



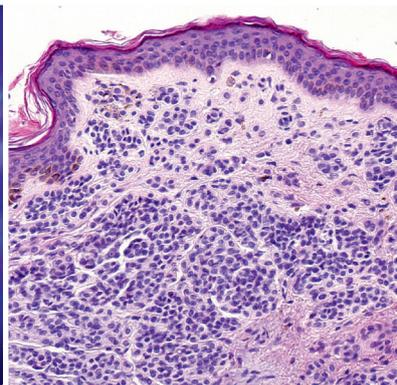
1885

Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt die Strahlung.



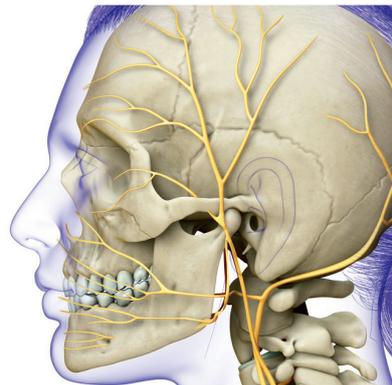
1896

Leopold Freud, ein Wiener Allgemeinmediziner, führt die erste experimentelle Bestrahlung eines konnatalen Nävuszellnävus durch.



1897

Hermann Gocht setzt erstmals Strahlen als Schmerztherapie bei Trigeminusneuralgie ein.



1898

Marie und Pierre Curie entdecken Polonium und Radium und prägen den Begriff Radioaktivität.



# Die „neue Art von Strahlen“

Die Entdeckung der „neuen Art von Strahlen“, wie Wilhelm Conrad Röntgen sie bezeichnete, sollte Diagnose und Therapie revolutionieren. Auch wenn zum Zeitpunkt der Entdeckung 1895 noch nicht klar war, wie Röntgenstrahlen eingesetzt werden sollten, entwickelte sich die Bildgebung kontinuierlich weiter bis hin zu CT und MRT.

Manuela-C. Warscher

Langanhaltende Ovationen begleiteten im Jänner 1896 den Bericht von Wilhelm Conrad Röntgen über X-Strahlen – die „neue Art von Strahlen“, wie der Würzburger Physiker sie bezeichnete, die er kaum ein halbes Jahr zuvor entdeckt hatte. Wie allerdings diese sensationelle Entdeckung in der Medizin Verwendung finden sollte, darauf hatte Röntgen keine Antwort. Denn: Für weitere Versuche mangelte es ihm schlichtweg an der nötigen Zeit. Damit war es an den Klinikern, das „neue Licht“ für die Medizin nutzbar zu machen. Die Radiologie war geboren. Zu einer Zeit, als Perkussion, Auskultation, Thermometrie und einfache Urindiagnostik die ärztliche Diagnose stützten, sollten aber nicht nur die von Röntgen entdeckten Strahlen, sondern auch die Entdeckung der

natürlichen Radioaktivität durch Henri Becquerel und jene des Radiums durch Marie und Pierre Curie die Medizin nachhaltig verändern.

Anders als bei allen vorangegangenen Versuchen war es Röntgen 1895 schließlich gelungen, fluoreszierende Licht- und Schatteneffekte auf einem Glasschirm zu erzeugen. Dabei war allerdings die Kathodenröhre völlig abgeschirmt – und dennoch leuchteten auch andere Gegenstände, die kein Strahl hätte erreichen können. Die Aufnahme der Hand von Röntgens Frau wurde in zahlreichen Tageszeitungen abgedruckt, wodurch das Potential der neuen Technik breit bekannt wurde. Doch: Um Organe zu untersuchen, mussten Röntgenapparate verbessert und

1899

Erstmals erfolgreiche Bestrahlung von Plattenepithel-Karzinomen der Nase und Wange.

