

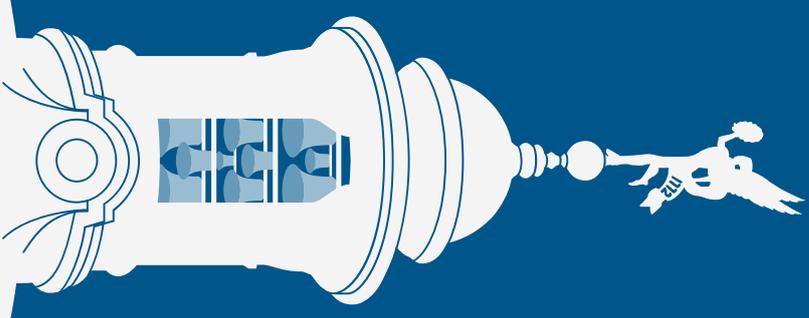
# Refresherkurs "Geschichte der Strahlentherapie"

29. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie

Dr. med. Michael Oertel

Klinik für Strahlentherapie – Radioonkologie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. H. T. Eich



## Erklärung zu möglichen Interessenskonflikten:

**Berater- und Gutachter Tätigkeiten**

Nein.

**Honorare**

Nein.

**Forschungsfinanzierung**

Nein.

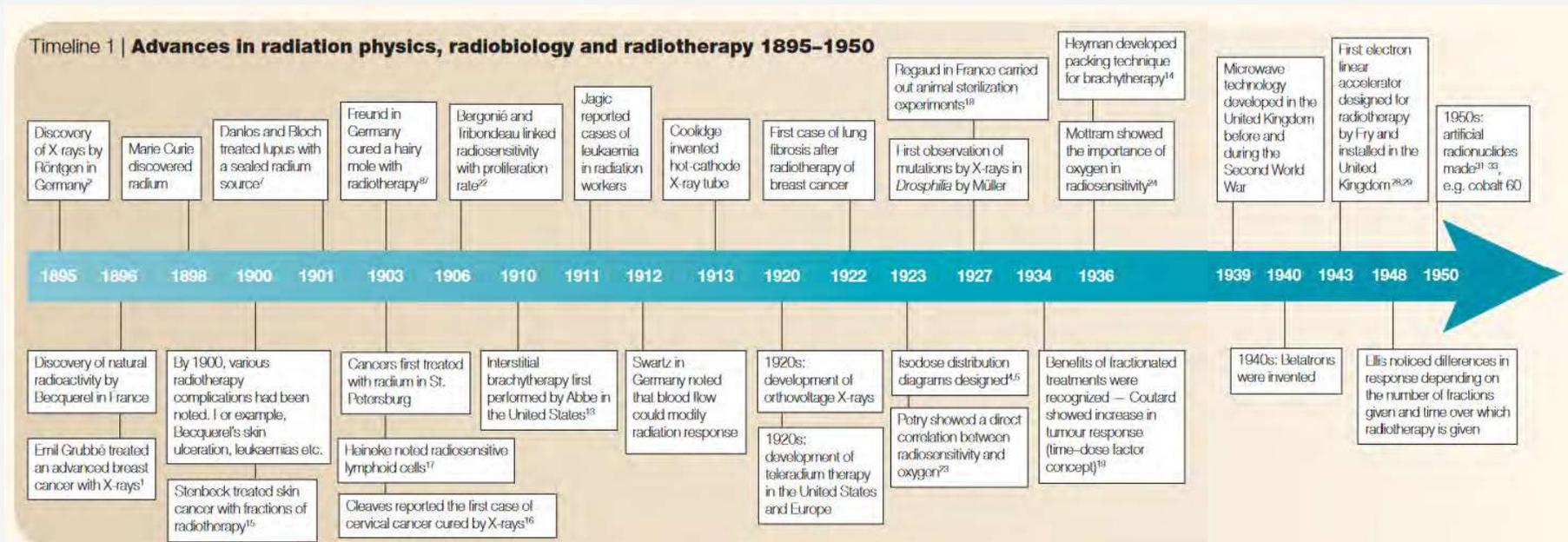
**Eigentümerinteressen (Patent, Urheberrecht, Verkaufslizenz)**

Nein.

**Geschäftsanteile, Aktien, Fonds**

Nein.

# Historie der Strahlentherapie und Radiobiologie



**128 Jahre in 15 Minuten = 7 Sekunden/Jahr**

# 1895 – Entdeckung der „X-Strahlen“



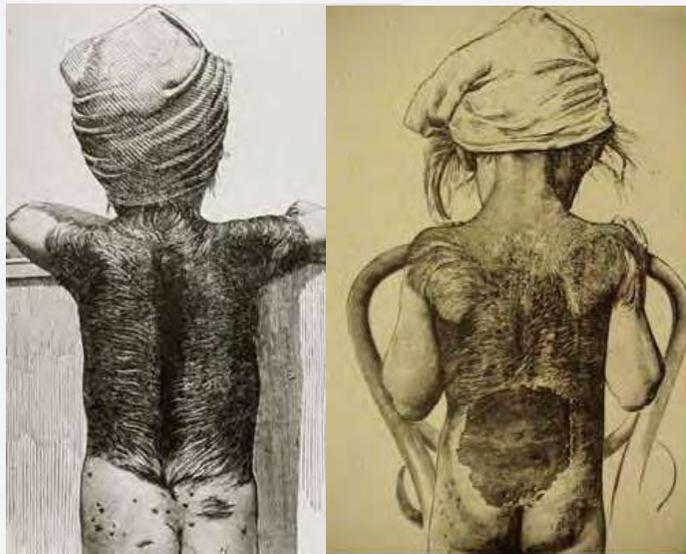
**Wilhelm  
Conrad  
Röntgen  
(1845-1923)**



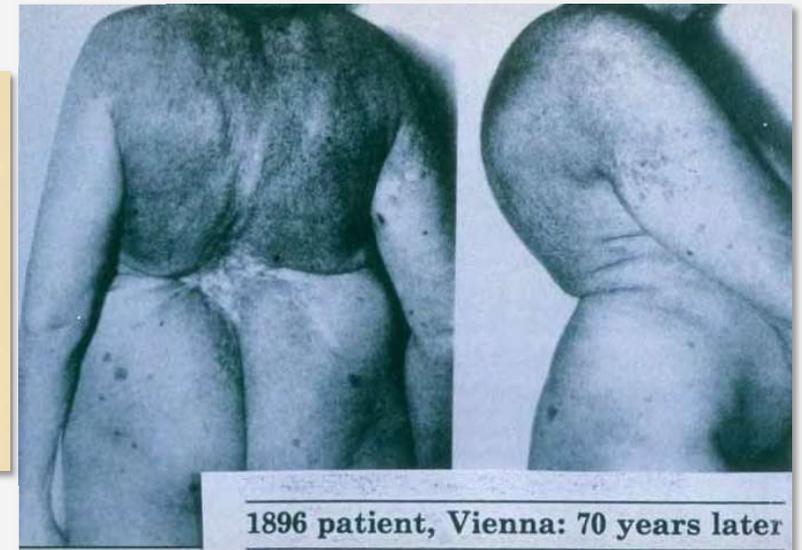
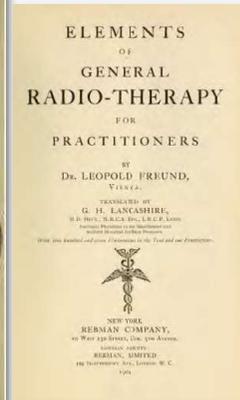
# 1896 – Erste Strahlenbehandlung



Leopold Freund  
(1868-1943)

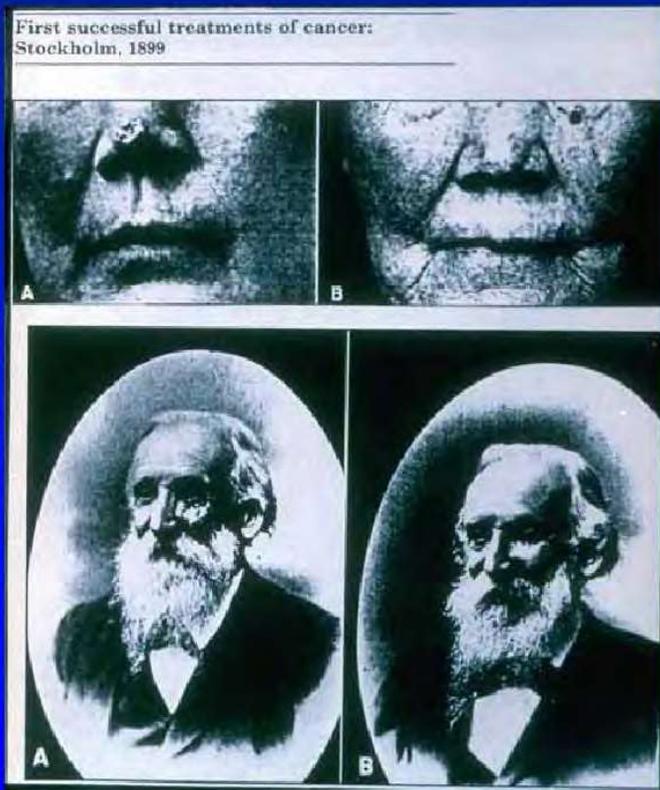


Wien. med. Wschr. 1897



# 1899 – Erste Krebsbestrahlung

First successful treatments of cancer:  
Stockholm, 1899



**Thor Stenbeck** behandelte ein Basalzellenkarzinom der Nase einer 49-Jahre-alten Frau. 100 Behandlungen im Verlaufe von 9 Monaten. Die Patientin überlebte bei guter Gesundheit 30 Jahre.

**Tage Sjörgen** heilte ein Epithelzellenkarzinom mit 50 Behandlungen im Verlauf von 30 Monaten.

R. Michel, ZSR, Leibniz Universität Hannover

# Initial mehr „benigne“ Erkrankungen

Lupus vulgaris

Epilepsie



## 1900 – ca. 1920 – Die „Deutsche Schule“

- Dominanz der Deutschen Forschung
- Hypofraktionierung/Einzelfraktionen
- Hohe Ansprechrate, weniger Langzeit-“Heilung“
- z.B. inflammatorische Erkrankungen: Paronychium, Furunkel, Abszesse...

