Rolf Wideröe und das Betatron

Autor(en): **Lang, Norbert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **103 (2012)**

Heft 7

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857320

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Rolf Wideröe und das Betatron

Ein Leben für die Elektronenbeschleunigung

Schon als Student hat der Norweger Rolf Wideröe verschiedene Möglichkeiten skizziert, um sehr hohe elektrische Spannungen für die Atomforschung zu generieren. Er wurde zum Vater der Teilchenbeschleunigung und baute Elektronenbeschleuniger für Krebstherapie und Materialprüfung. Wideröe schwebten auch Speicherringe zum Erzeugen von Teilchenkollisionen vor, wie sie später von anderen realisiert wurden.

Norbert Lang

Rolf Wideröe wurde am 11. Juli 1902 in Oslo geboren. Nach dem Besuch von Grundschule und Gymnasium in Oslo studierte er Elektrotechnik in Karlsruhe. Als 21-jähriger Student hatte er die Vision, mittels elektromagnetischer Wechselfelder Elektronen auf hohe kinetische Energien zu beschleunigen. Er skizzierte hierzu verschiedene Realisierungswege. Als er dem «Vakuumpapst» Professor Gaede vorschlug, diese Ideen mit einer Dissertation zu vertiefen, lehnte dieser das Thema als unrealistisch ab. Nach der Diplomierung und einem Industriepraktikum wechselte Wideröe nach Aachen an die Rheinisch Westfälische Technische Hochschule. 1927 promovierte er dort bei Professor Rogowski. Wideröes Arbeit «Über ein neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen» wurde 1928 in der Zeitschrift «Archiv für Elektrotechnik» publiziert. Darin legte er dar, wie die für die Atomforschung nötigen hohen Spannungen durch Elektronenbeschleunigung erzeugt werden können. Er zeigte zwei mögliche Wege dazu auf: mittels Potenzialfeldern (Linearbeschleuniger, Linac) oder mit Wirbelfeldern (Kreisbeschleuniger, Betatron). Wideröe legte hier die nach ihm benannte, wichtige Betatron-Relation vor. Trotz des knappen Umfangs von gerade mal 20 Druckseiten lieferte seine Dissertation einen wichtigen Beitrag zur Hochenergiephysik. Sie regte den späteren Nobelpreisträger E. O. Lawrence dazu an, das erste Zyklotron zu bauen.

Von der Energietechnik zur Strahlenphysik

Von 1928 bis 1933 war Wideröe bei der AEG in Berlin tätig, wo er sich hauptsächlich mit der Entwicklung von Distanzrelais zum Schutz von Stromübertragungsleitungen befasste.

1933 kehrte er in seine norwegische Heimat zurück und betätigte sich weiterhin auf den Gebieten Transformatoren-Entwicklung und Schutztechnik. 1940 trat er in den Dienst der Norwegischen Brown-Boveri-Werke (NEBB) in Oslo, wo er sich mit der Planung von Wasserkraftwerken befasste. 1943 wurde Wideröe durch die deutsche Luftwaffe verpflichtet, in Hamburg ein 15-MeV-Betatron zu entwickeln. Norwegen war 1940 durch die deutsche Wehrmacht besetzt worden. Da sein Bruder wegen Beteiligung an einer Widerstandsaktion in Haft sass, sah sich Wideröe nicht in der Lage, diesen Auftrag abzulehnen. Das deutsche Reichsluftfahrtministerium hoffte, Teilchenstrahlen als Kriegswaffe verwenden zu können. Doch bevor das Betatron einsatzfähig war, ging der Krieg zu Ende. Wideröe kehrte daraufhin nach Norwegen zurück.

Auf Empfehlung von ETH-Professor Paul Scherrer, dem Gründer des nach ihm benannten Forschungsinstituts in Würenlingen (AG), kam Rolf Wideröe 1946 zu Brown Boveri (BBC) nach Baden. BBC war an der friedlichen Nutzung der Atomenergie interessiert und verfügte über breites Know-how im Bau elektrischer Maschinen und in der Hochvakuumphysik (Elektronenröhren, Quecksilberdampfgleichrichter). Unter Wideröes Leitung entstand das BBC-Betatron mit hauptsächlichen Anwendungen in Medizin und Materialprüfung. Die erste Anlage wurde 1951 an das Universitätsspital Zürich geliefert. Insgesamt hat BBC gegen 80 Geräte mit Energiespektren zwischen 31 und 45 MeV gebaut. In weiterentwickelter Form kamen sie unter dem Markennamen «Asklepitron» auf den Markt. 1986 verkaufte BBC das Know-how an die Firma Varian Medical Systems.