1903

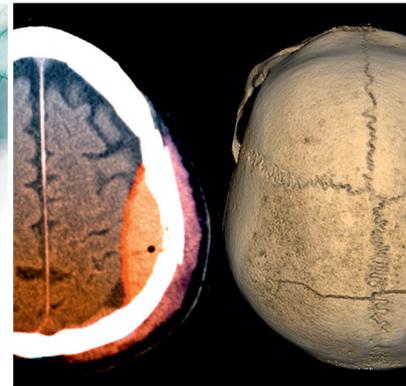
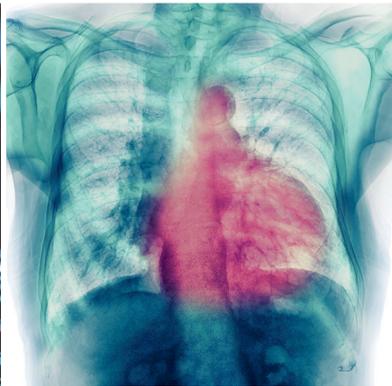
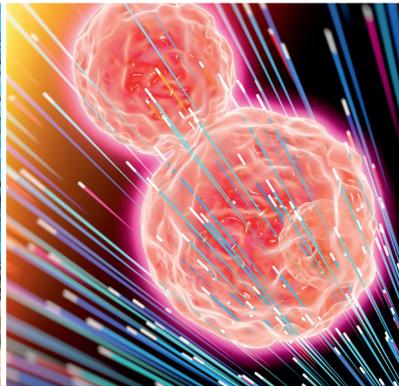
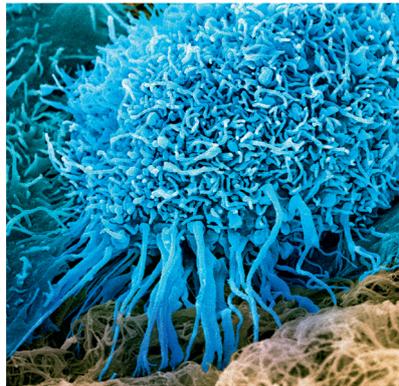
Leopold Freud veröffentlicht erstes Lehrbuch der Strahlentherapie und gründet die „Wiener Schule der Strahlentherapie“.

1907

Der Wiener Robert Klenböck erkennt die Notwendigkeit des Hautabstandes, damit Röntgenstrahlen das Gewebe gleichmäßig durchdringen können.

1917

Johann Radon entwickelt Modell zur Berechnung von dreidimensionalen Objekten aus zweidimensionalen Projektionen.



Röntgenröhren konstruiert werden. In erster Linie aber musste die Expositionszeit verkürzt werden. Immerhin benötigte man für die Aufnahme eines Beckenskeletts bis zu zehn Minuten. Außerdem war in dieser ersten Zeit die Strahlung um 1.500 Mal höher als sie es heute ist. Wenig verwunderlich also, dass diese frühe Anwendung von extremen Schädigungen und Nebenwirkungen begleitet waren. Die Kombination von hoher Dosis und langer Bestrahlungszeit führte zu Karzinomen, Verbrennungen und teilweise Amputationen. Mit der Dauer ihrer Anwendung erkannten Ärzte nach und nach die Gefährlichkeit der Strahlen. 1927 schließlich hob der Genetiker Hermann J. Muller ihren Einfluss auf das Erbgut hervor.

Nicht einmal zwei Wochen nach der Entdeckung von Wilhelm Röntgen führte der deutsche Pionier der Zahndiagnostik Friedrich Otto Walkhoff die erste dentale Röntgenaufnahme durch. Er verwendete eine gewöhnliche Fotoglasplatte, umhüllte sie mit Kofferdam und hielt sie 25 Minuten lang in seinem Mund zwischen Zähnen und Zunge. Dabei beobachtete er an sich starken Haarausfall – und keine Hautpusteln, was möglicherweise auf die geringere Strahlung von weniger als 300 Rads zurückzuführen war.

## Diagnostisches Röntgen

An diesem denkwürdigen Novembertag, an dem Röntgen die Strahlung entdeckte, betrat die Medizin eine neue Welt: „Wir werden in die Gelenke [...] ins Innere des Körpers schauen können“, hieß es in der „Deutschen Medicinischen Wochenschrift“. Tatsächlich wurden bereits ab 1896 mithilfe der Röntgen-Strahlen zahlreiche unbekannte anatomische Knochen-

