

Lord Rutherford (1871–1937): Der Newton des Atoms und Chemie-Nobelpreisträger des Jahres 1908

John Meurig Thomas*

Atomphysik · Radiochemie · Rutherford, Ernest · Wissenschaftsgeschichte

1. Einführung

Zum unerwarteten Tod von Ernest Rutherford, Lord Rutherford of Nelson, im Jahr 1937 schrieb die *New York Times*: „... Nur wenige Menschen erreichen Unsterblichkeit, weniger noch werden zu Lebzeiten in den Olymp erhoben. Lord Rutherford wurde beides zuteil. Eine Generation, die eine der größten Umwälzungen der Wissenschaftsgeschichte erlebte, erkannte in ihm den Entdecker und ersten Erforscher des unendlich komplexen Universums im Inneren des Atoms.“

Der Australier Sir Mark Oliphant, ein Student, Kollege und Freund Rutherfords in Cambridge, der gemeinsam mit Paul Harteck das Tritium entdeckte, bezeichnete den Neuseeländer Rutherford 1999 im Vorwort zu einer Biographie^[1] als den bedeutendsten Experimentalforscher seit Faraday. Er erinnerte sich auch, dass Max Born, der selbst einen herausragenden Beitrag zur theoretischen Physik geleistet hatte, Rutherford für den größten Wissenschaftler erachtete, den er kennenlernen durfte – größer noch als Einstein.

Wissenschaftshistoriker und Forscher betrachten Rutherford als den versiertesten Experimentalphysiker seit Faraday. Man könnte einwenden (wie in Abschnitt 2.3), dass die ersten beiden seiner drei wichtigsten Errungenschaften – die Theorie des Kernzerfalls (mit Frederick Soddy, 1902–1903), sein

Atommodell (1911) und die Entdeckung des künstlichen Kernzerfalls (1919) – zwar auf experimentellen Ergebnissen beruhten, im Grunde aber theoretische Konzepte waren. Noch paradoxer ist, dass Rutherford im Jahr 1908 nicht etwa den Nobelpreis für Physik erhielt, sondern den für Chemie. Er witzelte darüber, dass er zwar schon viele schnelle Umwandlungen von radioaktiven Elementen beobachtet habe, doch keine davon wäre so schnell verlaufen wie sein Übergang vom Physiker zum Chemiker.^[2]

Die Grenzen zwischen Physik und Chemie sind ohnehin oft fließend, und gerade wenn von großen Geistern wie Faraday und Rutherford die Rede ist, muss jeglicher Versuch einer Abtrennung künstlich und kleinkariert erscheinen. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, wie sich Rutherford im August 1931 zum hundertsten Jubiläum der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch Faraday äußerte:^[3] „Je tiefer wir Faradays Arbeiten heute studieren, desto mehr beeindruckt er uns als unvergleichlicher Experimentator und Naturphilosoph. Wenn wir die Bedeutung seiner Entdeckungen für den Fortschritt von Wissenschaft und Industrie betrachten, können wir das Gedenken an Michael Faraday nicht hoch genug halten – er war einer der größten Wissenschaftler aller Zeiten.“

Wie Faraday vor ihm ging es Rutherford nicht um die Vermarktung von Patenten, obwohl er über die erforderlichen Fähigkeiten verfügte und, gerade zu Beginn seiner Karriere, auch Entdeckungen machte, die manchen Geschäftsmann interessiert hätten. Rutherford ahnte nicht, dass seine Arbeiten das Atomzeitalter einleiten würden. Es waren seine „Jungs“, wie er seine

Studenten und Mitarbeiter liebevoll nannte, die das Radar und weitere kriegsentscheidende Techniken entwickelten, und seine Assistenten, die späteren Nobelpreisträger Chadwick und Cockcroft, die die britische Atomenergiebehörde aufbauten.

2. Rutherfords Leben

Dieser Abschnitt führt von Rutherfords Jugend in Neuseeland über seine Forschungsarbeiten in Cambridge (1895–1898) und die Professuren an der McGill University in Montreal (1898–1907) und in Manchester (1907–1919) zu seinem Wirken als Cavendish Professor für Physik in Cambridge (1919–1937).

2.1. Neuseeland (1871–1895)

Das Neuseeland, in dem Rutherford geboren wurde und seine Jugendjahre verbrachte, war ländlich geprägt. Die Europäer hatten erst einige Generationen zuvor Fuß gefasst, aber mit englischen und schottischen Tugenden wie Fleiß und Sparsamkeit, gepaart mit einem Sinn für Bildung, schufen sie die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zukunft. Rutherford machte sich diese Werte zu eigen, und sein ganzes Leben lang verband er die Energie und den Einfallsreichtum seines Vaters mit dem Wissensdurst seiner Mutter.^[2] Als Student erhielt er zunächst ein Stipendium für das Nelson College (an der Spitze der Südinsele), bevor ein weiteres Stipendium ihm 1890 den Besuch des Canterbury College in Christchurch ermöglichte, das ihn kulturell und intellektuell formte.

[*] Prof. Sir J. M. Thomas
Department of Materials Science
University of Cambridge
Pembroke Street, Cambridge, CB2 3QZ
(Großbritannien)
Fax: (+44) 1223-334-567
E-Mail: jmt2@cam.ac.uk

Nach Erwerb des BA im Jahr 1892 und zwei Jahre später des MA in Mathematik und mathematischer Physik begann er 1894 mit ersten eigenständigen Forschungsarbeiten. Ein weiterer Grund für ihn, in Christchurch zu bleiben, war seine Zuneigung zu Mary Newton, der Tochter seiner Vermieterin. Er sollte sie 1900 heiraten. Seine Untersuchungen zur Magnetisierung von Eisen durch Hochfrequenzentladungen mündeten im Entwurf einer empfindlichen Nachweismethode für Radiowellen. Er hatte erkannt, dass die Auslenkung einer magnetisierten Nadel beim Anlegen eines magnetischen Wechselfelds zurückgeht. Somit konnten im Prinzip drahtlos Signale empfangen werden. Zwei Veröffentlichungen Rutherfords zu diesem potenziell vermarktungsträchtigen Thema finden sich in den *Transactions of the New Zealand Institute*.^[4]

Im Jahr 1894 bewarb sich Rutherford um ein Stipendium der Royal Commission for the Exhibition of 1851, nachdem dieses angesehene Förderprogramm auch für Kandidaten aus dem Britischen Commonwealth geöffnet worden war. Überdies hatte die Cambridge University just ihre Statuten geändert, sodass nun auch Absolventen anderer Universitäten dort forschen konnten. Bei seiner Einschreibung am Cavendish-Laboratorium, dem damals J. J. Thomson als Direktor vorsah (Abbildung 1), profitierte Rutherford im Jahr 1895 als erster Student von dieser neuen Regelung.^[5]

2.2. Cambridge (1895–1898)

Rutherford war gerade einmal zwei Monate in Cambridge, als Wilhelm Conrad Röntgen im November 1895 die nach ihm benannte Strahlung entdeckte. Weil sich diese neue Strahlung stark auf elektrische Entladungen in Gasen (eines von Thomsons Lieblingsthemen) auswirkte,^[6] ergriff Rutherford die Gelegenheit zu einer Zusammenarbeit mit „J.J.“, die 1896 in einer viel beachteten Veröffentlichung zur Theorie der Ionisierung resultierte.^[7] Röntgenstrahlen erzeugen positiv und negativ geladene Ionen, die von den Elektroden angezogen werden, was zu messbaren Strömen führte. Ähnliche Arbeiten füllten die