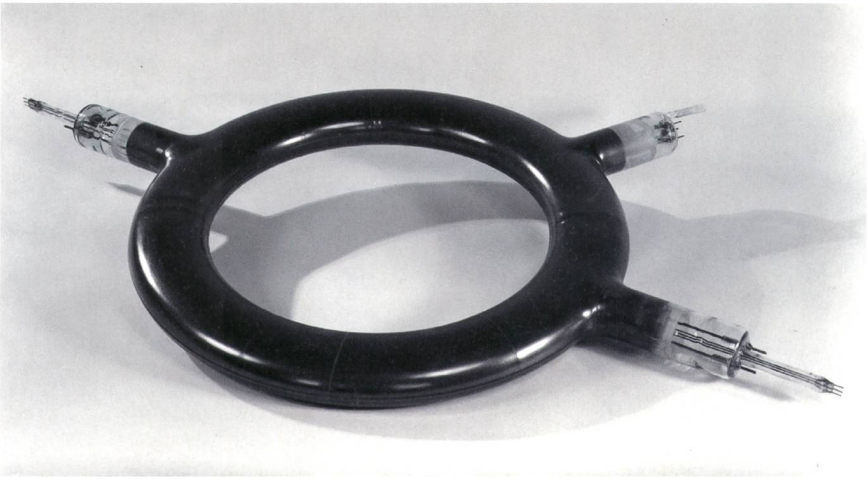


Bild 1 Elektronen-Kreisröhre aus Hartglas, das Herzstück des Betatrons.

Funktionsprinzip des Betatrons

Betastrahlen bestehen aus Elektronen. Wie erwähnt, ist das Betatron ein Elektronen-Kreisbeschleuniger. Wideröe nannte sein Gerät Strahlentransformator, weil es auf dem Transformatorprinzip beruht. Ein mit einphasigem Wechselstrom von 50 Hz erregter Eisenkern erzeugt ein sinusförmig pulsierendes Magnetfeld. Anstelle einer Sekundärwicklung ist eine evakuierte torusförmige Glasröhre (Bild 1) eingebaut mit einer Wolfram-Glühkathode als Elek-

tronenquelle. Mit einer Anfangsenergie von rund 50 keV werden die Elektronen tangential in die Kreisröhre eingeschossen. Während des knapp 5 ms dauernden positiven Anstiegs der Sinuskurve werden sie in der Kreisröhre auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. [6] In dieser kurzen Zeit bewältigen sie rund eine Million Umläufe. Bei einem durchschnittlichen Spannungszuwachs von 31 V pro Umlauf erreichen sie eine kinetische Endenergie von 31 MeV. Damit der Elektronenstrahl während der Beschleunigungsphase auf einer Kreisbahn mit konstantem Radius gehalten wird, ist ein veränderliches magnetisches Führungsfeld notwendig, das der Wideröe'schen Bedingung (mittlere magnetische Feldstärke des Wechselfeldes ist gleich der Hälfte der Feldstärke des Führungsfeldes) entsprechen muss. Nach Erreichen der Endgeschwindigkeit wird der gebündelte Strahl magnetisch ausgelenkt und trifft auf ein Platinplättchen (die Antikathode) als Target. Durch die abrupte Bremsung werden ultraharte Röntgenstrahlen (Gammastrahlen) emittiert. Die Strahlen sind gepulst im 20-ms-Takt und vermögen Stahlwände bis 50 cm Dicke zu durchdringen, weshalb sie neben medizinischen Therapien auch für die zerstörungsfreie Materialprüfung verwendet wurden. Es wurden auch Geräte mit direkt ausgelenkten Elektronenstrahlen für kernspektroskopische Anwendungen gebaut. Wideröe hat zudem ein Zweistrahl-Betatron entwickelt, bei dem neben dem positiven auch der negative Anstieg des Sinusfeldes für die Beschleunigung genutzt wird. Dabei kreist abwechselnd in einem oder im andern Richtungssinn ein Elektronenstrahl in der Röhre. Mit den beiden Strahlenbündeln können entweder gleichzeitig zwei Patienten therapiert oder Stereo-Röntgenbilder für die Materialprüfung erzeugt werden (Bild 3). Ein komplettes Betatron mit Abschirmung, aber ohne Steuerung wiegt rund 5 Tonnen.