**Table 1** Overview of the literature on the use of RT for furuncle/carbuncle

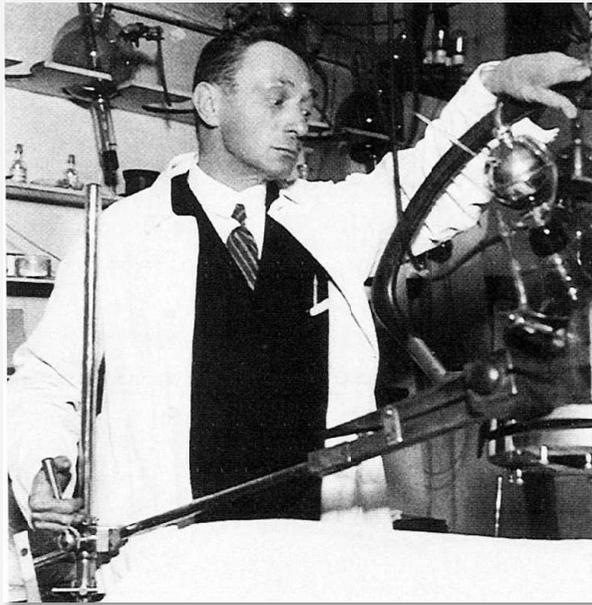
Author, year	n	Cured		Improved		Total response
		n	%	n	%	
Heidenhain, Fried 1924 (Heidenhain and Fried 1924)	16	4	25	10	63	88
Kingreen 1926 (Kingreen 1926)	37	32	86			86
Seemann 1927 (Seemann 1927)	20	10	50	9	45	95
Otto 1929 (Otto 1929)	Furuncle	31	30	97		97
	Carbuncle	27	25	93		93
Glauner 1951 (Glauner 1951)	380	330	87			87
Hassenstein 1976 (Hassenstein 1976)	8	1	12	7	88	100

Bernier et al. Nat Rev Cancer. 2004 Sep;4(9):737-47.

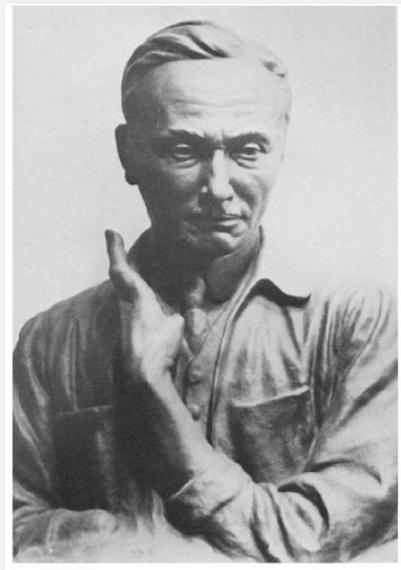
Oertel, Glatzel (2020): Radiotherapy for Inflammatory Diseases.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-52619-5\\_134-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52619-5_134-1)

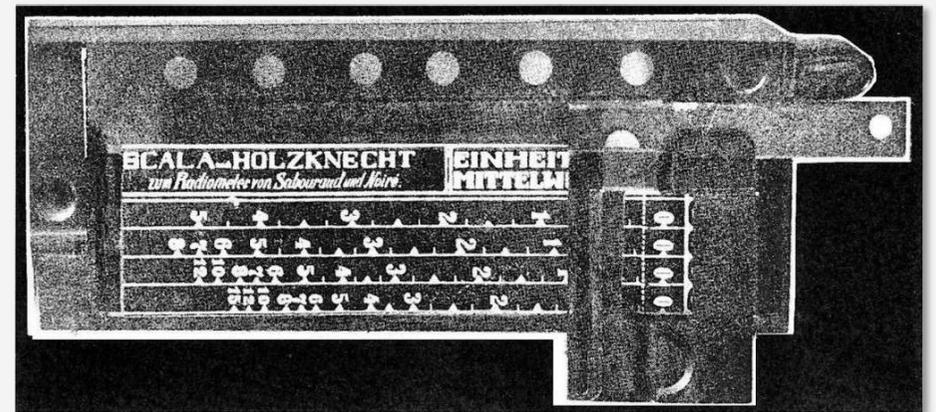
# 1901 - Chromoradiometer (Dosimetrie)



**Guido** Ludwig **Holzkecht**  
(1872-1931)



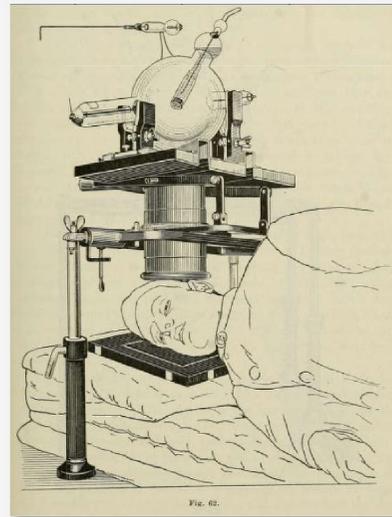
Skulptur von Josef  
Josephu 1932



# 1903 - Nachweis somatischer Schäden am Kaninchenhoden



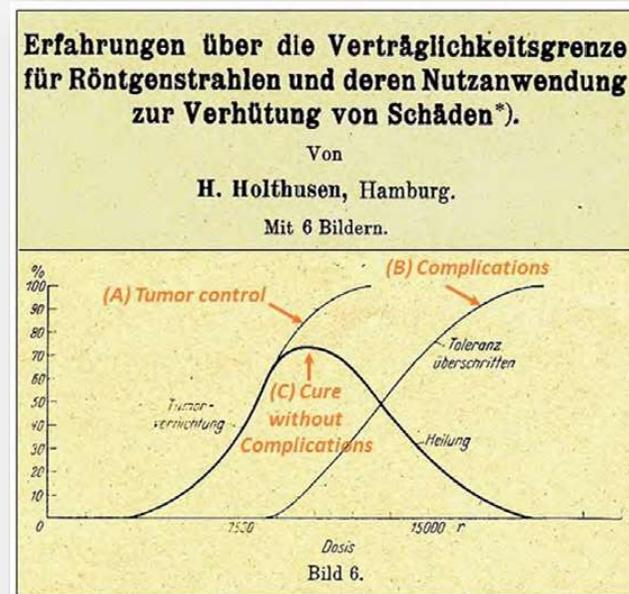
**Heinrich Ernst  
Albers-Schönberg  
(1865-1921)**



# 1936 – Beschreibung Dosis-Wirkungskurven



**Hermann  
Holthusen  
(1886-1971)**



Holthusen H (1936) Erfahrungen über die Verträglichkeitsgrenze für Röntgenstrahlen und deren Nutzenanwendung zur Verhütung von Schäden. Strahlentherapie 57:254-269

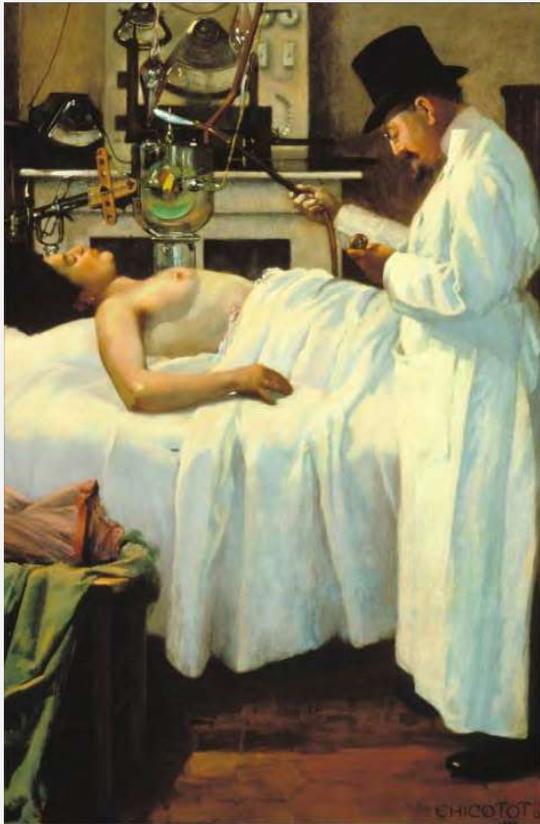
# Erste moderne Ansätze



- Begründer der Quantenbiologie
- Röntgen- und Radiumtiefentherapie
- Entwicklung der „Kreuzfeuer-RT“