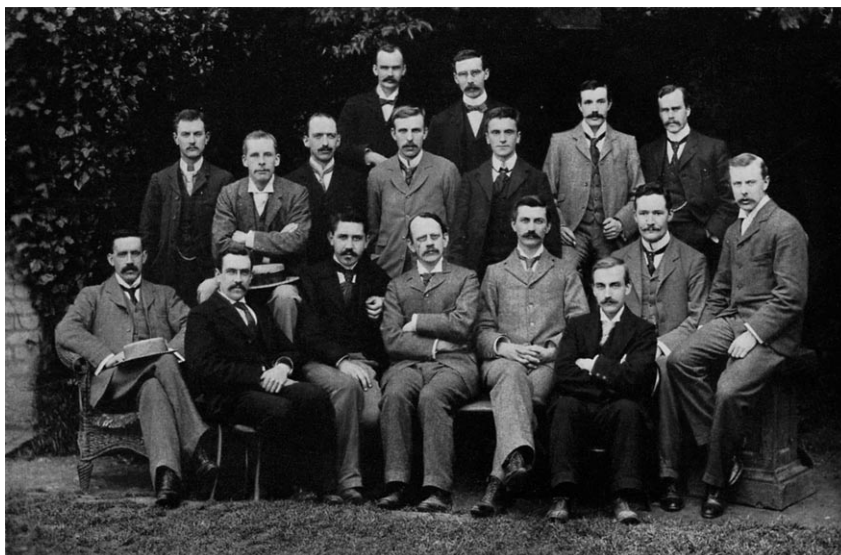


Abbildung 1. J. J. Thomsons Forschergruppe am Cavendish-Laboratorium in Cambridge, 1898. Rutherford ist der Vierte von links in der mittleren Reihe; rechts neben ihm steht C. T. R. Wilson, der Erfinder der Nebelkammer und Physik-Nobelpreisträger von 1927, den P. M. S. Blackett, ein weiterer Cavendish-Physiker und Nobelpreisträger (1948), als den wohl freundlichsten und am wenigsten auf Ansehen und Auszeichnungen erpichten großen Wissenschaftler seiner Zeit beschrieb. Der vielseitig interessierte Paul Langevin (1872–1946) war zu dieser Zeit ebenfalls Mitglied der Gruppe (Dritter von links in der vorderen Reihe, neben J. J. Thomson).

Jahre 1896 und 1897 aus: Rutherford untersuchte unter anderem die Geschwindigkeiten und das Rekombinationsverhalten von Ionen sowie die Elektrisierung verschiedener Gase.

1896 entdeckte Becquerel die Radioaktivität, und bald darauf begannen Marie Curie in Paris und Rutherford in Cambridge mit quantitativen Studien zu diesem Phänomen. Nach der Entdeckung von Polonium durch Pierre und Marie Curie (und Gustave Bémont) war die gesamte Fachwelt im Bann der Radioaktivität. Die folgenden vierzig Jahre sollten sich Rutherford und seine Kollegen mit der Radioaktivität befassen, sei es im Zusammenhang mit Atomphysik, Kernphysik oder Radiochemie.

Bei Experimenten, in denen die Strahlung von Uran auf Folien unterschiedlicher Dicke traf, fand Rutherford, dass eine Strahlungsart leicht absorbiert wurde, während eine andere durchdringender war. Den beiden Strahlungsarten gab er die Namen „alpha“ und „beta“, weil er – als einfacher Mensch – eine Vorliebe für einfache Experimente und einfache Erklärungen hatte.

Im Jahr 1898 wurde an der McGill University in Montreal eine Physikprofessur frei, und als man Thomsons Rat

suchte, wusste er Rutherford wärmstens zu empfehlen.^[8]

2.3. Montreal (1898–1907)

Rutherford dürfte die Situation gefallen haben, die er an der McGill University vorfand. Erstens waren die Laboratorien des physikalischen Instituts außerordentlich gut ausgerüstet – seinerzeit waren es wahrscheinlich die besten in Nordamerika. Der Grund hierfür ist in der freigiebigen Förderung durch Sir William MacDonald zu suchen, der es sich zum Ziel gesetzt hatte, die Physik an der McGill University mit vergleichbaren Mitteln auszustatten wie das Cavendish-Laboratorium in Cambridge. Das beschränkte sich nicht auf fortschrittliche Ausrüstung, sondern es waren auch Chemikalien verfügbar, die sonst kein physikalisches oder chemisches Institut vorweisen konnte, so zum Beispiel ein reichlicher Vorrat an sehr teurem Radiumbromid. Zweitens war kurz zuvor mit dem 21-jährigen Frederick Soddy, der in Aberystwyth in Wales und am Merton College in Oxford studiert hatte, ein brillanter Experimentator an das chemische Institut der McGill University geholt worden. Rutherford

und Soddy unterhielten zwischen Oktober 1901 und April 1903 eine überaus fruchtbare Zusammenarbeit, aus der neun wichtige Veröffentlichungen hervorgingen.^[9] In diesen 18 Monaten schufen sie die Grundlage für ernsthafte Untersuchungen der Radioaktivität.

Im Jahr 1901 war die Radioaktivität noch ein höchst rätselhaftes Phänomen. Becquerel, ihr Entdecker, hielt sie für eine langlebige Phosphoreszenz. Die Curies zogen die Vorstellung vor, dass eine unbekannte ätherische Strahlung den Raum durchdringt und mit den schwersten Elementen in Resonanz tritt; bei diesem Vorgang würden Alpha-, Beta- und Gammastrahlen als Sekundärstrahlung auftreten. Rutherford und Soddy interpretierten die Radioaktivität als ein atomares Phänomen. Ihre berühmte Theorie – als Kernzerfall, Transformation oder Transmutation bezeichnet – forderte, dass der atomare Prozess mit spontanen chemischen Veränderungen einhergehen und neue Substanzen produzieren müsse.^[9] So würde Thorium zu Thorium X zerfallen, während Thorium-Emanation (siehe unten) der Reihe nach in Thorium A, B, C und so fort zerfiele. Jede dieser Stufen entspräche einem anderen chemischen Element. Diese Sichtweise war revolutionär, ging man doch davon aus, dass Atome unzerstörbar und unveränderlich waren! Die Theorie von Rutherford und Soddy beruhte auf undurchschaubaren Experimenten, was ihr den Ruch von Alchemie verlieh, die Kurven bewiesen aber unwiderlegbar den Zerfall eines radioaktiven Elements und das Auftreten eines neuen. Auch die quantitativen Analysen der 30 und 24 Jahre alten Forscher waren unanfechtbar. Dennoch erhoben sich machtvolle Gegenstimmen: So behauptete Lord Kelvin, Ätherwellen könnten dem Radium Energie zuführen. Und wie war all dies mit dem Energieerhaltungssatz – einem physikalischen Axiom des 19. Jahrhunderts – vereinbar? Rutherford und Soddy postulierten, dass *alle* radioaktiven Elemente einschließlich Uran letztlich in nichtradioaktive Endprodukte umgewandelt würden. Demnach käme die Energie aus dem Inneren des Atoms.

Eine weitere wichtige Folgerung aus der Zusammenarbeit von Rutherford und Soddy betraf die Aufheizeffekte

von Radium (und anderen radioaktiven Elementen). Die Menge an Radium, die in Eruptiv- und Sedimentgestein vorhanden ist, reicht aus, um die Abkühlung der Erde zu bremsen. Diese Erkenntnis versetzte Rutherford in die Lage, Schätzwerte für das Alter der Erde zu berechnen (siehe die Abschnitte 3 und 4).