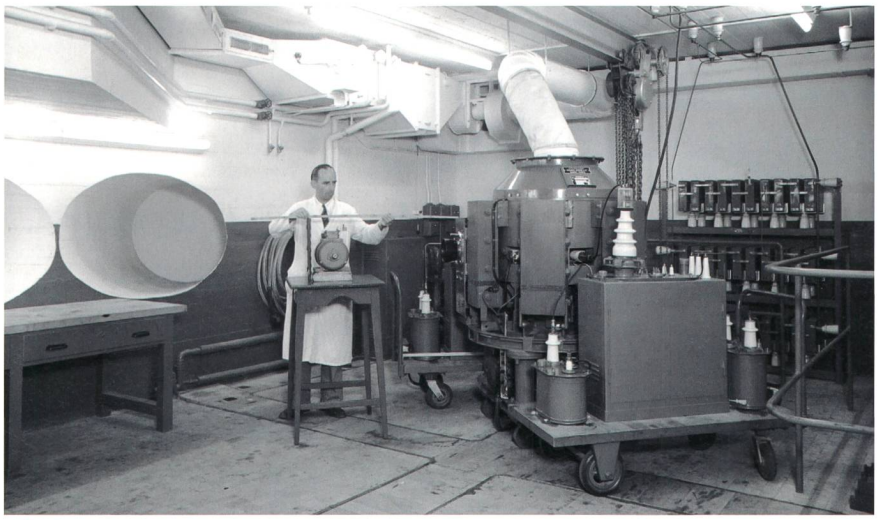


Bild 2 Im Strahlenlabor von Brown Boveri bereitet Rolf Wideröe die Durchleuchtung eines Elektromotors vor.

Hochschuldozent und Fachberater

Parallel zu seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeit in der Industrie hat Wideröe rund 20 Jahre lang als Privatdozent und später als Titularprofessor Vorlesungen an beiden Zürcher Hochschulen gehalten. Er setzte sich mit der Wirkung ionisierender Strahlen auf menschliches Zellgewebe auseinander und wies nach, dass die mittels Betatron erzeugten hochenergetischen Strahlen für die Behandlung von Tumoren in vielen Fällen besser geeignet sind als die bis anhin verwendeten «weichen» Röntgenstrahlen. Eine von Wideröe entwickelte Zweikomponententheorie ermöglichte die quantitative Berechnung der Strahlenreaktion und die Erstellung individueller Bestrahlungsprogramme für jede einzelne Therapie.

Wideröe arbeitete auch häufig als Referent bei Fachkongressen mit und war für verschiedene Institutionen beratend tätig. Unter anderem wirkte er am Europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf und beim Forschungssynchrotron DESY in Hamburg als Berater mit. Seine Publikationsliste ist recht umfangreich. Auch nach seiner Pensionierung 1968 nahm er weiterhin regen Anteil an den Ergebnissen der Atom- und Teilchenforschung.

Wideröe war mit der Norwegerin Ragnhild Christiansen verheiratet. Das Ehepaar hatte eine Tochter und zwei Söhne und wohnte in Nussbaumen bei Baden. Rolf Wideröe verstarb am 11. Oktober 1996.

Bild 3 Zerstörungsfreie Prüfung einer Peltonturbine mittels Zweistrahlbetatron. Die Strahlfelder sind durch Metallstäbe visualisiert. Auf der Rückseite des Turbinenrades sind die Filmkassetten für Fotoaufnahmen befestigt.