**Friedrich Dessauer**  
(1881 – 1963)

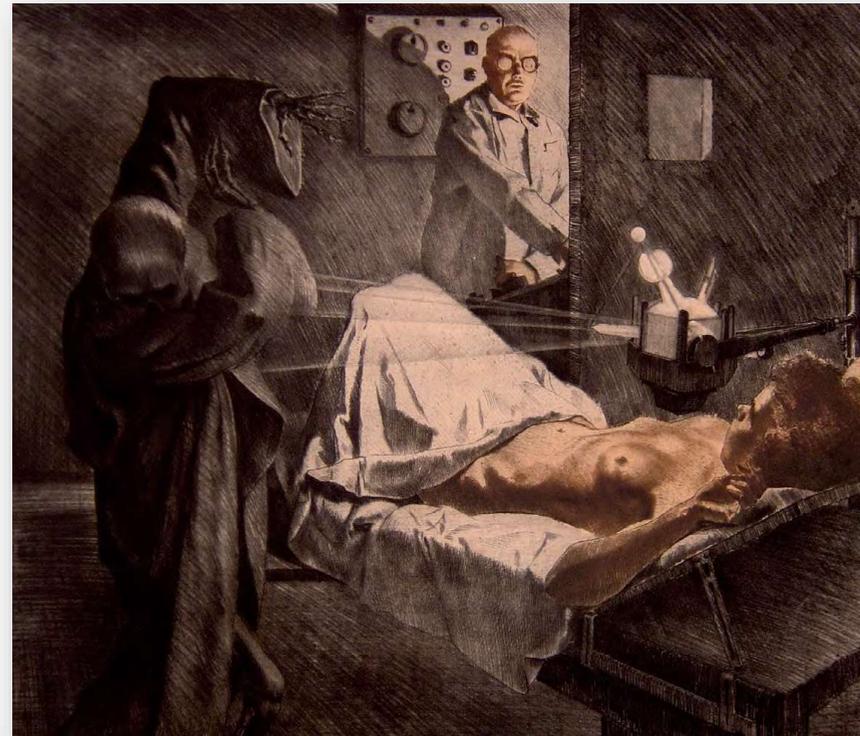
# Kunst und Selbstbild



*Premiers essais  
du traitement du  
cancer par les  
rayons X*

*Erste Versuche  
der Behandlung  
des Brustkrebs  
mittels  
Röntgenstrahlen*

Georges  
Chicotot, 1907

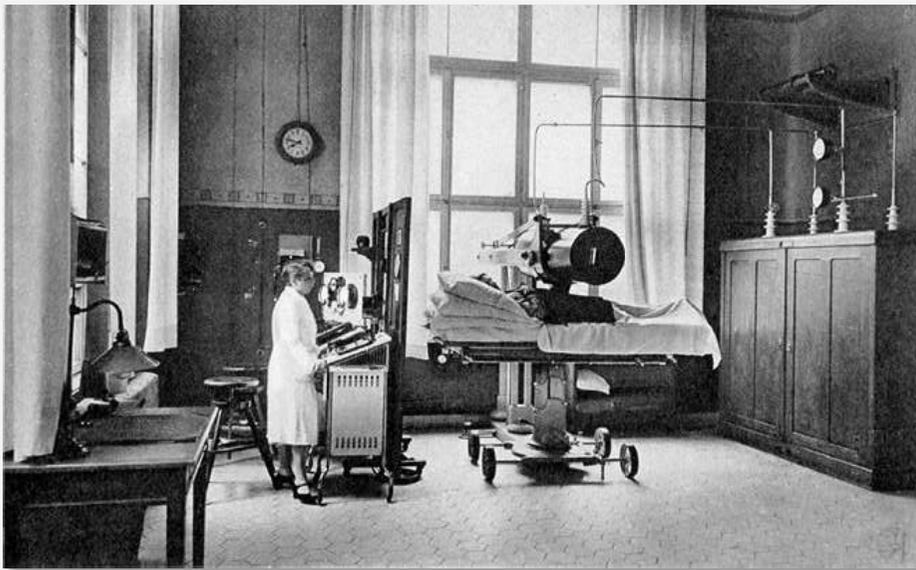


*Der  
Röntgenologe  
schießt mit  
Röntgenstrah-  
len auf den  
Tod*

Ivo Saliger,  
1921

© Library of Congress

# Insuffizienter Strahlenschutz

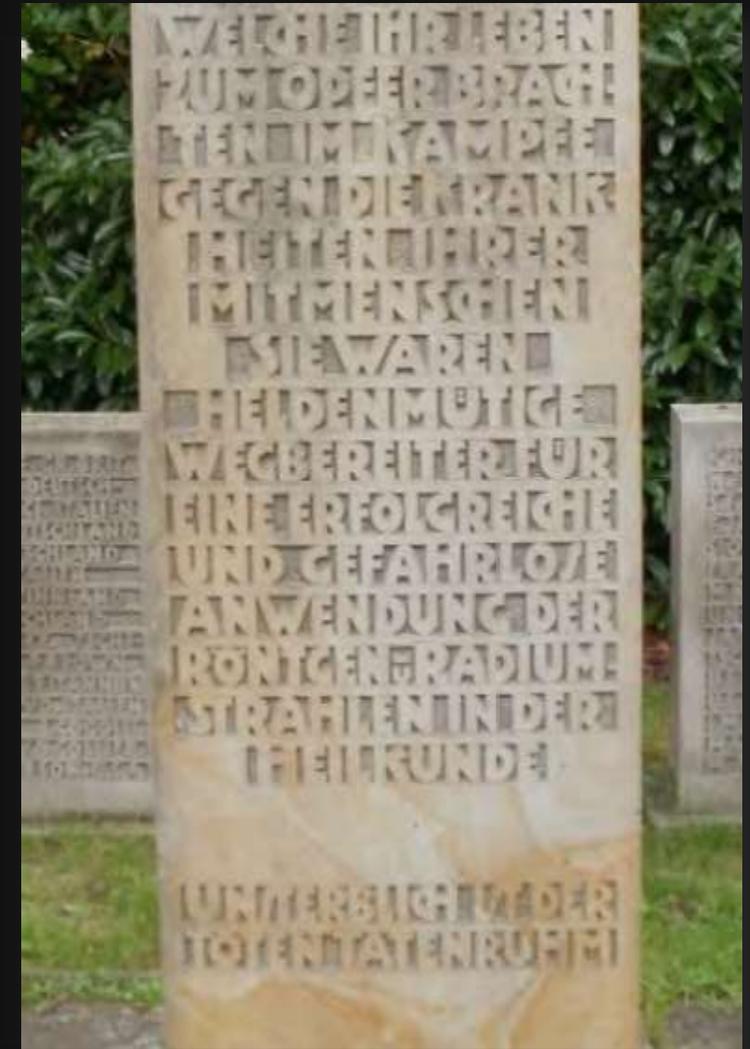


Ein Therapieraum in den 1920er Jahren – mobile (insuffiziente) Abschirmungen



„Röntgenkabinette“ für Diagnostik und Therapie

# Ehrenmal der Radiologie



Meyer, Hans (Hg.) Ehrenbuch der Röntgenologen und Radiologen aller Nationen (= Sonderbände zur Strahlentherapie, Bd. 22), Berlin, Wien 1937, S. VII)

# Zusammenfassung

- 1895: Entdeckung der X-Strahlen durch W.C. Röntgen
- Bereits frühe therapeutische Anwendung
- 1900-1920: „Deutsche Schule“
- Anwendung vor allem für benigne Erkrankungen
- Insuffizienter Strahlenschutz für Personal und Patienten

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

**Dr. med. Michael Oertel**

Oberarzt; PJ-Beauftragter

[Michael.oertel@ukmuenster.de](mailto:Michael.oertel@ukmuenster.de)



[@MikeOertel\\_MD](https://twitter.com/MikeOertel_MD)



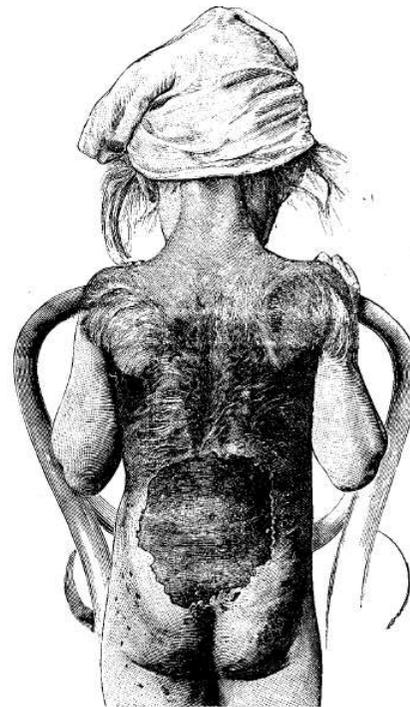
# Geschichte der Radiologie / Radioonkologie – 1933-1945

PD Dr. med. Franziska Eckert, Apl. Prof. (Univ Tübingen)

Universitätsklinik für Radioonkologie

Medizinische Universität Wien, AKH, CCC Vienna

# Leopold Freund



## Nachtrag zu dem Artikel „Ein mit Röntgen-Strahlen behandelter Fall von Naevus pigmentosus piliferus“.\*)

Von Dr. LEOPOLD FREUND in Wien.

Der weitere Reaktionsverlauf an den der Röntgen-Beleuchtung exponirten Hautstellen ergab mehrere bemerkenswerthe Momente. Bevor ich zur Besprechung derselben übergehe, sei mir gestattet, die wichtigsten Daten aus der geschilderten Versuchsreihe in Kürze zu rekapituliren.

Es waren 2 Stellen des mit dem ausgebreiteten Naevus pilosus besetzten Rückens den Kathodenstrahlen

# Verfolgung in Wien 1938

Prof. Pernkopf (Anatomie) als  
Rektor der Univeristät Wien



## Verzeichnis über das Vermögen von Juden nach dem Stand vom 27. April 1938

992  
Von: Leopoldine Sara u. Stefania Sara Freund Wien I. Graben 12.  
wurden am heutigen Tage nachstehende ablieferungspflichtige Wertgegenstände angekauft:

Laufende Nr.	Gegenstand	Ankaufspreis Reichsmark	Anmerkung
1	2 Bratenschüsseln 3.650 g Silber	125.-	W
2	2 Konfektkörbe 350 g Silber	12.-	W
3	1 grosser Schöpfer 6 Vorleger 2 Spiesse 8 grosse Löffel 12 Eis Löffel 2 Salzlöffel 8 grosse 12 kleine Gabeln 12 Fischgabeln 12 Fischmesser 4.400 g Silber 8 grosse 12 kleine Messer 12 Kon fektgabeln 12 Konfektmesser 400 g Silber ungleich	120.-	W
4	2 Salzfässer 80 g Silber 4 3 Tassen 8 Aufsätze 3 grosse 2 kleine Körbe 1 Jardiniere 2 Bilder rahmen 1 Zuckerdose 2 kleine Kannen 2 Zuckerschalen 4 Salzfässer 6 kleine Becher 8 Untersätze 2 Deckeln 2 kleine Teller 1 Streuer 1 Zuckerzange 3 Vor leger 7 grosse 6 kleine Löffeln 2 Gabeln 11.000 g Silber 5 Vorleger 3 Messer mit Silber heften aa.50 g	532.- 53.20 483.80	W

Wien, am 23. März, 31 Mai 1939

6 kleine Körbchen  
Metall zurück

Erledigt *[Signature]*

Von: Leopold Israel Freund, Wien, (I. am Graben 12) XIX. Saarlandstr. 13.  
wurden am heutigen Tage nachstehende ablieferungspflichtige Wertgegenstände angekauft:

