

GRZ Projekt – Selbstbau einer kontinuierlichen Nebelkammer

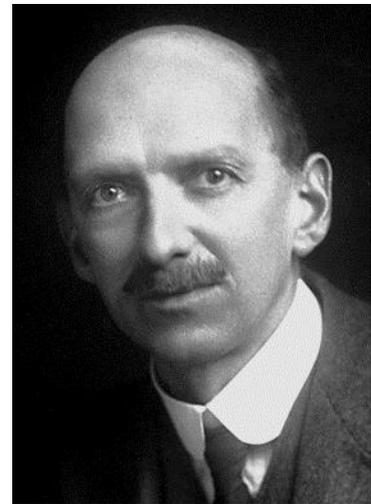
Von der Idee zur Realisierung

„The most original and wonderful instrument in scientific history“

Ernest Rutherford (1871-1937)

Historischer Hintergrund

Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959) war ein schottischer Physiker und Nobelpreisträger. Er erhielt 1927 den Nobelpreis für Physik zusammen mit Arthur Holly Compton (1892-1962), der Entdecker des Compton Effektes (Streuung eines Photons an einem Teilchen mit Vergrößerung der Wellenlänge), was Compton im Falle des Rückstoßelektrons in einer Nebelkammer zweifelsfrei nachweisen konnte.



Charles Thomson Rees Wilson

Nachdem C.R.T. Wilson durch den Besuch einer Privatschule die nötigen Voraussetzungen für die Universität erworben hatte schrieb er sich beim Owen's College ein, die heutige Universität Manchester, worauf er im Jahre 1888 dank eines Stipendiums von dort zum Sidney Sussex College in Cambridge wechseln konnte, um dann im Jahre 1892 seinen Abschluss zu machen. Ursprünglich wollte Wilson Arzt werden und besuchte daher vorwiegend Kurse in Biologie. Mit 15 Jahren begann er Medizin zu studieren, wechselte dann jedoch zu den Naturwissenschaften. In Cambridge wurden seine Interessen zusätzlich in den Fächern Physik und Chemie geweckt. Es wird angenommen dass durch Prof. Balfour Stewart der Entschluss von Wilson sich von der Medizin abzuwenden beeinflusst worden sein könnte, der dort in Cambridge Physik unterrichtete. Gut ein Dutzend Jahre früher studierte Joseph John Thomson (1856-1940) in Cambridge, für seine Forschungen der elektrischen Leitfähigkeit von Gasen erhielt er 1906 den Nobelpreis für Physik.

Während Wilson auf der Bergspitze des Ben Nevis stand, des höchsten schottischen Berges (1344m), es muss im Spätsommer 1894 gewesen sein, war er beeindruckt von der Schönheit der optischen Phänomene in der Atmosphäre wie der Korona (Leuchterscheinung im Zusammenhang mit Sonne oder Mond, durch Beugung an Wassertröpfchen der Wolken hervorgerufen) und der Glorien (Lichterscheinung verursacht durch Rückstreuung an fein dispersen, sphärischen Tropfen in Form von Nebel oder Wolken). So beschloss er diese Phänomene in seinem Labor zu reproduzieren (Anfang 1895). Damit Wolkenbildung stattfinden kann bedarf es Kondensationskernen oder Kondensationskeimen wie Staub-, Salz- oder Rußpartikel. Da seine Versuche jedoch mit einem Volumen von feuchter, staubfreier Luft durchgeführt wurden, aber immer wieder eine unerwartete Tropfenbildung stattfand, schlussfolgerte Wilson das doch eine Kondensation an Kernen stattgefunden haben muss, möglicherweise von den Ionen die die kontinuierliche Restleitfähigkeit der Atmosphäre ermöglichen. Seine Hypothese wurde unterstützt durch die Anwendung der ebenfalls erst neu entdeckten X-Strahlen (ende 1895), denen er einen Vorläufer seiner Nebelkammer aussetzte (anfangs 1896). Die Exposition mit Röntgenstrahlen führte zu einem schlagartigen Anstieg der Tropfenbildung, das deckte sich mit den Beobachtungen C.W. Röntgens (1845-1923), dass Luft beim Durchgang von X-Strahlen leitfähig wird. Im Sommer des Jahres wurde von Thomson und Rutherford fest bewiesen, dass die Leitfähigkeit in der Tat durch die Ionisation des Gases verursacht wurde. Von da an bestand kein Zweifel mehr, dass man Ionen in Gasen detektieren, photographisch festhalten und später die Aufnahmen studieren kann.

Es sollte jedoch noch ein paar Jahre dauern, bis die endgültige Version der Nebelkammer einsatzbereit war. Den größten Teil der Arbeit an der Untersuchung von Ionen als Kondensationskerne erledigte Wilson zwischen 1895-1900. Nach 1900 waren seine Aktivitäten durch massive Lehraufträge stark



Cavendish Museum Cambridge, Original Nebelkammer von 1911

eingeschränkt. Anfangs 1911 war er dann der erste Mensch der Spuren von alpha- und beta-Teilchen sehen und fotografieren konnte. Dieses Ereignis zog großes Interesse nach sich, als der Pfadverlauf der alpha-Partikel genau der Zeichnung entsprach, die W.H. Bragg (1862-1942) in einer Publikation einige Jahre vorher veröffentlicht hatte. Aber es dauerte dennoch bis zum Jahr 1923 die Nebelkammer soweit zu verbessern, so dass Wilson seine beiden legendären und wundervoll bebilderten klassischen Veröffentlichungen über die Bahnen der Elektronen fertig stellen konnte. Seine Arbeit wurde in weiten Teilen der Welt mit Begeisterung aufgenommen und führte zu neuen spektakulären Entdeckungen. So forschten in Cambridge mit der Nebelkammer P.M.S. Blackett (1897-1974) und P.L. Kapitsa (1894-1984), Irène Curie (1897-1956) und P. Auger (1899-1993) in Paris sowie W. Bothe (1891-1957) und L. Meitner (1878-1968) in Berlin.