veränderungen während des Wachstums und der Reifung des Stützapparates entdeckt sowie verschiedene Normvarianten und Erkrankungen wie Osteomyelitis oder Knochentuberkulose beschrieben. In Wien gelang dann eine weitere weltweite Sensation: Nachdem der Physiker Eduard Haschek vor zahlreichen Chirurgen der k.k. Gesellschaft der Ärzte Röntgenaufnahmen für chirurgische Zwecke herstellte, erweiterte er wenig später das Aufnahmespektrum auf Gefäße. Dabei injizierte er die ‚Teichmannsche Mischung‘ (Kreide, Zinnober und Petroleum) in die Gefäße einer amputierten Hand, woraufhin diese eindeutig sichtbar waren. Von diesen Erfolgen angespornt wurde 1897 die erste Röntgen-Centrale im Allgemeinen Krankenhaus in Wien eröffnet. In Graz errichtete der Entdecker des Bakteriums E. coli, Theodor Escherich, ebenfalls 1897 die erste Röntgeneinrichtung in einem Kinderkrankenhaus in Europa. Escherich beobachtete dort mit Hilfe des Röntgenapparats das Knochenwachstum von Kindern nach der Gabe von Lebertran.

Die Optimierung der Diagnostik mittels Röntgen ging Hand in Hand mit Kontrastmitteln. So waren intrakranielle Tumore zwar seit einigen Jahrhunderten bekannt, doch auch die X-Strahlen ermöglichten lediglich eine geringe Zahl an exakten Lokalisationen. Hier leistete vor allem Walter E. Dandy Besonderes: Der US-amerikanische Neurochirurg injizierte 1918 Luft und andere Substanzen als Kontrastmittel in das Ventrikelsystem des Gehirns. Mit mäßigem Erfolg: Nur knapp ein Viertel der Ventrikulographien führten zu korrekten Diagnosen. Aufbauend auf der Arbeit von Dandy entwickelte der Portugiese Egas Moniz 1925 eine neue Methode zum Nachweis von Gehirntumoren. Dabei ging der Neurologe von der »

**1925**

Der deutsche Physiker Hermann Behnken definiert „Röntgen“ als Einheit für die Ionendosis.

**1930**

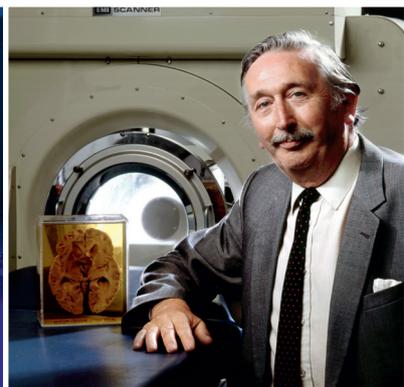
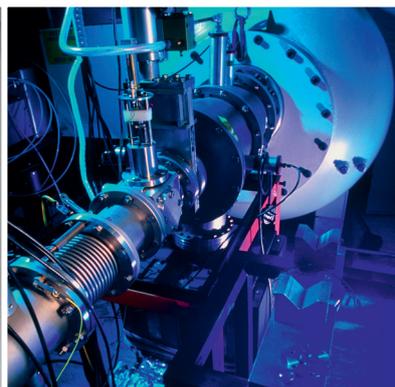
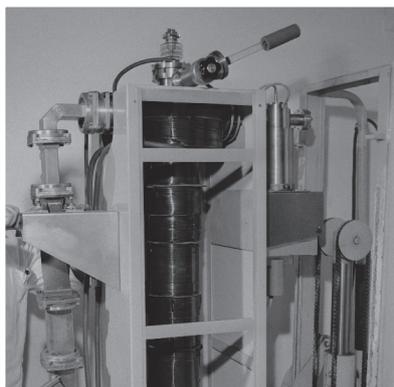
Der norwegische Physiker und Erfinder der Teilchenbeschleuniger Rolf Wideröe baut den ersten Hochfrequenz-Linearbeschleuniger.

**1949**

G. R. Newbery vom Hammsmith Hospital in London konstruiert den Linearbeschleuniger für strahlentherapeutische Zwecke.

**1972**

Erstes CT-Gerät: Godfrey N. Hounsfield entwickelte 1968 den ersten Experimental-Scanner, der auf Röntgenstrahlung basiert.



