist die von ihm inaugurierte präfrontale Leukotomie bei therapierefraktären Psychosen. 1949 erhielt Moniz für dieses Verfahren den Nobelpreis für Medizin.



Abb. 17 Egas Moniz (1874-1955)

Ebenfalls 1927 wurde erstmals eine Mammographie durch **Otto Kleinschmidt** (1880-1948) im Lehrbuch „Die Klinik der bösartigen Geschwulste“ von Zweifel und Payr veröffentlicht. Prof. Dr. Otto Kleinschmidt war seit 1926 Chefarzt der Chirurgie im Städtischen Krankenhaus Wiesbaden.

1929 veröffentlichte - zunächst von der Fachwelt weitgehend unbeachtet - der erst 25 jährige Assistenzarzt **Werner Otto Theodor Forßmann** (1905-1979) seinen heroischen Selbstversuch zur Katheterisierung des rechten Herzens. Er schob von der linken Vena brachialis aus einen Ureterkatheter bis zur rechten Herzkammer und fertigte nach Injektion des neuen jodhaltigen Kontrastmittel Uroselectan eine Zielaufnahme an (Abb. 18). Unmittelbare Folge dieses Selbstversuches war zunächst der Verlust seiner Stellung als Volontärassistent an der Chirurgischen Klinik der Charite (Sauerbruch: „mit solchen Kunststücken habilitiert man sich in einem Zirkus und nicht an einer anständigen deutschen Klinik“), 27 Jahre später (1956) allerdings der Nobelpreis für Medizin.



Abb. 18 Werner Forßmann (1905-1979)

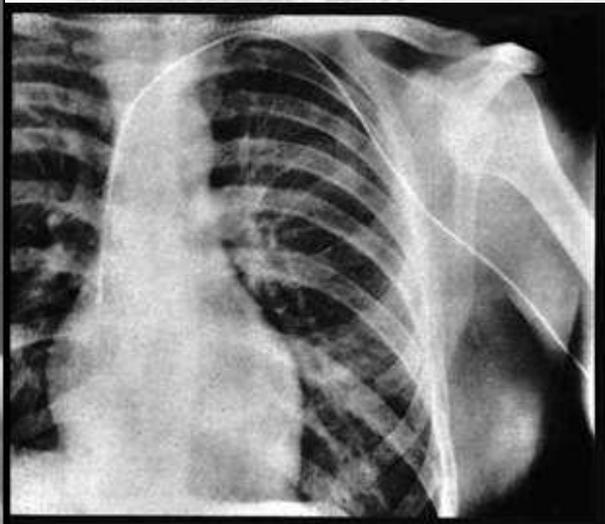


Abb.19 Röntgenaufnahme des ersten Rechtsherzkatheterismus durch Forßmann

Das von Forßmann verwendete Kontrastmittel Uroselectan war 1929 als erstes intravenöses Kontrastmittel von dem Chemiker **Arthur Binz** (1868- 1946) beschrieben worden. In das selbe Jahr fällt auch die Inauguration der Ausscheidungsurographie durch **Moses Swick** am Mount Sinai Hospital in New York.

In den frühen 30er Jahren führten Bircher und Oberholzer erstmals Doppelkontrastarthrographien mit Luft und Uroselectan durch; diese Technik ermöglichte bereits eine sehr genaue Darstellung der Menisken.

Im Gegensatz zu dem segensreichen Uroselectan führte die Entwicklung der Röntgenkontrastmittel in diesen Jahren auch zu einem spektakulären Irrweg mit Einführung kolloidaler Thoriumsuspensionen (Thorotrast®); hierbei handelt es sich um eine zunächst gut verträgliche 25%ige Suspension von Thoriumdioxid; letzteres reichte sich allerdings im retikulohistozytären System an und führte als Alphastrahler zur Entwicklung verschiedener bösartiger Tumore (Leber- und Milzsarkome, Hämangiosarkome).