In Rutherfords Zeit an der McGill University fällt auch die Einführung des Begriffs „Emanation“. R. B. Owens, ein Kollege aus dem Institut für Elektrotechnik, erhielt bei Ionisierungsmessungen stark streuende Messdaten, die Rutherford auf Luftströme zurückführte, die in irgendeiner Form vom Thorium ausgehen mussten. Da er nicht wusste, ob es sich um ein Gas oder eine Teilchenwolke handelte, entschied er sich 1900 für die Bezeichnung „Thorium-Emanation“. Europäische Physiker entdeckten bald darauf Emanationen von Radium und Actinium. Nachdem Sir William MacDonal die McGill University mit einer Luftverflüssigungsanlage ausgestattet hatte, konnten Rutherford und Soddy durch Kondensationsexperimente nachweisen, dass die Emanation ein Gas war. Später wurde die Emanation der Gruppe der Edelgase zugeordnet,^[6] und deren Entdecker Sir William Ramsay identifizierte das Gas zusammen mit Soddy im Jahr 1903 durch spektroskopische Experimente als Helium.

Rutherfords gewinnende Persönlichkeit und die Experimente, die er zusammen mit dem virtuellen Chemiker Soddy erdachte, fanden weltweit Beachtung. Der Entdecker des radioaktiven Elements Thorium, Otto Hahn, der Jahrzehnte später für die Entdeckung der Kernspaltung den Nobelpreis erhalten sollte, arbeitete 1905–1906 für Rutherford. Und auch Bertram Boltwood, der später an der Yale University lehrte, stand mit Rutherford in Briefwechsel; sie bewiesen, dass zwischen Uran und Radium eine Beziehung besteht, und stellten dadurch einen Zusammenhang zwischen deren Zerfallsreihen her. In einer Zeit, als sich die Gleichberechtigung durchaus noch nicht durchgesetzt hatte, öffnete Rutherford seine Gruppe an der McGill University für Frauen wie Harriet Brooks. In dieser Hinsicht bewiesen Rutherford und Rayleigh gleicherma-

ßen einen gesunden Menschenverstand.^[6]

2.4. Manchester (1907–1919)

Als Sir Arthur Schuster^[10] im Jahr 1907 vorzeitig als Professor an der University of Manchester abdankte, schlug er Rutherford als seinen Nachfolger vor (Abbildung 2). Der wohlhabende und

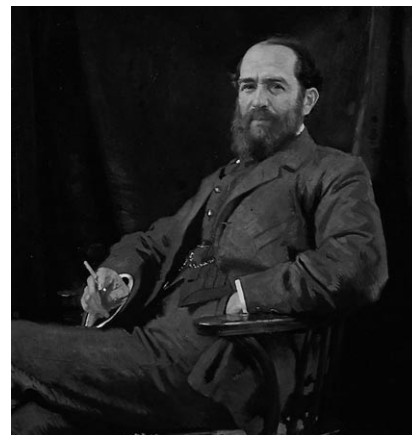


Abbildung 2. Sir Arthur Schuster (1851–1934) trat seinen Physiklehrstuhl in Manchester vorzeitig ab – unter der Bedingung, dass Rutherford seine Nachfolge angeboten würde. Siehe auch Lit. [10].

einnehmende Schuster hatte sein physikalisches Institut hinter dem Cavendish-Laboratorium an zweiter Stelle in Großbritannien etabliert.^[10] Das Laboratorium stand unter der Obhut seines persönlichen Assistenten Hans Geiger,^[11] und ein Lehrstuhl für mathematische Physik, den Niels Bohr später einnehmen sollte, war bereits eingerichtet. Während des ersten Jahres in Manchester erhielt Rutherfords Gruppe reichlich Zuwachs, darunter alleine durch vier Deutsche.^[2]

Die Österreichische Akademie der Wissenschaften beschenkte Rutherford mit einer reichlichen Menge Radiumchlorid (aus den Joachimsthaler Uranbergwerken). So konnte er sich, hauptsächlich zusammen mit Geiger, auf das Studium der vergleichsweise großen Alphateilchen konzentrieren, die – anders als Betateilchen – die Größenordnung von Atomen hatten. Rutherford vermutete hier den Schlüssel zu einem

tieferen Verständnis des Aufbaus der Materie. Mit Geiger entwarf er 1908 ein langes Messingrohr, in dessen Achse sich ein isolierter Draht mit Anschluss an ein Elektrometer befand. Wenn ein Teilchen den Gasraum passierte, müsste dies zu einer Ionisierung und einer kurzen Entladung im Gas führen, die sich schließlich in einem messbaren Strom äußern sollte. (Geiger verbesserte die Empfindlichkeit dieses Prototyps im Jahr 1928 zusammen mit W. Müller.) Das wichtigste Resultat der Arbeit von Rutherford und Geiger war die Feststellung, dass es sich bei Alphateilchen um doppelt geladene Heliumatome handelt.

Die Experimente aus dem Jahr 1908 zeigten, dass jedes Alphateilchen beim Auftreffen auf einen Fluoreszenzschirm (aus Zinksulfid oder dem Mineral Willemite) einen Lichtblitz hervorruft. Solche Szintillationszähler waren schon zuvor für die Messung radioaktiver Prozesse eingesetzt worden, und sie erwiesen sich zudem als deutlich anwenderfreundlicher als der primitive Vorläufer des Geiger-Zählers und sogar das Geiger-Müller-Zählrohr. Noch vor Millikans Öltropfenversuch erhielt Rutherford mithilfe eines genialen Experiments einen Zahlenwert für die Elementarladung e : Er maß die durch eine Radiumprobe erzeugte Ladung, teilte sie durch die Zahl abgegebener Alphateilchen und bestimmte so die Ladung der Teilchen.

Technisch versierte Radiochemiker wie Boltwood aus Yale (der Rutherford 1909–1910 besuchte), den polnisch-amerikanischen Physikochemiker Kasimir Fajans und den in Deutschland ausgebildeten Ungar György Hevesy,^[12] der gemeinsam mit F. A. Paneth die Isotopenmarkierung und die Aktivierungsanalyse entwickelt hatte, zog es zu Rutherford nach Manchester. Sie alle trugen zum Verständnis der radioaktiven Verschiebungssätze und zum Konzept der Isotopie bei. (Der Begriff „Isotop“ wurde später von Soddy eingeführt, der, ebenso wie Hevesy, einen Nobelpreis erhielt.)

Mit einem Musterbeispiel für das, was Rutherford als ein Jedermann-Experiment („any damn fool experiment“) bezeichnete, wurde im Jahr 1909 der Student Ernest Marsden beauftragt. Er sollte die Weitwinkelstreuung von Al-

phateilchen an einer Goldfolie untersuchen. Die Überraschung war groß, als Marsden tatsächlich einige Reflexe bei Winkeln über 90° entdeckte, und gemeinsam mit dem begeisterten Geiger führte er die Studie zu Ende. Rutherfords Reaktion hierauf wurde zweifellos im Laufe der Zeit durch vielfaches Zitieren etwas aufgebauscht:^[13] „Es war unglaublich – gerade so, als wenn man eine 30-cm-Granate auf ein Taschentuch abfeuert und sie kommt zurück und trifft einen.“

Rutherford nahm sich daraufhin über ein Jahr Bedenkzeit. 1911 stellte er dann sein Modell des Atomkerns vor, das wohl als seine herausragendste Leistung gelten darf. Die Alphateilchen wurden durch Stöße mit einzelnen Atomen der Folie von ihren Bahnen abgelenkt (Abbildung 3 und 4). Zu der hierfür erforderlichen elektrostatischen Anziehung oder Abstoßung kann es aber nur dann kommen, wenn die Ladung in einem Volumen konzentriert ist, das im Vergleich zum Atomvolumen winzig ist. In gewisser Weise musste das Atom also ähnlich aufgebaut sein wie unser Sonnensystem.