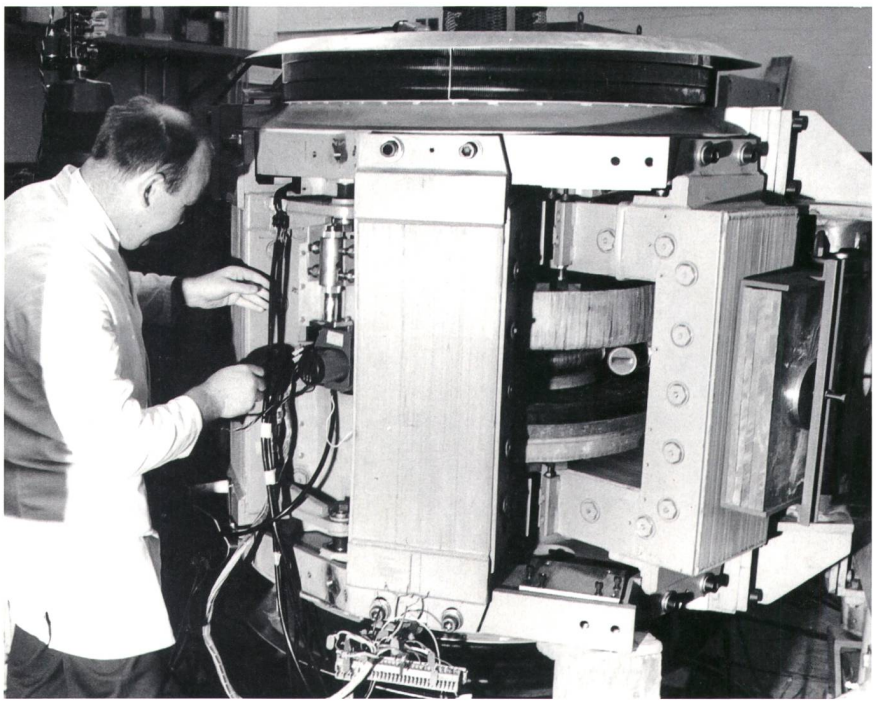
Wegweisende Patente

Zwischen 1943 und 1971 hat Wideröe mehr als 50 Patente angemeldet. Die meisten seiner Patente beziehen sich auf spezielle Anwendungen oder Detailverbesserungen des Betatrons. Darunter fällt auch das erwähnte Zweistrahlbetatron. Ferner entwickelte Wideröe magne-

Hintergrund

Interview der BBC-Hauszeitung mit Rolf Wideröe 1962

«Eine besondere technologische Schwierigkeit zeigte sich bei der Herstellung der kreisförmigen Hochvakuumröhre mit den eingeschmolzenen Elektronenspritzen. Sie verlangte ein überaus hohes glastechnisches und glasbläserisches Können. Zwei Jahre benötigten wir, um dieses Problem befriedigend zu lösen.» Siehe **Bild 1**.



Bilder: ABB

Bild 4 Blick in ein geöffnetes Betatron. Sichtbar der radial geblechte Magnetjocharm mit konzentrischen Erregerwicklungen und dazwischenliegender Kreisröhre.

tische Linsen zur Strahlfokussierung sowie diverse Schwenk- und Kippmechanismen für Betatrons und Therapietische. Zudem hat Wideröe für seine Zeit neuartige Ideen in Patenten niedergelegt. Mit dem Titel «Anordnung zur Herbeiführung von Kernreaktionen» patentierte er 1943 einen Speicherring für gegenläufig kreisende, kollidierende geladene Teilchen, den er als «Kernmühle» bezeichnete. Wegen des Krieges wurde das Patent jedoch erst 1953 publiziert.

Ein anderes Patent betrifft ein Synchrotron mit Driftröhren. Es wurde 1949 eingereicht mit dem Titel: «Anordnung zur Beschleunigung von elektrisch geladenen Teilchen». Diese beiden Patente sind in [5] als Faksimile abgedruckt. 1958 hat Wideröe sogar für einen Kernfusionsreaktor ein Patent beantragt.

Ehrungen

Für seine wissenschaftlichen Arbeiten wurden Rolf Wideröe zahlreiche Ehrungen zuteil.