Was Wilson im Geiste der GRZ Forschungstätigkeit hervorhebt ist seine fachübergreifende Ausbildung von der Medizin/Biologie hin zur Kerntechnik, so wurde er 1925 zum Jacksonian Professor für Naturphilosophie in Cambridge ernannt. Dort lehrte er bis zu seiner Pensionierung 1934.

Physikalisch technischer Hintergrund

Die aktuellen Nebelkammern zum Selbstbau benutzen Peltier-Elemente zur Kühlung der Bodenplatte und einige zusätzlich eine ohmsche Heizung für den Isopropyl Alkohol zum herabrieseln von der Kammerdecke. Da Peltiers erst mit Aufkommen der Halbleiter Technologie einen signifikanten Wirkungsgrad erzielten war Wilson auf eine aufwändigere mechanische Lösung angewiesen. Er benutzte damals noch einen Kolben mit Schieber um über eine adiabatische Expansion (kein Wärmeaustausch mit der Umgebung) die Luft abzukühlen. Beim heraus ziehen des Schiebers vergrößert sich das Volumen und der Druck nimmt ab, begleitet von einer Verringerung der Temperatur. In normaler Luft verursacht eine solche Expansion den Wasserdampf zu einer Kondensation an Staubpartikeln der Luft. Da Wilson mit gereinigter Luft experimentierte waren die Kondensstreifen in der Kammer unerwartet. Die Erklärung waren Ionen, die von natürlichen Isotopen herrührten und die Kondensationskerne bildeten.

Technischer Aufbau

Für den benötigten fallenden Temperaturgradienten wurden Peltier Elemente verbaut. Das bringt nicht nur den Vorteil, dass sich die ganze Konstruktion mechanisch vereinfacht, sondern die Nebelkammer auch kontinuierlich betrieben werden kann. Bei Wilsons Aufbau ließen sich immer nur Momentaufnahmen machen und man war bestrebt die Kolbenfrequenz so zu regulieren, dass man möglichst viele Bilder in einer bestimmten Zeitspanne bekam.

Die Peltiers wurden mit Wärmeleitpaste auf einen CPU-Kühler montiert. Ein wesentliches Problem stellt die Isolation des CPU-Kühlkörpers gegenüber der Bodenplatte mit dem Nuklid und den darunter liegenden Peltiers dar. Da die kühle Seite oben liegt, die kalte unten, steigt die Wärme konvektiv nach oben und vermindert damit wiederum die Kühlleistung. Eine Weiterentwicklung wird statt des CPU-Kühlers auf einen Wasserumlauf setzen, da dadurch die Wärme schneller abgeführt wird und das Konvektionsproblem entfällt.

Trotz zweistufiger Verwendung von Peltiers hat sich gezeigt, dass erst eine Erwärmung des Alkohols den erwünschten Effekt brachte, da eine Abkühlung nicht mehr als -36°C erreicht werden konnte (kurzzeitig).

Die Stromversorgung erfolgt über ein PC-Netzteil, die LED mit Schwanenhals strahlt die Nebelkammer seitlich an, so dass die Spuren besser sichtbar gemacht werden können. Im Schraubverschluß mittels Zahnstocher fixiert ist der Isopropyl Alkohol eingefüllt und wird mittels Widerstand verdampft. Als Nuklid wurde ein natürlich vorkommendes Uranocircit Mineral genommen. (Zeigt deutliche grünliche Fluoreszenz unter UV-Licht)



Nebelkammer mit CPU-Kühler und Peltiers

<http://www.youtube.com/watch?v=7PySJIUcj1o>

Literaturverzeichnis

- [1] Duden, Schülerduden Physik
- [2] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1927/wilson-bio.html
- [3] http://de.wikipedia.org/wiki/Charles_Thomson_Rees_Wilson
- [4] <http://www.lateralscience.co.uk/cloud/>
- [5] <http://home.arcor.de/webfalk/schule/physik/nebelkammer.htm>
- [6] http://www.federmann.co.at/vfhess/Kapitel/6_1.html
- [7] http://outreach.phas.ubc.ca/phys420/p420_97/chris/p4.htm
- [8] <http://pp.physik.uni-erlangen.de/groups/ws0506/ppg1/protokolle/nebelkammer.pdf>
- [9] [http://de.wikipedia.org/wiki/Korona_\(Atmosph%C3%A4rische_Optik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Korona_(Atmosph%C3%A4rische_Optik))
- [10] <http://de.wikipedia.org/wiki/Glorie>

Abbildungsverzeichnis

- [1] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:CTR_Wilson.jpg
- [2] http://www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphys/museum/area2/images/cabinet1_2.jpg
- [3] <http://www.youtube.com/watch?v=7PySJIUcj1o>