Außer in Manchester schien diese Entdeckung indes kaum jemanden zu interessieren,^[2] doch das änderte sich schlagartig, als Niels Bohr im Jahr 1913 sein berühmtes Atommodell veröffentlichte. Bohr war schon 1912 in Manchester gewesen und sollte 1914–1916 erneut dort wirken. Zuhause in Dänemark erarbeitete er eine Theorie, die Radioaktivität, Atomphysik, Spektroskopie, Quantentheorie und Chemie vereinte. Die Radioaktivität entsprang dem Atomkern, während die länger bekannten chemischen und physikalischen Eigenschaften auf die Elektronen zurückgingen, die sich in Kreisbahnen um den Kern bewegten. Diese Kreisbahnen sah er als stabil an (in eklatantem Widerspruch zur klassischen Elektrodynamik), und der Drehimpuls der darauf befindlichen Elektronen war quantisiert. Linienspektren folgten aus der Emission oder Absorption von Energiequanten. Schon bald sollten Arbeiten von H. G. J. Mosley zu Röntgenspektren (neben den Untersuchungen von Rutherford) Bohrs Konzept stützen. Ein neues Zeitalter brach an.

Im Ersten Weltkrieg leerte sich Rutherfords Laboratorium. Er selbst ver-

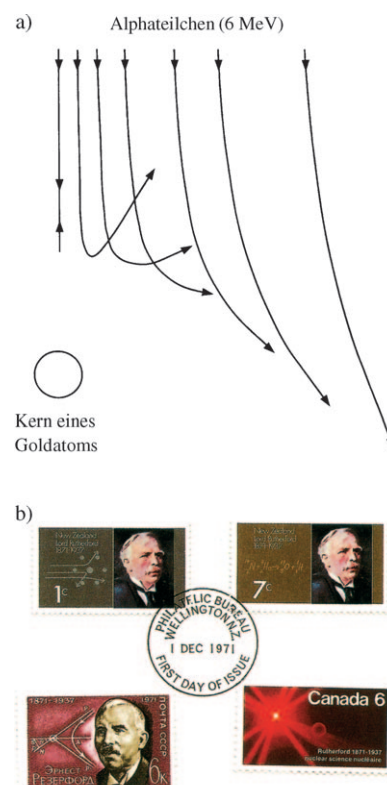
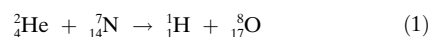


Abbildung 3. a) Streuung von Alphateilchen durch Atomkerne (nach Lit. [1]). b) Russische, kanadische und neuseeländische Briefmarken zu Ehren Rutherfords.

brachte viel Zeit im Dienste des Admiralty Board of Invention mit Untersuchungen zu U-Boot-Abwehr und Unterwasserakustik. Im Jahr 1919 berichtete Rutherford aber schon wieder über epochale Ergebnisse aus Experimenten mit Alphateilchen. Er zeigte, dass beim Auftreffen der Teilchen auf Stickstoffatome Protonen und Sauerstoff entstehen [Gl. (1)].



Die Bildung schneller Protonen bei diesem ersten künstlichen Zerfall („artificial disintegration“) des ansonsten stabilen Stickstoffkerns war überaus bemerkenswert. Nachdem Rutherford den Cavendish-Lehrstuhl in Cambridge von seinem früheren Mentor J. J. Thomson übernommen hatte, untermauerten er und seine Kollegen ihre Beobachtungen mit den erforderlichen ausführlichen Experimenten.

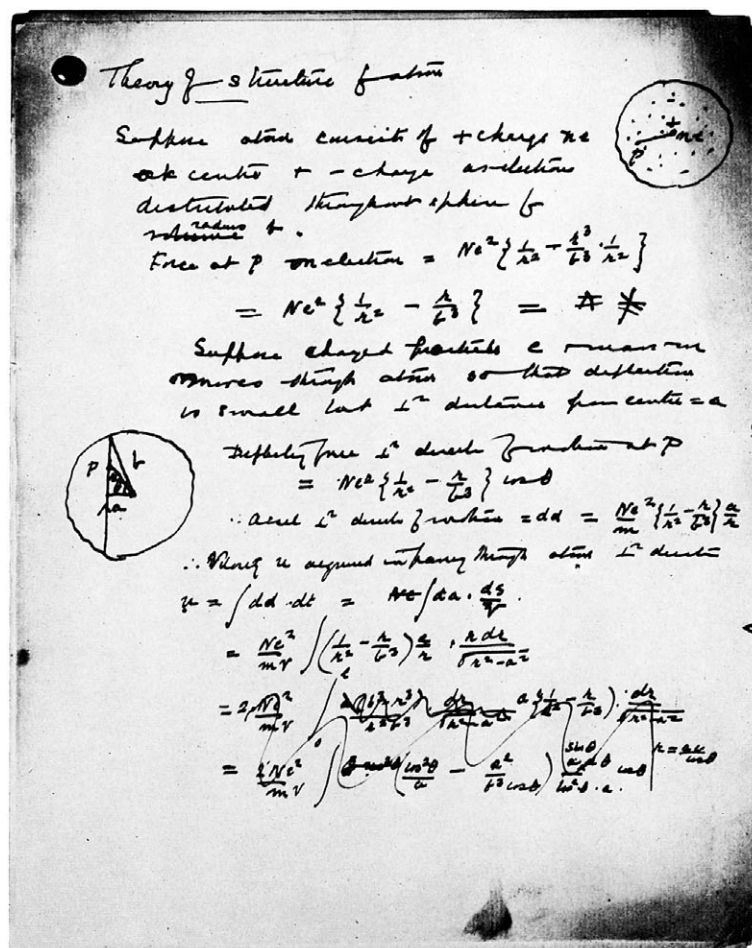


Abbildung 4. Rutherfords erste Notiz zu seinem Atommodell, geschrieben vermutlich im Winter 1910–1911.

2.5. Cambridge (1919–1937)

Rutherford fiel es nicht leicht, Manchester zu verlassen, denn es war der Schauplatz seiner größten Erfolge und das Zuhause vieler Freunde. Niels Bohr schrieb später dazu:^[14] „Als ich in Manchester zu Besuch war, sprach Rutherford einerseits begeistert über seinen bevorstehenden Wechsel nach Cambridge, andererseits befürchtete er, die zahlreichen Verpflichtungen der zentralen Stellung, die er dort in der britischen Physik einnehmen würde, könnten seine Forscherfreiheit einschränken, die er in Manchester so gut zu nutzen gewusst hatte. Jedermann weiß, dass diese Furcht unbegründet war. Rutherfords Schaffenskraft war nie so offenkundig wie in seiner Zeit als Leiter des glorreichen Cavendish-Laboratoriums.“

In seiner zweiten Baker-Vorlesung an der Royal Society postulierte Rutherford im Jahr 1920 die Existenz eines

neutralen Teilchens mit den Eigenschaften des Neutrons, um die Kernzusammensetzung der schweren Elemente zu erklären. Chadwick, der Rutherford aus Manchester begleitet hatte, versuchte zunächst erfolglos, ein solches Teilchen nachzuweisen. Als er 1932 Beryllium mit Alphateilchen beschoss, wurde eine stark durchdringende Strahlung freigesetzt. Im selben Jahr entdeckten Irène und Frédéric Joliot-Curie, dass diese Strahlung schnelle Protonen aus wasserstoffhaltigen Materialien herausschlagen konnte. Chadwick erklärte die Strahlung mit dem Vorliegen ungeladener Partikel, die fast dieselbe Masse wie Protonen hatten; für diese Untersuchungen wurde ihm 1935 der Physik-Nobelpreis zuerkannt.