» Annahme aus, dass die hervorgerufenen Deformationen der zentralen Gehirnstrukturen durch Röntgen möglich sind und damit auch ihre Lokalisation. Die ersten Versuche mit intravenös injiziertem oder parenteral verabreichtem Lithiumbromid misslangen ebenso jene mit Strontiumbromide. Das ändert sich erst mit der intraarteriellen Gabe von Kontrastmitteln. Nur ein Jahr später konnten Moniz und sein Partner Almeida Lima das Gehirnarteriogramm eines Hundes aufnehmen; die Expositionszeit lag bei einer Viertelsekunde. Es folgten anatomische Studien an Leichenarterien und noch im selben Jahr die Lokaldiagnose einer pathologischen Veränderung im Gehirn einer Leiche. Eine der ersten Anwendungen am Menschen war vom Tod des Patienten – aufgrund einer Carotis-Thrombose – überschattet. Zwischen 1927 und 1931 führte Moniz mehr als 300 Arteriographien durch und dabei gelang es ihm, den eigenen Kreislauf des Meningeoms (A. carotis externa) zu skizzieren. Damit war eine Differentialdiagnose zwischen Meningeomen und anderen Tumoren möglich.

### Anfänge der Radiotherapie

Der Wiener Dermatologe und Allgemeinmediziner Leopold Freund gilt als Begründer der Radiotherapie. Im November 1896 bestrahlte über zehn Tage hindurch täglich zwei Stunden ein behaartes Muttermal auf dem Rücken eines achtjährigen Mädchens. Zwar blieb diese Behandlung nicht ohne Nebenwirkungen (nekrotisierendes Geschwür, Schwellungen, Rötungen und Blasen), dafür war sie aber umso nachhaltiger: 60 Jahre später war die Haut der nunmehr 64-jährigen Frau immer

noch haarlos und zeigte hyperkeratotische Veränderungen. Bereits drei Jahre später – 1899 – konnte die Heilung eines bösartigen Tumors dokumentiert werden: Eine schwedische Patientin wurde drei Monate lang täglich bestrahlt und damit ihr Hautkrebs erfolgreich bekämpft. Die Behandlung von tiefer gelegenen Tumoren war allerdings erst in den 1920er Jahren mittels Ein-Feld-Technik ohne wirkliche Dosimetrie und Fraktionierung möglich. Die Fortschritte bei der Therapie in diesen ersten Jahrzehnten erfolgten gemäß einem Fazit von James Ewing: „Das Einzige, was man tun kann, ist, den Patienten unter die Maschine zu legen und das Beste zu hoffen.“ In den Jahrzehnten nach der Jahrhundertwende rückten die Leukämie und tiefliegende Tumore in den wissenschaftlichen Fokus. Der Ausbau der Tiefentherapie erfolgte dann vorwiegend in der Gynäkologie – vor allem über Blutungsanomalien bei Myomen und Zervixkarzinomen. Die gynäkologische Radiologie hatte eine Sonderstellung nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass das Zervixkarzinom das häufigste und zugleich strahlensensibelste Genitalkarzinom war. Die beiden Erlanger Gynäkologen Ludwig Seitz und Hermann Wintz definierten mit der so genannten Kastrationsdosis jene Strahlendosis, die „nötig ist, um mit Sicherheit die Kastration bei jeder Frau herbeizuführen“. Diese liegt bei 34 Prozent der Hauteinheitdosis.

### Sonographie und „zeugmatographie“

Während des Zweiten Weltkriegs kam es zur ersten klinischen Anwendung der Sonographie. In den späten 1940er Jahren beobachteten Physiker die Adsorption und Emission von elektromagnetischer Strahlung in kondensierter Materie. Für

1987

Erstes Spiral-CT, mit dem der Körper des Patienten kontinuierlich bewegt werden kann.

1993

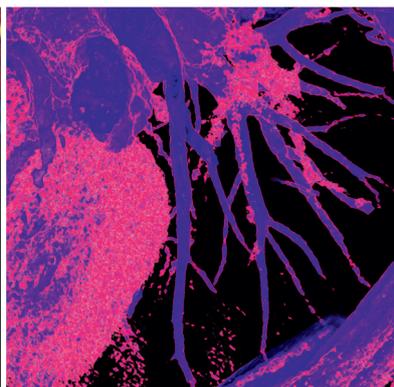
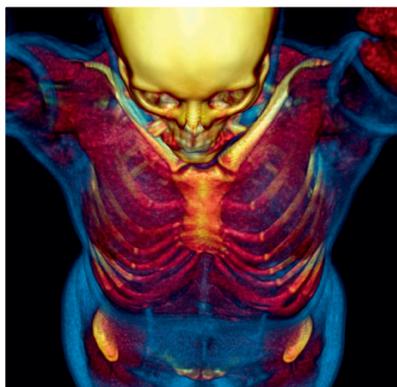
Erste klinische Anwendung der CT-Angiographie.