Laufende Nr.	Gegenstand	Ankaufspreis Reichsmark	Anmerkung
1	1 Ring mit Brillanten 4 Gramm Gold mit Steinen	180.-	B III
2	1 gold Damenuhr 8gr. mit Brillanten	60.-	W
3	1 Damennadel mit 1 Brillant mit Reihen 7g Gold mit Steine	280.-	B III
4	1 Herrennadel mit 1 Brillant 1.8g Gold mit Steine	60.-	W
5	1 Herrennadel mit 1 Brillant und Perlen 2 Gramm Gold und Steinen	30.-	W
6	1 Armreif 1 Ring 1 Herrennadel 1 Doppelknopf 1 Knopf mit Brillanten und Perlen 22.7 Gramm Gold mit Perlmutter <del>23.7 Gramm</del>	58.-	B II
7	1 Damennadel mit 1 Brillant 6 Gramm Gold	15.-	B II
8	1 Armreif 1 Brille 2 Angehänge 2 Schieber 1 Stiefelring 1 Hering 2 Ohrringe 2 Ohrschrauben 1 Ring 1 Schliesse 1 Hemdknopf 1 Kettenteil 2x Gramm Gold	54.- 23.-	BI
9	1 Herrennadel 8g Gramm Gold mit Stein antik	10.-	
10	1 Schliesse 50 Gramm Silber	1.-	
Summe:		748.-	
abzüglich 10%		74.-	
		666.-	

29. April  
20. Dezember  
Wien, am 19

# Gedenken?



Ascher, Otto	05.04.1898	1924	Hamburg, Emigration 1936 nach Tel-Aviv/Palästina, Gest. 22.12.1944.
Bacharach, Karl (*)	14.02.1885	1909	München, Emigration 1936 nach Valencia/Spainien. Suizid der gesamten Familie am 20.06.1936.
Baden, Siegfried	24.06.1882	1908	DRG
Baender, Erich (Eric)	16.02.1899	1924	Berlin, Emigration 1940, Gest. 03.09.1950 in Großbritannien.
Becker-Matheimer, Olga	20.10.1896	1923	Hamburg, Emigration 1936 nach New York/USA, Gest. 31.01.1978 Freeport, New York/USA.
Bernstein, Arnold		1921	DRG
Blank, Walter	08.12.1894	1920	DRG
Blumberg, (Jacob) Moritz	27.06.1873	1896	DRG
Bockemüller, Julius H. R.	10.10.1895	1922	Sickte b. Braunschweig. Zum Tode verurteilt. Hingerichtet am 21.04.1943 in Berlin-Plötzensee.
Bucky, Gustav	03.09.1880		Berlin u. New York. Emigration 1933 in die USA. Gest. 19.02.1963 in New York/USA.
Burghelm, Friedrich K. (Frederick C.)	29.08.1898	1924	DRG
Buschke, Franz Julius	8.24.1902	1927	Berlin, Emigration in die Schweiz, San Francisco/USA.
Caan / Cahri, Albert	21.03.1882	1908	DRG
Calvi, Adolf Wolfgang	01.12.1890	1914	DRG
Caro, Felix Viktor	18.06.1881	1908	Berlin.
Cohn, Max	09.06.1876	1902	DRG
Cohn, Moritz	20.08.1867	1894	DRG
Cohn-Salsch, Arthur	07.11.1879	1904	DRG
Czarnikauer, Heinrich	12.10.1868		Nürnberg.
Damen, Hans	23.06.1898	1925	Berlin, Emigration nach Shanghai/China, Gest. 15.08.1944.
David, Oskar	05.03.1880	1907	DRG
Dienstfertig, Arno	16.05.1894	1919	DRG
Eckstein, Hugo	1875	1898	DRG
Ehmann, Rudolf	1879	1903	DRG



Leopold Freund  
 Hugo Frey  
 Alfred Friedrich  
 Alfred Viktor Frisch  
 Emil Fröschels  
 Otto Fürth  
 Siegfried Gatscher  
 Josef Gerstmann  
 Karl Glaessner  
 Emil Glas  
 Alfred Götzl  
 Ernst Gold  
 Waldemar Goldschmidt  
 Bernhard Gottlieb

# Medizin und Holocaust

- Nationalsozialismus als „angewandte Biologie“
- Zentrale Rolle von Biologie, Eugenik
- „Volkskörper“-Konzept
- Der Wert des Einzelnen nur durch den Nutzen an der Gemeinschaft



# Medizin und Holocaust - Entwicklung

- Positive Eugenik
- Zwangssterilisation
- Euthanasie
- Aktion 14f13
- Vernichtungslager
- “Therapia magna Auschwitziensis” (Dr. Horst Schumann)



# Radiologie / Radioonkologie

- Experimente in Auschwitz
- Zwangssterilisation unter dem Gesetz zur Verhütung erbkranken Nachwuchses
- SS Röntgensturmbann
- Opfer und Täter



# Auschwitz

- Sterilisation mit Bestrahlung (m/w)
- Dosisfindungsstufen
- Bestrahlungsgerät gezielt nach Auschwitz geliefert (Siemens)
- Orchiektomie / Ovaryektomie



## *Carcinoma of the Large Bowel After a Single Massive Dose of Radiation in Healthy Teenagers*

SIEGFRIED ROTMENSCH, MD,\* ITAMAR AVIGAD, MD,† EDY E. SOFFER, MD,\* ADA HOROWITZ, MD,‡ SIMON BAR-MEIR, MD,\* RONIT CONFINO,§ ABRAHAM CZERNIAK, MD,† AND ISIDOR WOLFSTEIN, MD†

Three healthy teenagers were exposed to a single pelvic x-ray irradiation as part of sterilization experiments performed in the Auschwitz concentration camp in 1943. Single and multiple carcinomas of the colon and rectum developed 40 years later in the radiation field. Histologic examination of surgical specimens revealed severe radiation-induced changes in all layers of tumor-adjacent areas. In contrast to previous reports of radiation-induced large bowel cancers, these women had not undergone repeated courses of radiation, had no known co-existing disease that might raise the risk for colonic and rectal malignancies, and had an extremely long and remarkably similar latency period. These cases emphasize the need for long-term surveillance in previously radiated patients. Since thousands of teenagers were subjected to similar sterilization experiments, awareness of this association might help in the early diagnosis of additional cases.

*Cancer* 57:728-731, 1986.



# Zwangsterilisation



Hamburg: | Rönt. u. Rad. | Prof. Dr. Holthusen | Rönt. u. Rad.  
 Allgemeines Krankenhaus | | |  
 St. Georg in Hamburg



DE | EN  
 Menü

## Leben in Deutschland: Prof. Dr. Holthusen



Holthusen, Hermann  
 (Foto Deutsches Röntgenmuseum)



Holthusen, Hermann (Hg.): Radiologie, Diagnostik und Therapie (= Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939-1940. Für Deutschland bestimmte Ausgabe der FIAT Review of German Science, Bd. 84), Wiesbaden 1947



Politische Beurteilung Prof. Holthusens durch die NSDAP vom 11.12.1938 (HHSIA\_113-6\_BV92bUA49)

# SS Röntgensturmbann

- SS Einheit radiologisch ausgebildeter Mitarbeiter
- Ziel: Tuberkulose Screening
- Leiter: Prof. Hans Holfelder (Frankfurt), maßgeblich an technischer Weiterentwicklung der Strahlentherapie beteiligt

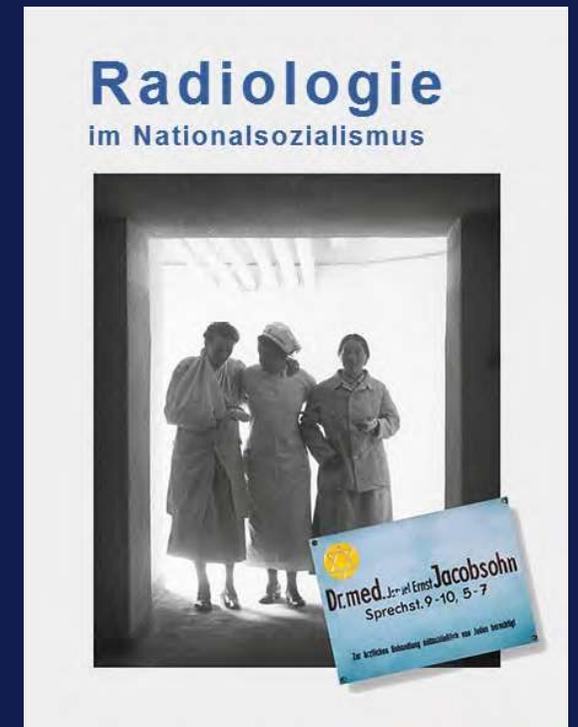


# Ethische Überlegungen

- Gefahr der Enthumanisierung in Klinik und Forschung
- Zwangssterilisierung als “Evidenz-basierte Medizin”, finanziell attraktiv, legalisiert
- Nürnberg Code / Erklärung von Helsinki keine letzte Sicherheit

# Das dunkle Vermächtnis - Radiologie im Nationalsozialismus

PD Dr. med. Franziska Eckert, Apl. Prof. (Univ Tübingen)  
Universitätsklinik für Radioonkologie  
Medizinische Universität Wien, AKH, CCC Vienna