In den frühen 1920er Jahren beobachteten Rutherford und Chadwick den Zerfall einiger leichter Elemente, doch zu dieser Zeit war nicht bekannt, ob die Alphateilchen nach der Explosion als

solche davonflogen oder ob sie sich mit dem Zielkern verbanden, bevor es zur Umwandlung kam. P. M. S. Blackett verwendete 1925 die von C. T. R. Wilson entwickelte Nebelkammer, um die Spuren bei etwa 400 000 Stößen mit Alphateilchen zu photographieren. Meist handelte es sich um gewöhnliche elastische Stöße, aber in acht Fällen kam es zum Kernzerfall. Die Spuren von zwei Fragmenten führten vom Ort des Zerfallsereignisses weg; somit war klar, dass das Alphateilchen vom Atomkern absorbiert worden war.

In Rutherfords Cavendish-Laboratorium arbeitete der Waliser Wynn-Williams, dem große Fortschritte bei der Instrumentierung gelangen (Abbildung 5). Oliphant schrieb dazu:^[15] „Wynn-Williams revolutionierte die Zähltechniken für Alphateilchen und Protonen. ... Er und Ward entwickelten den Cavendish-Linearverstärker, der sehr geringe Strompulse, wie sie beim

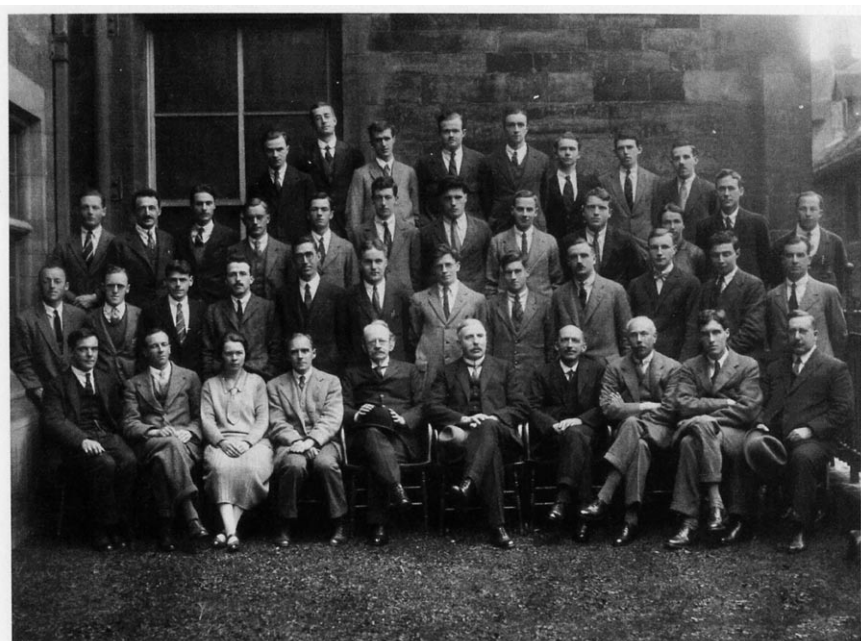


Abbildung 5. Photographie von Rutherfords Cavendish-Laboratorium, 1926. In der vorderen Reihe sitzen sieben Nobelpreisträger sowie G. I. Taylor. C. E. Wynn-Williams ist der Erste von links in der hinteren Reihe.

Durchgang eines einzigen schnellen Teilchens durch eine Ionisationskammer entstehen, quantitativ erfassen konnte. ... Die Größe des Pulses war proportional zur Ionisationskraft des Teilchens, sodass sich Protonen leicht von Alphateilchen unterscheiden ließen. ... All dies brachte die Kernphysik entscheidend voran, weil statistisch signifikante Ergebnisse erhalten werden konnten.“

Rutherford und Chadwick gelang es nicht, ein schwereres Element als Argon zu spalten. Die zweifach positiv geladenen Alphateilchen aus natürlichen Radioaktivitätsquellen wurden durch die großen positiven Kernladungen von Elementen mit hohen Ordnungszahlen abgestoßen. Nach einem Besuch von George Gamow am Cavendish-Laboratorium änderte Rutherfords Gruppe ihr bisheriges Konzept einer sturen Spannungserhöhung. Gamow hatte erläutert, dass gemäß der Wellenmechanik ein Projektil mit relativ geringer Energie durch die Potentialbarriere am Atomkern auch hindurchtunneln könne, sie also nicht unbedingt überwinden müsse. In der Folge begann man am Cavendish-Laboratorium, mit beschleunigten Elektronen, Protonen und Alphateilchen zu experimentieren. Eine neue Generation von Forschern mit herausragendem technischem Verständnis

wuchs heran, darunter T. E. Allibone, P. Kapitza, J. D. Cockcroft und E. T. S. Walton. Sie entwarfen Maschinen, die Protonen und Elektronen mit Spannungen von einigen Hunderttausend Volt beschleunigen konnten. Mithilfe von schnellen Protonen aus dem Cockcroft-Walton-Beschleuniger^[16] gelang es, Lithiumatome gemäß Gleichung (2) zu spalten. Das Ergebnis beschrieben Cockcroft und Walton, die Physik-Nobelpreisträger des Jahres 1951, wie folgt:^[16] „Pro Zerfallereignis werden ungefähr sechzehn Millionen Elektronenvolt freigesetzt, was auf der Grundlage des Massenverlusts ungefähr zu erwarten war.“



Somit wurde Einsteins berühmte Gleichung $E=mc^2$ erstmals experimentell bestätigt. Dies überzeugte Rutherford, der theoretischen Untersuchungen bis dahin skeptisch gegenüberstand, von der Bedeutung der Quanten- und Wellenmechanik, wenngleich er selbst die Konzepte nicht im Detail durchblickte. Das erfolgreiche Experiment bewog ihn auch, in den Bau des Zyklotrons zu investieren, das E. O. Lawrence in Berkeley entwickelte.

Zwar trug Rutherford persönlich nicht direkt zu den Untersuchungen bei, die Chadwick, Cockcroft und Walton (und später Blackett für seine Arbeiten zu kosmischen Strahlungsschauern) ihre Nobelpreise einbrachten, doch der angesehene Forscher unterstützte seine Zöglinge und Partner mit Begeisterung. In eigenen experimentellen Untersuchungen konnte er zusammen mit Oliphant (und mithilfe von schwerem Wasser, das ihm G. N. Lewis zur Verfügung stellte) durch den Beschuss von Deuterium mit Deuteronen ferner nachweisen, dass auch Wasserstoff- und Heliumisotope mit der Masse 3 existieren. Diese erfolgreiche Umwandlung von Elementen, nach der so lange gesucht worden war, kann als krönender Abschluss seines Lebenswerks betrachtet werden. Seine Genugtuung und sein grenzenloser Enthusiasmus schwingen in seinem letzten Buch *The Newer Alchemy* mit, das 1937 veröffentlicht wurde.