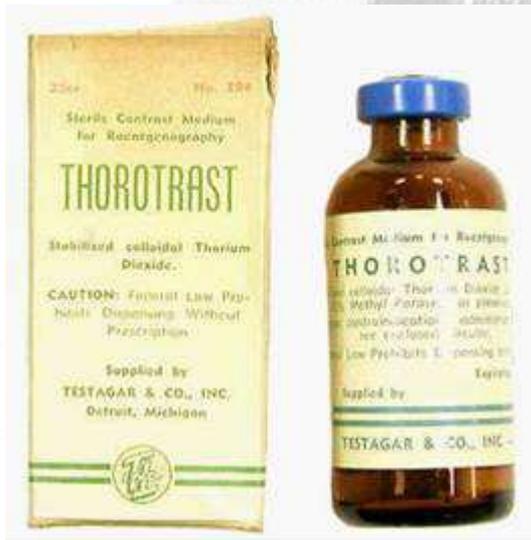


Abb. 20 Thorotrast ® : ein spektakulärer Irrweg der diagnostischen Radiologie

Die erste Darstellung der Milchgänge der weiblichen Brust (Galaktographie) erfolgt im Jahr 1930 durch **Emil Ries**; er verwendete hierfür das ölige Kontrastmittel Lipiodol. 1931 wurde erstmals eine Myelographie mit dem wasserlöslichen Kontrastmittel Abrodil ® durchgeführt. Ausgeprägte meningitische Reizzustände verhinderten jedoch eine weitere Verbreitung.

Konventionelle Tomographien wurde Mitte der 30er Jahre erstmals in der Cleveland Klinik in Ohio vorgestellt.

Wie auch schon eine Generation zuvor kommt es während des 2. Weltkrieges zu einem Abbruch Erfolg versprechender Entwicklungen. Einen weiteren Aufschwung nimmt die Radiologie erst in den Nachkriegsjahren.

Einen wesentlichen Impuls zur Weiterentwicklung der angiographischen Techniken stellte die Methode der Gefäßpunktion mittels der so genannten Seldingertechnik dar. Diese wurde 1953 von **Sven Ivar Seldinger** (1921- 1988) vom Karolinska- Institut der Universität Stockholm in Solna inauguriert.



Abb. 21 Sven Ivar Seldinger (1921-1988)

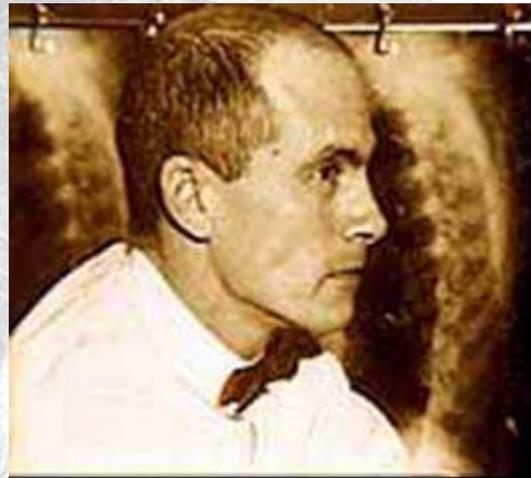


Abb.22 Charles Theodor Dotter (1920- 1985)

Wenige Jahre später erfolgte die erste Coronarangiographie noch über die Arteria brachialis (1957) durch den Kinderkardiologen **F. Mason Sones Jr.** (1918- 1985) an der **Cleveland Clinic**. Die selektive Darstellung der rechten Koronararterie erfolgte hierbei akzidental bei Verlagerung eines zur Aortographie supra-valvulär plazierten Katheters. Noch bevor Sones den Katheter zurückziehen konnte, waren bereits 30ml (!) Kontrastmittel in die rechte Koronararterie injiziert worden. Der Patient erlitt ein sofortiges Kammerflimmern, was jedoch durch einen präkordialen Faustschlag unterbrochen werden konnte. Bis dahin nahm man an, daß eine selektive Kontrastmittelgabe in die Koronararterien nicht überlebt werden konnte.

Einen weiteren Meilenstein der Entwicklung hin zur modernen interventionellen Radiologie stellte die Vorstellung der perkutanen Angioplastie 1964 durch **Charles Theodor Dotter** (1920 bis 1985) dar.

Während die Methode nach Dotter einer Bougierung verschlossener oder verengter Gefäßabschnitte entsprach, war es das Verdienst von **Andreas Roland Grüntzig** (1939-1985) die Ballonangioplastie 1974 in die klinische Medizin eingeführt zu haben. Nachdem Grüntzig als Angiologe und Kardiologe zunächst bei Eberhard Zeitler in Engelskirchen die interventionellen Verfahren erlernt hatte, führte er diese Pioniertat der Radiologie in Zürich durch. Hier führte er auch 1977 die erste erfolgreiche Ballondilatation eines verengten Herzkranzgefäßes durch. Später wirkte er als klinischer Direktor in Atlanta (Georgia, USA), wo er im Jahr 1985 bei einem Flugzeugabsturz mit seiner Frau tödlich verunglückte.