# The Race for Megavoltage

Oliver Micke

Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie

Franziskus Hospital Bielefeld



## THE RACE FOR MEGAVOLTAGE

X-rays versus telegamma

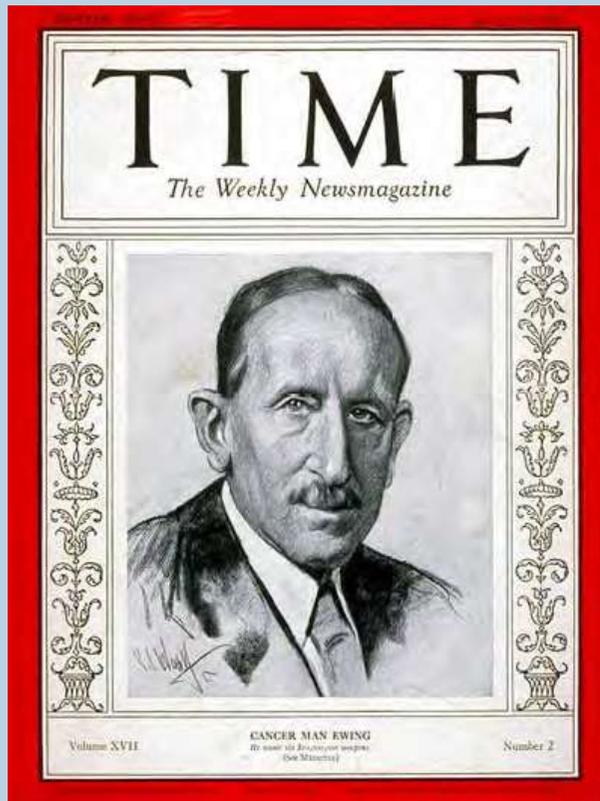
ROGER F. ROBISON

---

**Roentgen's discovery was announced in January, 1896, and x-ray therapy trials followed in 1897. Becquerel rays and radioactive minerals were identified during 1896 through 1898. Radium was used for therapy by 1901, even though a pure standard was not achieved until 1910–1912. Quantities of radium finally became available after 1919, and for 20 years telegamma therapy machines underwent progressive development. Their megavoltage beam was much preferred over the standard 200–250 KV x-ray units of that time. Nuclear physicists during the Great Depression modified electron accelerators into giant 600–900 KV medical x-ray therapy machines and achieved one MV by 1937–1939. These were huge, complex, expensive, and unique to major academic and/or metropolitan centers. During World War II nuclear reactors superseded cyclotrons as efficient factories for new radioisotopes, including 'artificial radium'. Few seemed interested in the latter for use in telegamma therapy until 1949–1951, when three competing teams from Canada and the USA designed telecobalt machines. From this competition, among then unknown innovators, emerged three future giants in radiation therapy: A.E.C.L., H. Johns, and G.H. Fletcher. The clinical application of telecobalt therapy was to revolutionize cancer care in community hospitals worldwide.**

---

# Die frühe Megavoltstrahlentherapie



James Stephen Ewing (1866- 1943)

First Janeway Lecture 1934:

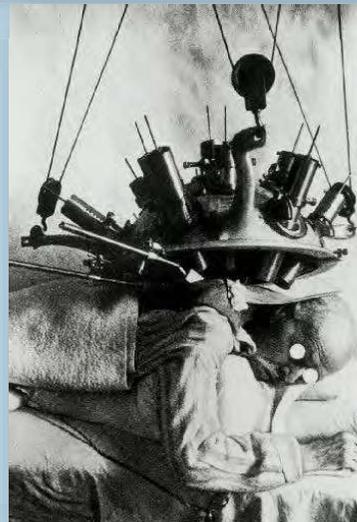
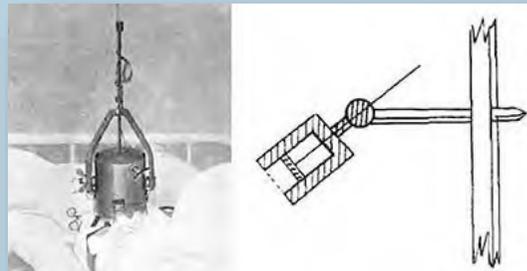
”Quite obnoxious“

“The **noisy racket** of the transformers, the **noxious gases** exhaled from the tubes in ill-ventilated rooms, and the retching of **nauseated patients** created a repulsive contrast to the solemn ceremonies of the surgical amphitheater. Patients were often **burned** from unexpected leaks, and on one or more occasions it is said they were actually **electrocuted** on the treatment table. Roentgenologists who engaged in therapy were looked upon with **suspicion.**”

# Teleradiumtherapie

Radium teletherapy units					
Reported	Institution/ Authors	Grams/ Curies	S.S.D. in cm	Field size in cm	Remarks: (reference No.)
1915-1923	Baltimore, MD: H. Kelly, C.F. Burnam	1.0-4.0	1-10		Radium 1913-15; radon 1918-23 (44-46)
1917	Memorial Hospital NY, NY: H. Janeway, G. Failla	1.0-4.0	1-10		Radium 1914-16; radon 1917-19 (43)
1922	Buffalo, NY: K.W. Stenstrom	1.5 curies	6	6.5-7	Radon only: 17% of skin dose at 10 cm (9, 39, 40)
1922	Middlesex Hosp., London, U.K.; S. Russ	2.5			Portable piston: 18 month trial (24, 49)
1923	Radiumhemmet: E. Lysholm, R. Sievert	1.0-2.0	2-5	5 x 5	Channelled beam, lead protection (51)
1925	Brussels: F. Sloys, E. Kessler	1.3	6-8		13 convergent beams: ceiling mounted (4)
1925	France: L. Mallet, R. Coliez, Danne	0.3-0.6	12+		3 separate sources, floor mounted (4)
1926	Paris Institute of Radium: R. Ferroux, O. Monod	4.0	3-10	a: 14 x 4 b: 150 cm <sup>2</sup>	Ceiling mounted; 29% of skin dose at 10 cm: (37, 52)
1928	Paris, Villejuif: S. Laborde	1.0-4.0		a: 3 x 3 b: 9 x 9	Ceiling mounted (4)
1928	Memorial Hosp. NY, NY: G. Failla	4.0	6-20	10-10	Source stored in unit head: Ceiling mounted (47)
1930-56	Westminster Hosp., London				(37, 50)
	(a) 1930-R Carling	4.0	10	13 x 13	1929-32
	H. Flax, L. Grimmett				trial x 11 mo with 4 gms
	(b) 1934-H. Flint,	2.0	5	3.5 x 3.5	1933-54 in service
	R. Carling, S. Cade,				
	C. Wilson, L. Grimmett				
	(c) 1938-H. Flint,	4.0	8	a: 5 x 3.5 b: 9.0 x 9.0	1936-53 in service
	C. Wilson				
	(d) 1956-C. Wilson	10.0	11.4		1949-54 then converted to cobalt-60
1931	Brussels: M. Cheval, L. Mayer	4.0	a: 4.5 b: 6.5 c: 8.5	8 x 8	1926-7 (77)
1931	Bellevue Hosp. NY, NY: I. Kaplan	5.0	6	8 x 10	1932-7 (75, 76)
1933	Radiumhemmet: R. Sievert	3.0	6	a: 5 x 5 b: 7 x 7	Source transferred from head to safe (52)
1936-37	Radium Institute London: L. Grimmett	5.0	8.3	Nozzles (cones)	Transfer by hand or pneumatic (66, 67)
1937	Radiumhemmet: R. Sievert, S. Bennen	5.0			Transfer by wire or pneumatic (53, 54, 56)
1935-40	United States, Misc:				(4)
	(a) 1935-Philadelphia: W. Newcomer	4.0	4-25	9 x 9	
	(b) 1936-Buffalo: B. Simpson, M. Reinhard	4.5	10-15	10 x 10 fixed	Fixed 3 beams - focused 2-6 cm below skin for 80% skin dose
	(c) 1940-Los Angeles Tumor Inst. A. Warner, R. Neil	4.0			533 r/min at 1 cm

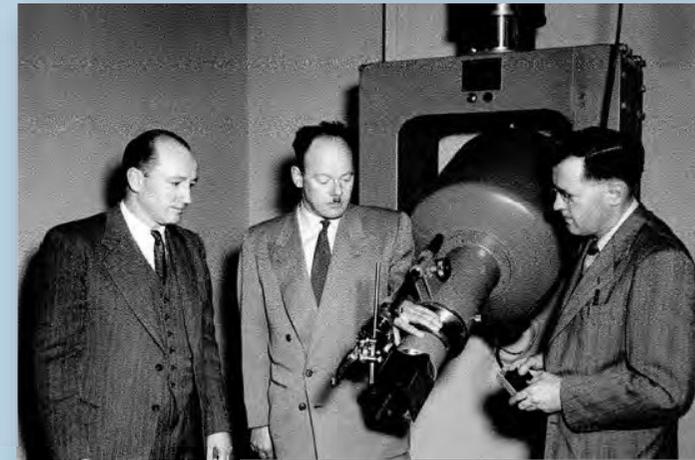
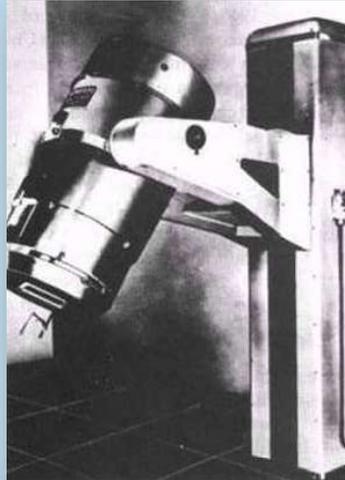
Reported	Institution/ Authors	Grams/ Curies	S.S.D. in cm	Field size in cm	Remarks: (reference No.)
1947-49	U.K., Misc: C. Wilson	10.0			(37, 48, 50)
1951	Royal Hospital London: C. Wilson	12.0			(50)
1954	Roosevelt Hosp. NY, NY: G. Failla, D. Quick	50.0	25	7 x 7	3 r/min at 10 cm below skin focus \$25,000 a gram (on load) (48)



## Nachteile Radium:

- Schlechter Strahlenschutz
- Geringe Verfügbarkeit
- Hohe Kosten
- Niedrige Dosisleistung

# 1951 – Einführung der Cobalt-60-Teletherapie



T.A. Watson & Harold E. Johns  
University of Saskatchewan

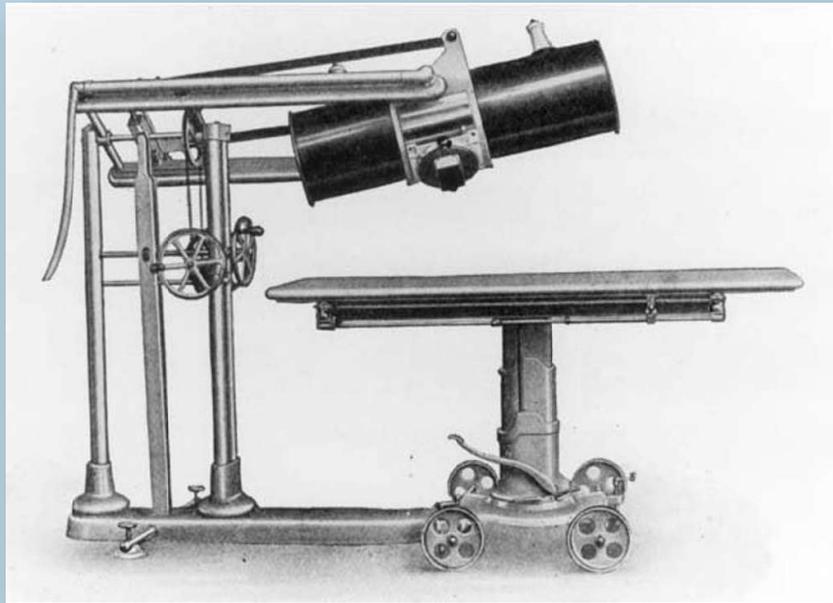


Kobaltgerät mit Strahlenfänger  
(„Canadian Nuclear Society“) © Hans-Peter Heilmann