Soweit es die Mittel zuließen, förderte Rutherford in seinem Laboratorium auch andere wichtige Forschungsgebiete: beispielsweise die Arbeiten des russischen Physikers und Stalin-Kritikers Kapitza (Physik-Nobelpreis 1979 für die Entdeckung der Supraflüssigkeit), der nach Methoden zur Erzeugung starker Magnetfelder suchte, um Alphateilchen zu beschleunigen, oder die Untersuchungen von Appleton (Nobelpreis 1947) und Ratcliffe, auf denen spätere radioastronomische Studien am Cavendish-Laboratorium aufbauen sollten. Anfang der 1930er Jahre setzte er Geld aus dem Mond-Nachlass für Arbeiten zum Magnetismus und bei tiefen Temperaturen ein (siehe Abbildung 6), um Kapitzas Pläne zum Aufbau einer Produktionsanlage für flüssiges Helium und seine Studien zur kurzzeitigen Erzeugung über 300 Kilogauss starker Magnetfelder zu unterstützen. Wie seine Vorgänger Maxwell, Rayleigh und Thomson war auch Rutherford als Gastprofessor für Experimentalphysik an der Royal Institution of Great Britain tätig. Von dem Platz hinter dem nierenförmigen Pult aus, den vor ihm schon Davy und Faraday eingenommen hatten, um den gebildeten und weniger gebildeten Londonern ihre Faszination für die Wissenschaft zu vermitteln, hielt er häufig Vorlesungen, in denen es an

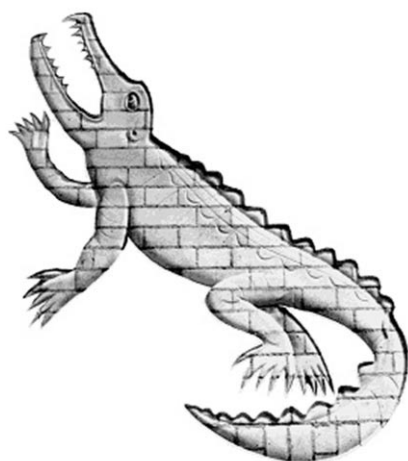


Abbildung 6. Ein Markenzeichen des alten Cavendish-Komplexes ist ein graviertes Krokodil an der Hauswand des Mond-Laboratoriums. Dieses Laboratorium wurde 1933 durch die Royal Society errichtet, um Kapitza die Fortführung seiner Arbeiten zu starken Magnetfeldern zu ermöglichen (siehe Text). „Krokodil“ war Kapitzas Spitzname für Rutherford, entweder weil er fürchtete, dass dieser ihm den Kopf abreißen könnte, oder weil das Ertönen seiner Stimme – wie der Wecker im Bauch des Krokodils bei Peter Pan – seine Besuche ankündigte (Quelle: Internetseite des Cavendish-Laboratoriums, 2008).

Demonstrationsexperimenten nicht fehlte (siehe Abbildung 7).

Rutherford schrieb um die 180 Originalbeiträge und fünf Bücher – angefangen mit den Silliman-Vorlesungen an der Yale University (1905), die unter dem Titel *Radioactivity* veröffentlicht wurden. Er erhielt zahlreiche Ehrentitel, war Mitglied in einer Reihe nationaler Wissenschaftsakademien und wurde von König George V. 1925 mit dem Verdienstorden ausgezeichnet. Von 1925 bis 1930 war er Präsident der Royal Society. Im Jahr 1931 wurde er als Baron Rutherford of Nelson (eine Stadt in Neuseeland) in den Adelsstand erhoben, und er war von 1933 an Präsident des Academic Assistance Council (ein politischer Posten, denn die Institution wurde ins Leben gerufen, um Wissenschaftler zu unterstützen, die vor dem Nationalsozialismus flohen^[17]).

Rutherford erlag am 19. Oktober 1937 im Krankenhaus den Folgen einer Operation an einem Nabelbruch. Seine Urne steht neben den sterblichen Überresten von Newton, Kelvin, Darwin und Sir John Herschel in der Westminster Abbey.

3. Rutherford und die Kontroverse um das Alter der Erde

Lord Kelvin (der frühere William Thomson) war ein außergewöhnlich begabter Mathematiker, Physiker und Geschäftsmann. Seine Äußerungen hatten enormes Gewicht, und weil ihre Gültigkeit sich in vielen Fällen bestätigt hatte, glaubten zahlreiche Wissenschaftler seine Rechnungen und Schätzungen nahezu unbesehen. Kelvin hatte das Alter der Erde auf hundert Millionen Jahre geschätzt, gab manchmal aber auch noch niedrigere Werte an. Dass er noch Ende des 19. Jahrhunderts die Ansicht vertrat, die Verfestigung der Erdkruste müsse vor mehr als 20, aber weniger als 40 Millionen Jahren stattgefunden haben, ist verbrieft.

Zu diesen Werten gelangte Kelvin unter der Annahme, dass alles Gestein zum Entstehungszeitpunkt der Erde als Schmelze vorlag und anschließend nach den unanfechtbaren Gesetzen der Strahlungslehre abkühlte. Aus den aktuellen Temperaturen und den Temperaturgradienten an der Erdoberfläche sowie der durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit und spezifischen Wärmekapazität der Erdbestandteile ließ sich mithilfe des Satzes von Fourier ableiten, wie lange die Abkühlung einer geschmolzenen Erde gedauert haben muss. Fossilfunde und mineralogische Erwägungen sagten Biologen und Paläontologen jedoch, dass Kelvin falsch lag und ein höheres Alter anzusetzen war. Charles Darwin widersprach Kelvins Schätzungen in seinem berühmten Werk *The Origin of Species* geradeheraus: „Höchstwahrscheinlich sind seit dem Sekundärzeitalter weit über 300 Millionen Jahre vergangen.“

Weil Rutherford und Soddy die Zerfallsgeschwindigkeiten radioaktiver Isotope aus Messungen kannten, und weil sie leicht die Menge an verbliebenen radioaktiven Isotopen (oder angereicherten neu gebildeten Isotopen) bestimmen konnten, gelang es ihnen, das Alter der Erde direkt zu berechnen – gerade so, als würden sie eine laufende Stoppuhr ablesen. Man ermittelt das Alter der Erde einfach, indem man entweder die Radioaktivität oder die Menge an Helium in einem (radioaktiven) Mineral misst. Außerdem hatte Rutherford eine unbegründete Annah-

me bei Kelvins Schätzungen ausgemacht: In der Erde existierte nämlich eine weitere Wärmequelle, die die Abkühlung durch Strahlung verzögerte. Diese Wärmequelle war das Radium.