Anfang der 1970er Jahre fand die digitale Subtraktionsangiographie Einzug in die radiologische Diagnostik. Zunächst diente sie zur Ermöglichung einer intravenösen digitalen Subtraktionsangiographie, später wurde sie allerdings auch zunehmend zur Verbesserung der Bilddarstellung in der direkten arteriellen Angiographie genutzt.

Einen der wesentlichen Meilensteine der radiologischen Diagnostik stellt die Inauguration der Computertomographie im Jahr 1972 durch den bei der EMI (Electric and Musical Industries Ltd.) angestellten Elektrotechniker **Sir Godfrey N. Hounsfield** (1919-2004) dar.



Abb.23 *Sir Godfrey N. Hounsfield* (1919-2004)

Die mathematischen Grundlagen der Computertomographie waren bereits 1917 durch den österreichischen Mathematiker Johann Radon gelegt worden („Radontransformation“); unabhängig von diesen Forschungen entwickelte der südafrikanische Physiker **Allan McLeod Cormack** (1924- 1998) mathematische Methoden zur Berechnung auch geringer Absorptionsunterschiede. Mit Hilfe der „gefilterten Rückprojektion“ bilden sie

die Grundlage zur Berechnung räumlicher Aufnahmen eines Objektes. Auch Hounsfield entwickelte seine Berechnungen zur Bildrekonstruktionen eigenständig.

Bei der 1989 von Siemens auf den Markt gebrachten und von **Willi A. Kalender** (*1949) entwickelten Spiralcomputertomographie rotiert die Röntgenröhre bei kontinuierlichem Tischvorschub in einer spiralförmigen Bewegung um die zu untersuchende Person. Die seit den 1990er Jahren etablierte Mehrzeilentechnik ermöglicht heute die gleichzeitige Aufnahme bis von bis zu 320 Schichten während eines Röntgenröhrenumlaufs.

Während bereits 1952 die Arbeiten von Felix Bloch und Edward Purcell aus den 1940er Jahren zu den theoretischen Grundlagen der Kernspinresonanz im externen Magnetfeld mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden, entstand bei **Paul Christian Lauterbur** (1929 - 2007) erstmals 1973 bei Betrachtung computertomographischer Aufnahmen die Idee, Magnetfeldgradienten in allen drei Raumorientierungen zu schalten und so mehrdimensionale Bilder des menschlichen Körpers zu erzeugen. Die Erkenntnisse von Raymond Damadian bzgl. der Protonenrelaxationszeiten von normalem Gewebe und malignen Tumoren waren Grundlage für die 1974 erstmals erfolgte Abbildung eines Tumors an einem lebenden Tier. In den folgenden Jahren wurde durch die Vereinfachung und Beschleunigung der zum Bildaufbau nötigen Datenakquisition (Richard Ernst, Sir Peter Mansfield) Grundlagen für die klinische Anwendung der Kernspintomographie gelegt. Während die ersten kernspintomographischen Geräte noch mit Hilfe von bis zu 100 Tonnen schweren Permanentmagneten arbeiteten, wurde erst durch die Entwicklung supraleitender Magneten mit Feldstärken über 1 Tesla eine weite Verbreitung der neuen Technologie möglich. Daß die neue Technologie trotz Fehlen einer Strahlenbelastung durchaus praktische Gefahren birgt wurde im Jahr 1989 in tragischer Weise durch den Tod eines Herzschrittmacherpatienten offensichtlich. Potentielle weitere Gefährdungen, z.B. durch die zunächst als völlig unbedenklich geltenden, die Relaxationszeiten ändernden Gadolinium- haltigen Kontrastmittel oder die Hochfrequenzradioimpulse haben in den letzten Jahren Aufmerksamkeit erregt. So ist ganz aktuell eine neue EU-Richtlinie, die Arbeitnehmer vor gesundheitlichen Gefahren durch die elektromagnetischen Felder schützen soll, Gegenstand heftiger Diskussionen.