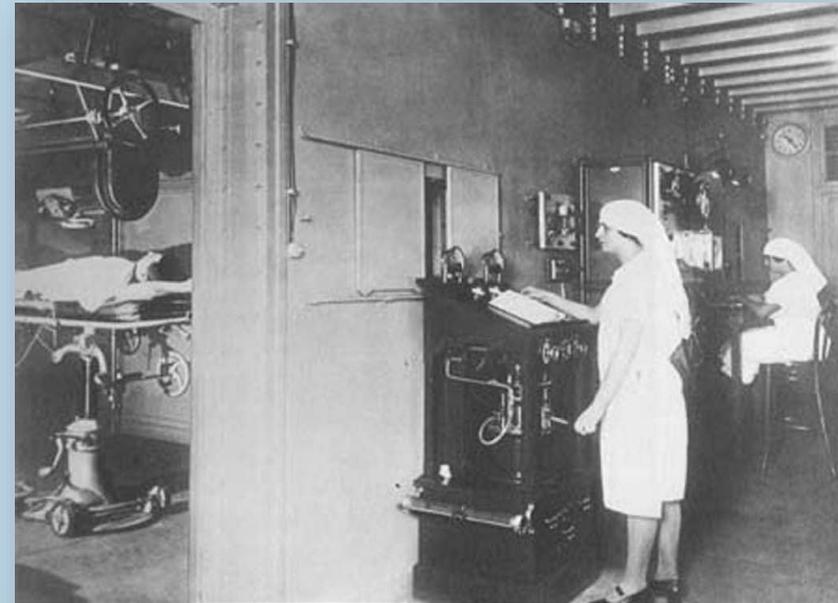
Table 1  
Canadian twins

	Acme	Eldorado
City	Saskatoon, Saskatchewan	London, Ontario
Hospital	University	Victoria
Physician	Watson, T.A.	Smith, I.H.
Design	Johns, H.E.	Green, D., Errington, R.
Physics support	Physics department at the University of Saskatchewan: Bates, L.M., Epp, E.R., Cormack, D.V., Fedoruk, S.	Radiology Lab and Physics Division of the National Research Council of Canada, Ottawa
Mounted on	Ceiling	Floor
On/Off	Motorized wheel	Mercury switch
Manufacturer	Acme Machine & Electric	Eldorado Mining & Refining
Marketed by	Piker	AECL
Dedication	23 Oct. 1951	11/12 Nov. 1951
First patient	8 Nov. 1951	27 Oct. 1951

# „Röntgenkanonen“



300 kV: Orthovolt



Paris 1920

# 1930-1934: “Supervolt” Röntgengeräte

## Die wichtigsten Geräte:

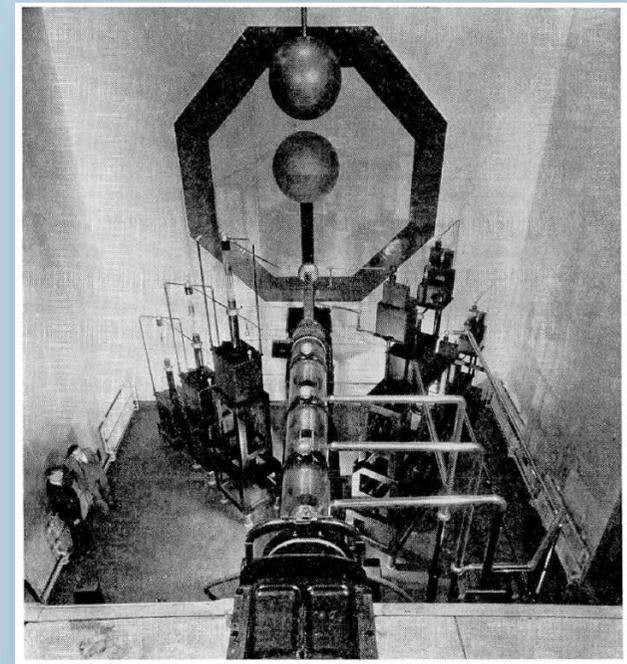
500 kV at Harper Hospital, Detroit

600 kV at Caltech

750 kV at Memorial Hospital, New York

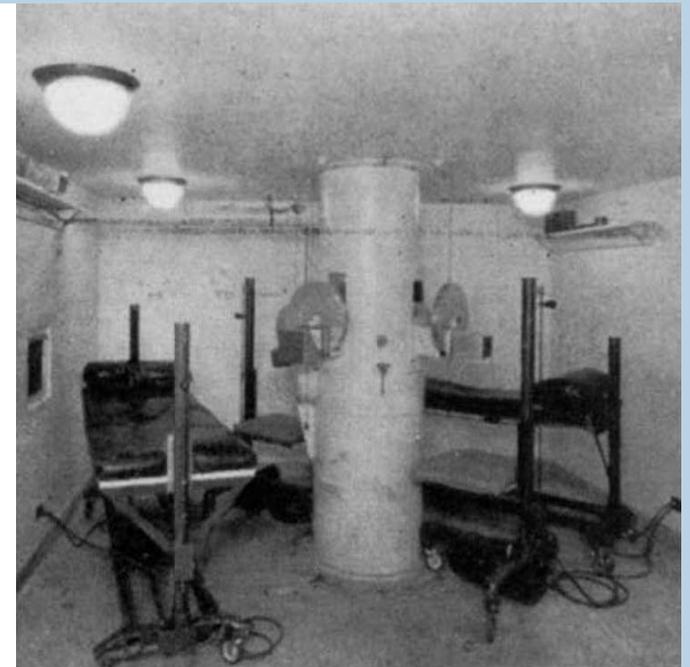
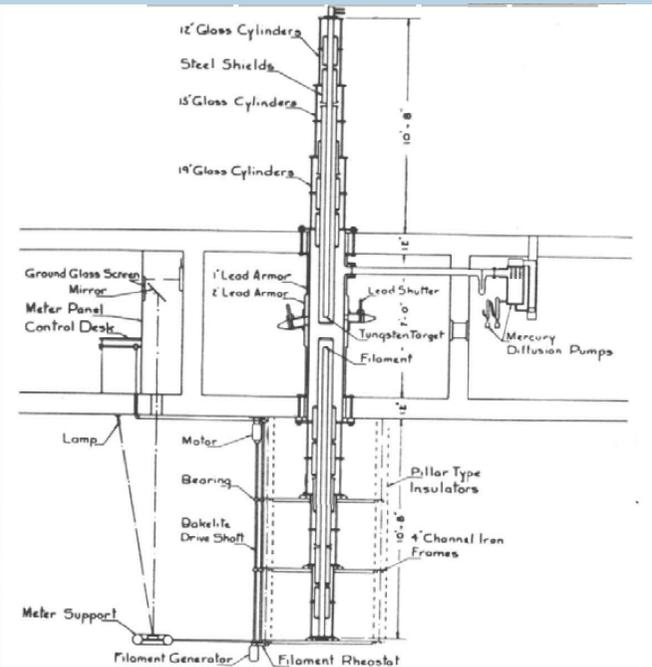
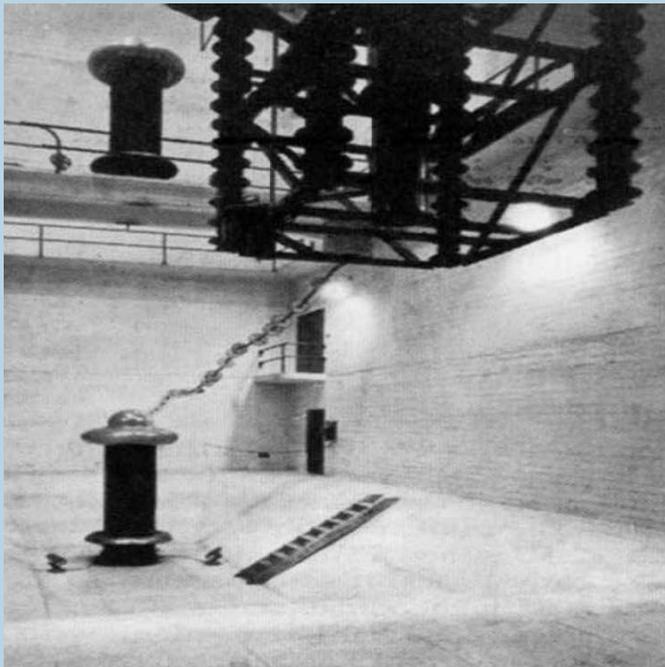
800 kV at Mercy Hospital, Chicago

1,000 kVp at Swedish Hospital, Seattle and Caltech



General Electric 800 kV roentgen ray  
constant potential transformer  
generator with cascaded glass tube.