1998

Erster Einsatz von Zwei- und Vierzeilen-CT mit verbesserter Bildqualität.

2005

Erstes Dual Source-CT mit minimierter Strahlung zur Analyse der Herzfrequenz verfügbar.



diese Entdeckung erhielten Edward Mills Purcell und Felix Bloch den Nobelpreis für Physik. Im September 1971 setzte der US-amerikanische Chemiker Paul C. Lauterbur Magnetfeldgradienten erstmals erfolgreich in allen drei Dimensionen ein, um NMR-Bilder zu generieren. Bis dahin waren alle Versuche gescheitert – nicht zuletzt, weil niemand das NMR-Signal orten konnte. Lauterbur bezeichnete seine Methode ‚zeugmatographie‘, um die Verbindung von chemischen und räumlichen Informationen zu beschreiben. Der Begriff wurde später durch NMR und MRI ersetzt. Basierend auf der Ar-

beit von Lauterbur folgte die Computertomographie in den 1970er Jahren und der breite Einsatz der Magnetresonanztherapie ab den 1980er Jahren. Schließlich hielt 1998 der erste Prototyp eines Positronenemissionstomographie-CT (PET-CT) Einzug in die Medizin. ☉

*Quellen: Friedmann, H. Escheria: ASM Journal, 2021; Heuck, E: Röntgenstrahlen, 1995; Lipp, P: Geschichte Uni Saarland, (zuletzt abgerufen: 27.10.2021); Sack, H. Strahlentherapie, 2009; Sansare, K.: X-rays, 2011.*

### Röntgen-Strahlen und die Folgen

Einer der ersten, der Schäden durch Röntgenstrahlen erlitt, war der Absolvent des Columbia Colleges Herbert D. Hawks. Er führte 1896 einige Wochen lang radiographische Demonstrationen in einem Kaufhaus in New York durch: Die Aufnahme seiner Hand dauerte 30 Sekunden und jene der Rippe zehn bis 15 Minuten. Zunächst bemerkte Hawks, dass seine Haut austrocknete, die Schwellung der Hand und tiefe Hautverbrennungen. Zwei Wochen später wurden die Knöchel wund, die Fingernägel wuchsen nicht mehr und die Haare fielen aus. Auch seine Sehkraft war beeinträchtigt.

Clarence Dally, Glasbläser und Assistent von Thomas A. Edison, war einer der ersten, der an Strahlendermatitis litt. Zusammen mit seinem Bruder arbeitete er an der Entwicklung der Edison-Röntgenfokussieröhre und sie entwickelten das Fluoroskop mit Calciumwolframat. Nach und nach bemerkte Edison, wie „das Röntgenbild [s]einen Assistenten, Mr. Dally, vergiftet hatte.“ Die

Strahlenschäden an Händen und Gesicht waren enorm. Da er Rechtshänder war, nutzte er seine linke Hand, um den Strahl der Maschine zu testen. Eine Läsion an seinem Handgelenk wurde 1902 erfolglos mit Hauttransplantationen behandelt; die Amputation war unausweichlich. Etwas später mussten vier Finger der rechten Hand abgenommen werden. Dally gilt als erster Mensch, der an den Folgen der Röntgenstrahlung – einem Mediastinaltumor – verstarb.

Der erste Radiologe der USA, Walter James Dodd, wurde 32 Mal operiert: Dabei wurden etwa Hautläsionen behandelt, aber auch zahlreiche Finger amputiert. Dodd starb schließlich 1916 an einem Lungenkarzinom.

Fritz Giesel, Partner von Friedrich Otto Walkhoff im ersten zahn-radiologischen Labor, verstarb 1927 an einem metastasierenden Karzinom aufgrund der Strahlenexposition seiner Hände.