Unter dem Titel „Some Cosmical Aspects of Radioactivity“^[18] wurde das Skript einer Vorlesung Rutherfords bei der Royal Astronomical Society of Canada aus dem Jahr 1907 veröffentlicht. Darin führte er den Beweis, dass über die gesamte Erdoberfläche eine sehr große Menge an Radium und anderer radioaktiver Materie verteilt sein müsse, die die Erde kontinuierlich erwärmt. Rutherford nutzte folgendes Bild: „Eine bestimmte Menge an Radium erzeugt pro Stunde genügend Energie, um mehr als ihr eigenes Gewicht an Eis zu schmelzen. Über ein Jahr erhält man aus einem Pfund Radium ebensoviel Wärme wie durch die Verbrennung von hundert Pfund guter Kohle.“

In der Aufsehen erregenden Ankündigung zu seiner Vorlesung erklärt Rutherford: „Stellen Sie sich ein sehr dichtes radiumhaltiges Mineral vor, aus dem das kontinuierlich erzeugte Helium nicht entweichen kann. Die Menge an Helium in dem Mineral wird ständig zunehmen, und der Gesamtgehalt sollte proportional zum Alter des Minerals und zur enthaltenen Radiummenge sein. Ich besitze Kristalle des Minerals Thorianit, das vor wenigen Jahren in Ceylon entdeckt wurde. Diese Kristalle enthalten ungefähr 12 Prozent Uran und 70 Prozent Thorium. Beim Erhitzen gibt dieses Mineral große Mengen an Helium ab – über 10 Kubikzentimeter pro Gramm. Nun kann man ziemlich sicher davon ausgehen, dass das in diesem Mineral gespeicherte Helium durch Zerfall von Radium nach der Bildung des Minerals entstanden ist. Unter Berücksichtigung der erwähnten Geschwindigkeit der Bildung von Helium aus Radium können wir annehmen, dass das Mineral Thorianit mindestens 500 Millionen Jahre alt ist. So viel Zeit muss also seit der Bildung des Minerals in der Erdkruste vergangen sein – und diese Schätzung ist konservativ, denn wahrscheinlich hat das Mineral bereits einiges Helium abgegeben. ... Vorausgesetzt, die in dieser Rechnung verwendeten Konstanten wurden präzise bestimmt, bin ich überzeugt davon, dass diese Methode außerordentlich nützlich für die genaue Bestimmung des Alters

von radioaktiven Mineralien sein wird. Daraus ließe sich indirekt auch auf das Alter der geologischen Schichten schließen, in denen sie gebildet wurden.“

Es bleibt zu erwähnen, dass auch die anderen radioaktiven Uhren der Geologen – Kalium/Argon und Uran/Blei – auf Rutherfords Erkenntnissen beruhen.

4. Eine Anekdote aus der Royal Institution

Rutherfords Arbeiten waren Kelvin zunächst unbequem. In diesem Zusammenhang berichtete Rutherford in einem Brief an seine Frau über eine amüsante Begebenheit, die sich bei seinem Besuch der Royal Institution im Jahr 1904 zugetragen hatte. Als der 33-jährige Rutherford in diesem Jahr aus Montreal nach Großbritannien reiste, um die Baker-Vorlesung an der Royal Society zu halten, nutzte die Royal Institution die Gelegenheit, ihn ebenfalls einzuladen. Rutherford betrat die Bühne und erblickte den 80-jährigen Kelvin unter den Zuschauern (siehe Abbildung 7). Überlassen wir Rutherford das Wort: „Ich betrat den halbdunklen Raum und erblickte sofort Lord Kelvin unter den Zuschauern. Ich sah im letzten Abschnitt meiner Vorlesung, der sich mit dem Alter der Erde befasste, Probleme auf mich zukommen, denn wir waren in diesem Punkt unterschiedlicher Meinung. Zu meiner Erleichterung schlief Kelvin bald fest ein, doch als ich zum entscheidenden Teil übergehen wollte, setzte sich der alte Vogel auf und fixierte mich mit einem Auge. Einem plötzlichen Einfall folgend erklärte ich, Lord Kelvin habe das Alter der Erde für den Fall eingeschränkt, dass keine weiteren Quellen gefunden würden. Bei dieser prophetischen Aussage bezog er sich auf unser heutiges Thema, das Radium! Und siehe da! Der alte Knabe strahlte mich an.“

Ein ähnliches Publikum wie es Rutherford bei der Royal Institution antraf, hätte sich auch bei den Freitagabendgesprächen von Sir James Dewar und anderen geboten (Abbildung 7). Lord Kelvin und Lord Rayleigh waren bei solchen Ereignissen häufig anzutreffen, aber auch andere Prominente bis hin



Abbildung 7. Sir James Dewar bei einer Demonstration mit flüssigem Wasserstoff an der Royal Institution, London, um 1904. Im Publikum befinden sich unter anderem (vordere Reihe von rechts nach links) Sir Oliver Lodge, Ludwig Mond, George Matthey, Lord Rayleigh, Sir James Crichton-Brown, Sir William Crookes, der Premierminister A. J. Balfour, Sir George Gabriel Stokes und Lord Lister; Lord Kelvin ist der Sechste von rechts in der linken unteren Reihe. Rutherford hatte bei seinem berühmten Vortrag zur Radioaktivität im Jahr 1904 (siehe Text) vermutlich ein ähnliches Publikum. Dewar steht (mit einem der nach ihm benannten Isoliergefäße) an dem Platz, den schon Davy und Faraday im 19. Jahrhundert bei ihren Vorträgen eingenommen hatten.

zum Premierminister A. J. Balfour, der Lord Rayleighs Schwager war.

Nach Rutherfords Vorlesung zum Alter der Erde soll Lord Rayleigh gegenüber Lord Kelvin geäußert haben, dass er (Kelvin) schon bald Rutherfords Schätzung seiner eigenen vorziehen werde. Rayleigh lud Kelvin und Rutherford auf seinen Landsitz Terling Place ein, um beide bekanntzumachen. Das Gästebuch, mittlerweile im Besitz der Nachfahren, Lord und Lady Rayleigh, zeugt von diesem Ereignis und belegt, dass die Schusters ebenfalls anwesend waren (Abbildung 8).

Kurz nach ihrem Zusammentreffen berichtete Rutherford seiner Frau:^[19] „Lord Kelvin hat die meiste Zeit über Radium gesprochen, und das mit einem bewundernswerten Selbstvertrauen, wenn man bedenkt, wie wenig er sich mit diesem Gebiet befasst hat. Von meinen Ansichten zu Radium wollte er nichts wissen, aber Strutt (Lord Rayleigh) geht davon aus, dass er binnen eines Jahres seine Meinung ändern wird. Sie haben sogar diesbezüglich gewettet.“

Der Streitpunkt war grundsätzlich, ob die von Radium freigesetzte Energie ausschließlich aus dem Atominneren

kommt oder ob radioaktive Atome in irgendeiner Weise Energie aus einer Art „Äther“ aufnehmen und umverteilen. Kelvin ist zugute zu halten, dass er seine Theorie noch 1904 bei einer Tagung der

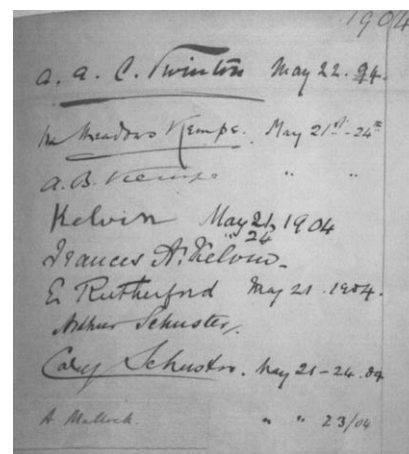


Abbildung 8. Eine Seite aus dem Besucherbuch von Terling Place, Lord Rayleighs Heimat in Essex und Schauplatz vieler seiner Experimente und regelmäßiger Wochenendgesellschaften. Im Mai 1904 nutzte Rayleigh einen solchen Anlass, um den jungen Rutherford und Lord Kelvin einander vorzustellen. Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Lord und Lady Rayleigh.

British Association öffentlich zurückzog; außerdem beglich er seine fünf Schilling Wettschulden!