# 1933 - World's 1st 1 MeV x-ray machine (Caltech)



The machine was in a vault 42 m long  
by 20 m wide by 15 m high  
The 9 m long x-ray tube protruded  
through the ceiling to the treatment  
room above

# Van de Graaff Generator



Robert Jemison Van de Graaff (1901–1967)

Alabama engineer, AL Power & Lite. Paris.  
1925-28: Oxford Ph.D. physics (Rhodes).  
1928-31: Princeton. Builds 1.5 MV  
electrostatic generator for \$100  
1932: M.I.T. Zeppelin hanger.  
1934: 5-7 MV potential, no tube.  
1937: 1 MV unit, Huntington Hosp. Boston

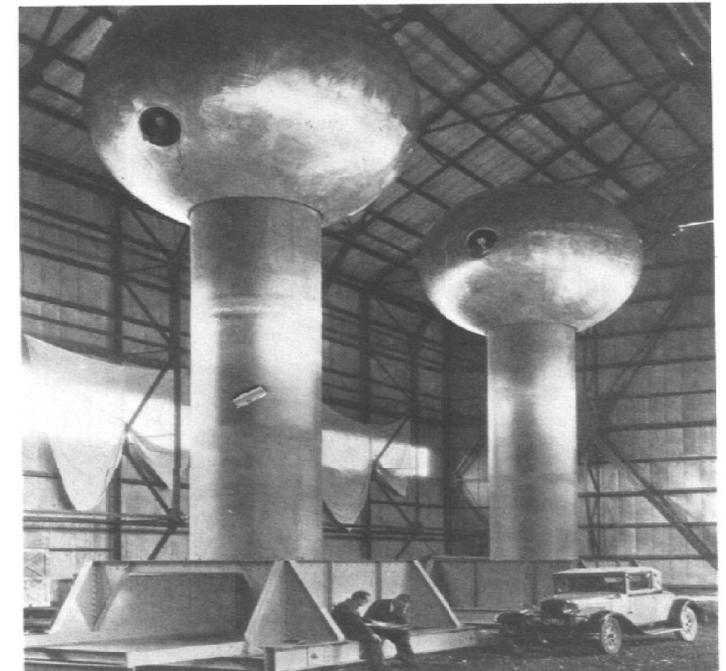
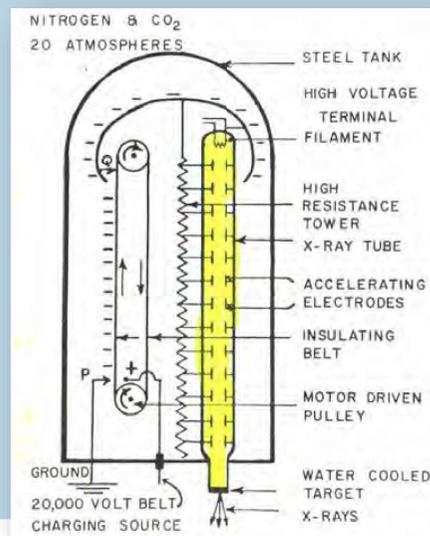


PLATE 2.5 Van de Graaff's 15-foot generator at MIT's Round Hill Experiment Station. The spheres stood 43 feet above the ground; their steel trucks ran on a railroad track to make possible changes in the striking distance. Tuve, *JFI*, 216 (1933), 34.

# Van de Graaff Beschleuniger - Therapie

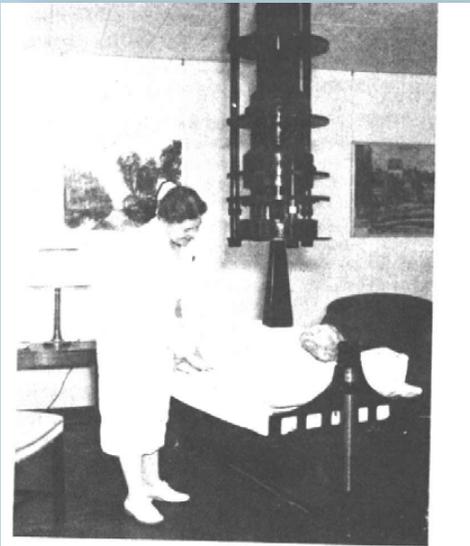
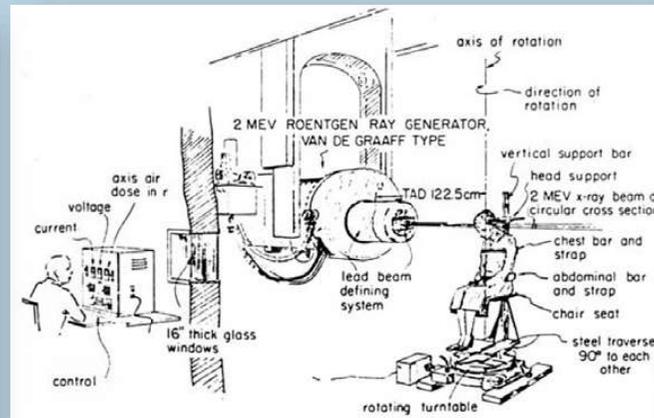
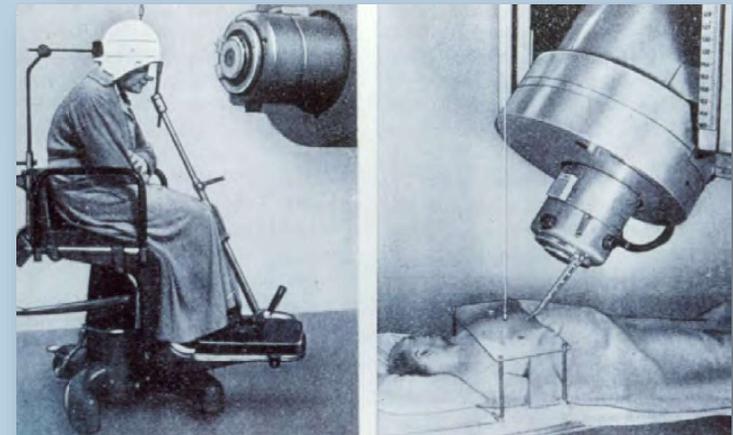


Fig. 4. View of treatment room showing lead housing of lower metallic section of tube fitted with interchangeable cones. This room is equipped with forced ventilation and has been attractively furnished.



1937: The first machine (1 MeV air insulated), used in radiotherapy, was installed in Boston  
 1946: High Voltage Engineering Corporation, founded by Van de Graaff, began commercial production of 2-2.5 MeV machines  
 A total 40 such accelerators were built, until their production was discontinued in 1959



# 1940 – Erster Kreisbeschleuniger (Betatron)



Donald William Kerst (1911-1993)



# 1940 – Erster Kreisbeschleuniger (Betatron)



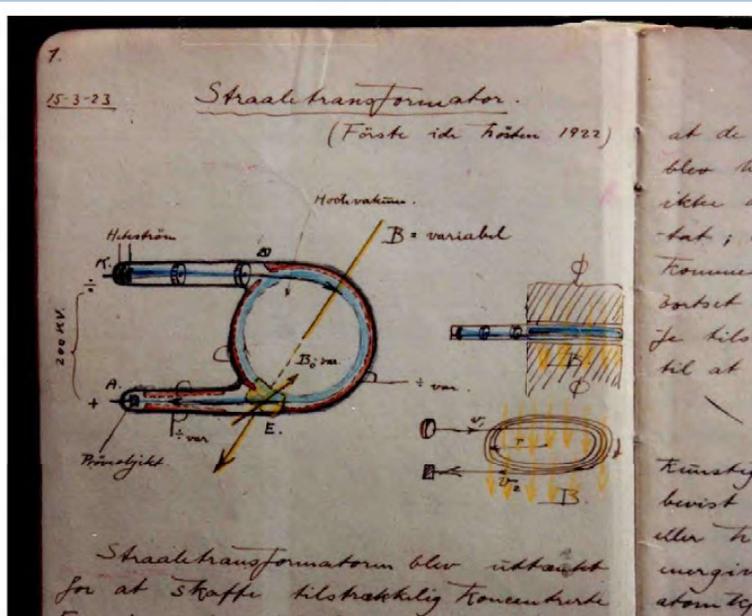
Donald William Kerst (1911-1993)



# Erste Ideen: Widerøe und Steenbeck



Rolf Widerøe  
(1902-1996)



Widerøes Notizbuch 1923



Max Steenbeck  
(1902-1996)



6 MeV Betatron, 1942

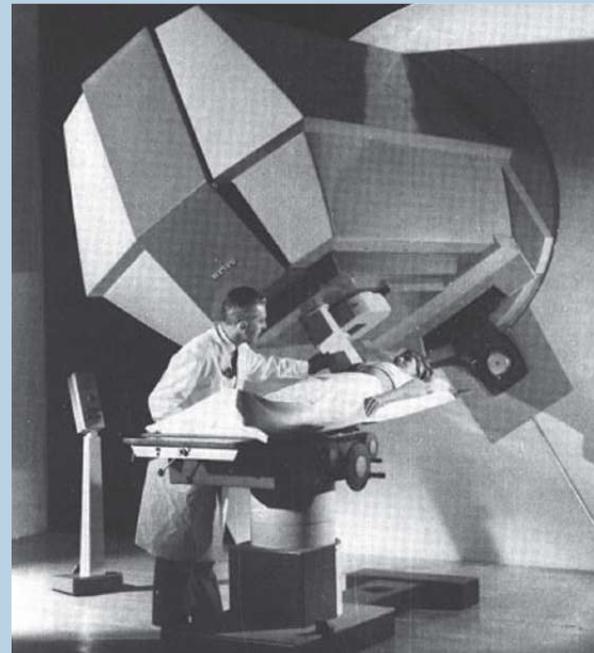
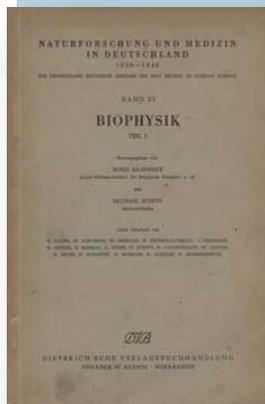


Das Betatron von 1935,  
Siemens-Schuckertwerke  
Berlin © Siemens MedArchiv

# 1956 - Boris Rajewski führt mit einem 42 MeV-Betatron am Max-Planck-Institut für Biophysik in Frankfurt erste strahlentherapeutische Behandlungen mit Elektronen im Energiebereich über 20 MeV durch



Boris Jajewski (1893-1974)