1962 verliehen ihm die Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen sowie die Universität Zürich die Ehrendoktorwürde und die ETH Zürich den Titel Titularprofessor. Die Stadt Würzburg, in der Wilhelm Conrad Röntgen 1895 die nach ihm benannten Strahlen entdeckt hatte, verlieh Wideröe 1971 den Röntgenpreis. 1973 wurde Wideröe zum Mitglied der norwegischen Akademie der Wissenschaften ernannt. 1983 wurde er Ehrenmitglied der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie und Strahlenphysik. Anlässlich Wideröes neunzigstem Geburtstag 1992 veranstaltete die ETH Zürich ein Fachsymposium zu seinen Ehren.

Ab den 1970er-Jahren ist das Betatron zunehmend durch wesentlich leistungsfähigere Beschleuniger verdrängt worden. Für medizinische Therapien und für die Materialprüfung setzten sich mit Hochfrequenz betriebene Linearbeschleuniger durch, die kompakter und preisgünstiger sind. Für Protonen-Beschleunigung sind Betatrons nicht geeignet. In der Teilchenforschung kamen deshalb Synchrotrons und später immer grössere Speicherringe zum Einsatz. Trotzdem verdient Wideröes grundlegende Pionierarbeit heute noch immer Bewunderung.

Résumé

Rolf Wideröe et le bêtatron

Une vie consacrée à l'accélération de particules

Alors qu'il n'était qu'étudiant, le Norvégien Rolf Wideröe (1902–1996) avait déjà imaginé divers moyens de génération de très hautes tensions électriques pour la recherche nucléaire. Père de l'accélération de particules, il construisit un accélérateur d'électrons pour l'oncothérapie et le contrôle de matériaux. Wideröe imagina aussi des anneaux de stockage pour générer des collisions de particules tels qu'ils furent construits plus tard par d'autres.

Entre 1943 et 1971, Wideröe a déposé plus de 50 brevets. Pour la grande majorité, il s'agit d'applications spéciales ou de versions améliorées du bêtatron.

À partir des années 70, le bêtatron est progressivement supplanté par des accélérateurs plus puissants. Dans le domaine des thérapies médicales et du contrôle de matériaux, on voit s'imposer des accélérateurs linéaires à haute fréquence plus compacts et moins chers. Les bêtatrons ne se prêtant pas à l'accélération de protons, la recherche sur les particules se tourne vers le synchrotron, puis de plus en plus vers les anneaux de stockage. Wideröe reste cependant aujourd'hui très admiré pour son travail de pionnier. No

Referenzen

[1] Bethke, Siegfried, und Rein, Dieter (Hg.): Teilchenphysik aus heutiger Sicht. Springer, 1998. (Von Wideröes Dissertation bis zum Collider.)

[2] Demtröder, Wolfgang: Experimentalphysik 4: Kern-, Teilchen- und Astrophysik. 3. Auflage. Springer, 2010. (Sämtliche Beschleunigertypen mit Berechnungsbeispielen.)

[3] Hinterberger, Frank: Physik der Teilchenbeschleuniger und Ionenoptik. 2. Auflage, Springer, 2008. (Überblick über die diversen Beschleunigertypen.)

[4] Kollath, Rudolf (Hg.): Teilchenbeschleuniger. 2. Auflage, Vieweg, 1962. (Aufbau und Wirkungsweise aller Beschleunigertypen.)

[5] Waloschek, Pedro: Als die Teilchen laufen lernten. Leben und Werk des Rolf Wideröe. Vieweg, 1993. (Neuauflage 2007). (Redigierte und kommentierte Aufzeichnungen Wideröes.)

[6] Wideröe, Rolf: Der 31-MeV-Strahlentransformator (Betatron). Brown-Boveri-Mitteilungen 38 (1951) 9/10, S. 260–272. (Grundprinzip, Wideröe'sche Relation, Konstruktion.)

Angaben zum Autor

Norbert Lang ist Archivar des ABB-Archivs und der Acklin-Sammlung von Electrosuisse.
5415 Nussbaumen, nl@norbertlang.ch

Dieser Beitrag erschien zuerst in:
SPG-Mitteilungen Nr. 35, September 2011.