Siemens Betatron für 42 MeV

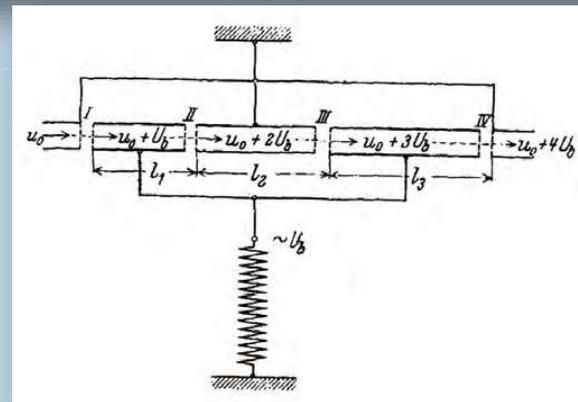
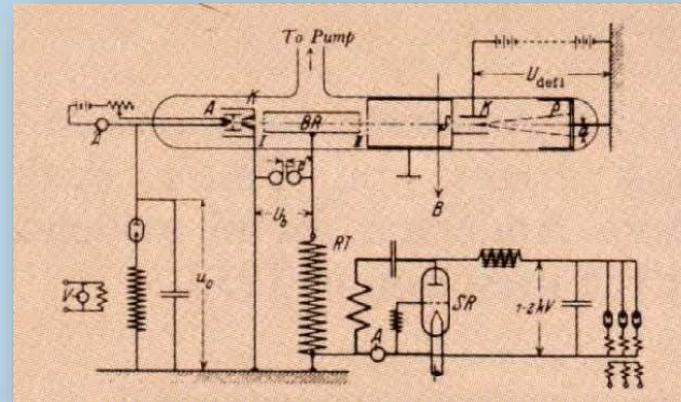


Siemens Betatron für 15 MeV

# 1930 – Erster Hochfrequenz-Linearbeschleuniger



Rolf Widerøe (1902 - 1996)



Widerøe, R. Über ein neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen.  
Archiv f. Elektrotechnik 21, 387–406, 1928

# Die Entwicklung des Linearbeschleunigers



*Russell and Sigurd Varian (photographs by Ansel Adams)*



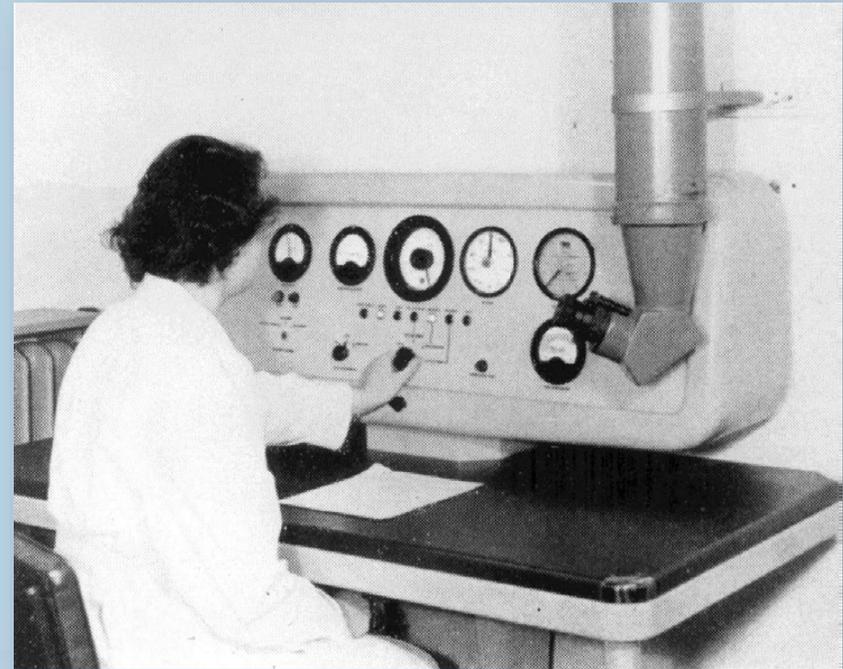
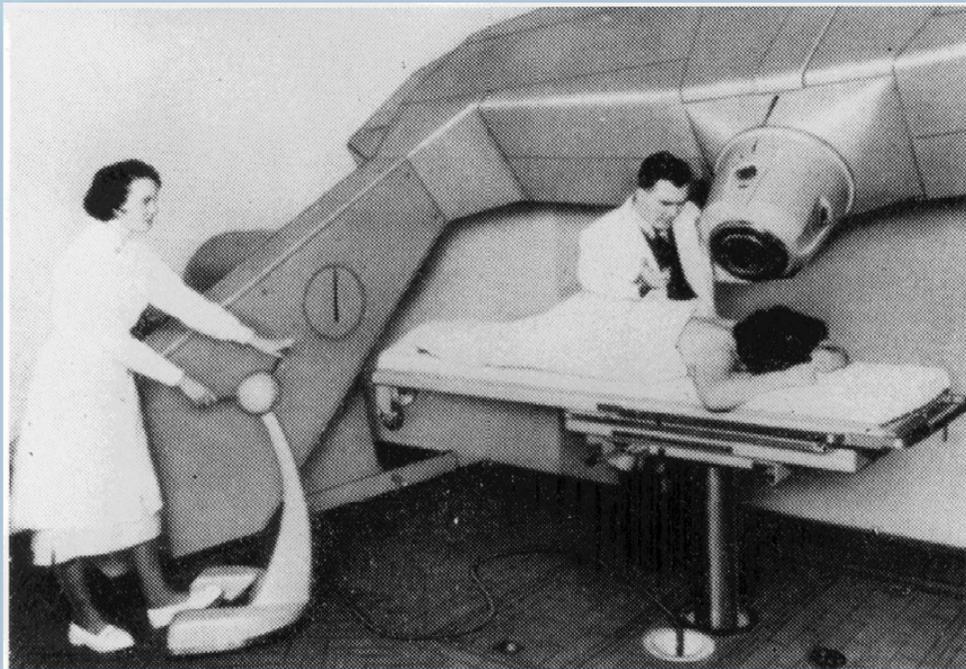
**Sir Mark Oliphant (1901-2000)**



**Varian Klystron**

The linac grew out of the development of the klystron and the magnetron for the generation of microwaves for radar during the 2nd World War by Russell & Sigurd Varian in Palo Alto, CA and Mark Oliphant in Birmingham, England

## 1953 – Erster isozentrischer 4 MeV Linac

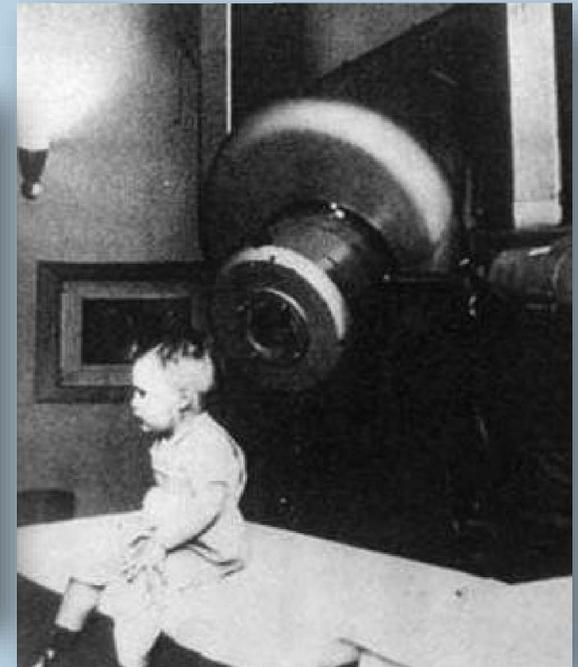
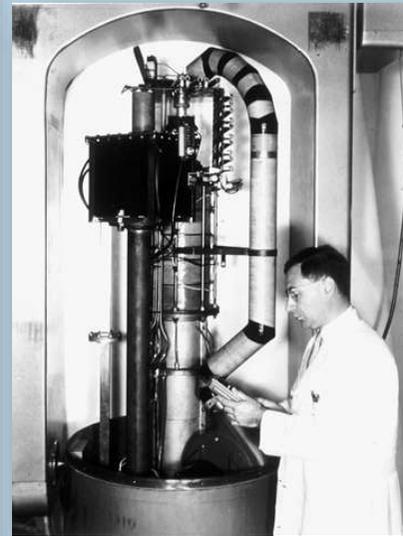


Newcastle General Hospital

# Varian 6MeV Linearbeschleuniger



**Stanford University**



Januar 1956: 1. Patient in den USA  
durch Henry Kaplan behandelt  
(7 Monate alte Junge mit Retinoblastom)

# The Race for Megavoltage

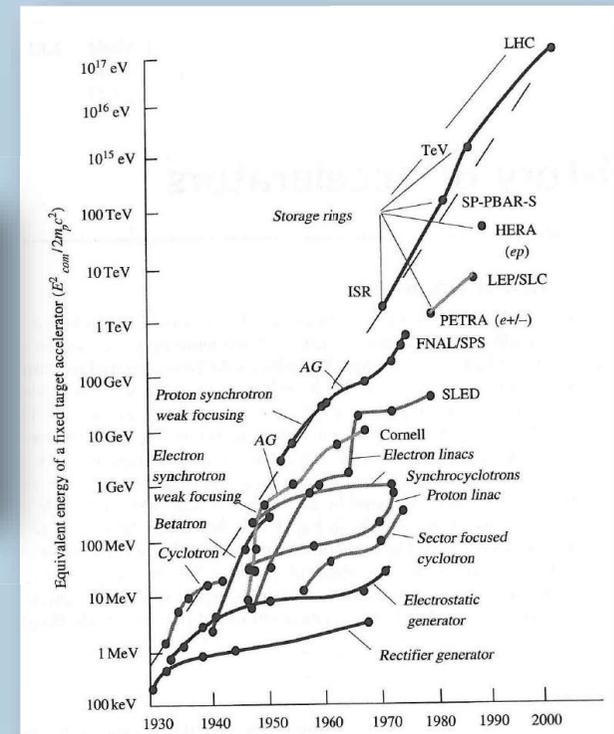
And the winner is:



**The LINAC!**

1986 survey by the American College of Radiology of teletherapy units

Location	No. of Van de Graaffs	No. of Beta-trons	No. of Cobalt 60s	No. of Linacs
USA	18	45	700	1 200
Elsewhere	6	175	1 700	1 000
Worldwide Total	24	220	2 400	2 200



Livingston plot