5. Anerkennung für Rutherford

Von Rutherford wird gesagt, er habe sich nie Feinde gemacht noch je einen Freund verloren. Er sympatisierte gerne mit Außenseitern und strahlte stets Freundlichkeit und Wertschätzung aus.^[14] Seine übersprühende Energie und Begeisterung für seine Arbeit waren legendär. Rutherford war nicht einfach clever, er war groß. Und er hatte die drei Dichtertugenden – Einsicht, Vorstellungskraft und eine tiefe Liebe zur Wahrheit.^[14]

Drei Zitate sollen ausreichen, um diesen unsterblichen Wissenschaftler zu charakterisieren: Zu Wort kommen sein Partner Frederick Soddy, Samuel Devons, ein Student an Rutherfords Cavendish-Laboratorium, und sein Freund und Bewunderer Sir James Jeans.

Soddy verzeichnete nach der Entdeckung der Isotope (und der Erfindung dieses Begriffs)^[20] im Jahr 1913 kaum mehr wissenschaftliche Erfolge, wohingegen Rutherford weiter voranstrebte. Soddy erinnerte sich an ihre bahnbrechenden Arbeiten in Montréal: „*Mein Verhältnis zu dem jungen Ernest Rutherford war stets herzlich, und ich fand mich bald unter dem Einfluss seiner anziehenden und energischen Persönlichkeit, die später die gesamte Fachwelt bezaubern sollte. Ich erinnere mich an ihn als unermüdlichen Forscher mit einem unfehlbaren Riecher und als unerreichten Experimentator, der unbeeindruckt von allen Hindernissen die einfachste Vorgehensweise erkannte. ... Als wir unsere Zusammenarbeit beendeten, hatten wir das große Puzzle der Radioaktivität quasi zusammengefügt. Als stärkster Eindruck aus diesen Tagen verbleibt die große Begeisterung, als sich die Teile zu einer einzigen, umfassenden Theorie des Kernzerfalls verbanden.*“

Samuel Devons, der frühere Langworthy Professor für Physik an der University of Manchester (als Rutherfords Nachfolger) und Fellow of Trinity College in Cambridge, war bis zu seinem Tod im Jahr 2006 Emeritus für Physik an der Columbia University in New York.

Er erinnerte sich an seine Zeit als Student im Cambridge der 1930er Jahre:^[21] „*Man schien eher durch Vorbildwirkung zu lernen als durch Unterricht. Für einen Studenten der Wissenschaften, insbesondere der Physik, verkörperte Ernest Rutherford ein großartiges Vorbild, und wenn ich an meine ersten Studienjahre zurückdenke, bilden Rutherford, Cambridge und das Cavendish-Laboratorium eine unzertrennliche Einheit. ... Rutherford war nicht einer der berühmten Professoren in Cambridge – er war der Professor schlechthin. ... Das Cavendish-Laboratorium war Rutherfords Reich. ... Er führte mit Wohlwollen und gab fachliche Ratschläge, und es wurde ihm mit Folgsamkeit zurückgezahlt. Sein Einfluss auf sein Umfeld glich dem Einfluss der Sonne auf die Planeten. Rutherford, der Cavendish-Professor, war die Quelle von Licht, Wärme und Leben. Dies war die Ordnung der Dinge. Die jungen Studenten kreisten auf den äußeren Bahnen seines Sonnensystems, aber auch wir badeten in seinen Strahlen.*“

Sir James Jeans bemerkte kurz nach Rutherfords Tod: „*Die meisten seiner Studien waren brillant, einfach in ihrem Konzept und mit weitreichenden Konsequenzen. ... Voltaire sagte einst, Newton müsse der glücklichste aller Wissenschaftler sein, denn nur einem einzigen könne es vergönnt sein, die grundlegenden Gesetze des Universums zu entdecken. Hätte er später gelebt, so hätte er ähnliches vielleicht über Rutherford und den Bereich der unendlich kleinen Dinge gesagt, denn Rutherford war der Newton der Atomphysik. Und in mancher Hinsicht war er glücklicher als Newton, denn Rutherfords Leben kannte keine Periode wie die Jahre, in denen Newton erfolglos nach dem Stein der Weisen suchte; auch Vergleichbares zu Newtons irreführenden optischen Theorien oder den erbiterten Auseinandersetzungen mit seinen Zeitgenossen sucht man vergebens. Rutherford war stets glücklich – mit seiner Arbeit, mit seinen Ergebnissen und mit seinen Mitmenschen.*“

6. Epilog

Als ich 1978 an die University of Cambridge kam und 1980 Mitglied des Royal Society Dining Club wurde,

lernte ich einige Forscher näher kennen, die noch mit Rutherford zusammengearbeitet hatten und durch seine Persönlichkeit und sein Auftreten beeinflusst worden waren. Alle, die mit ihm (wie T. E. Allibone) oder seinen Kollegen (wie D. Shoenberg als Doktorand bei Kapitza) zusammengearbeitet hatten, rühmten sein charismatisches Wesen und seine Vorbildwirkung. Andere wie Max Perutz,^[22] der ab 1936 bei J. D. Bernal gearbeitet hatte, erinnerten sich gut an Rutherfords Veröffentlichungen, die kurz nach dessen Tod allen Mitglieder des Cavendish-Laboratoriums zur Verfügung gestellt wurden. Perutz sagte, dass er beim Lesen dieser Arbeiten so gleich beeindruckt war von den Prinzipien, auf denen Rutherfords Forschung aufbaute: 1) Eine klare Vorstellung davon, was es in einer Untersuchung zu beweisen galt; 2) die Fähigkeit, genau die richtigen Experimente zu diesem Zweck auszuführen; 3) eine Zweckmäßigkeit beim Abfassen seiner Veröffentlichungen, in denen er alle Zweideutigkeiten ausräumte. Für Rutherford war die Einleitung eines Forschungsbeitrags der wichtigste Teil. Was soll getan, gelernt oder vermittelt werden?

Perutz und andere erinnern sich, dass Rutherford davon abriet, abends zu lange im Labor zu arbeiten. Das Institut war ab 18 Uhr geschlossen. Man solle sich nicht einbilden, man würde hart arbeiten, nur weil man lange im Labor stünde. Besser sei es, Feierabend zu machen, sich auszuruhen und am nächsten Tag frisch ans Werk zu gehen.

Nicht zuletzt hatte Rutherford auch ein Gespür für Siegertypen, die er auswählte und förderte. Ein Blick auf die Institutsphotographien des Cavendish-Laboratoriums (seit 1919) genügt, um dies zu bestätigen. Doch jede Regel hat ihre Ausnahme: Der theoretische Physiker J. Robert Oppenheimer, der in Harvard studiert hatte, wurde nicht von Rutherford als Doktorand angenommen. Oppenheimer führte dann bei J. J. Thomson wenig beachtete Experimente aus, bevor er in Göttingen erfolgreich mit Max Born zusammenarbeitete.

Interessanterweise waren sowohl Oppenheimer als auch Khariton, die jeweils als Väter der amerikanischen und sowjetischen Atombombe in die Geschichte eingingen, als Studenten in Rutherfords Cavendish-Laboratorium,

allerdings zu unterschiedlichen Zeiten.^[23] Seit kurzem zugängliche Aufzeichnungen zur sowjetischen Forschung^[24] deuten an, dass die Ereignisse des Wunderjahres 1932, in dem Chadwick im Cavendish-Laboratorium das Neutron entdeckte und Cockcroft und Walton ebendort ein Atom spalteten, während in den USA Lawrence sein Zyklotron baute, Anderson das Positron identifizierte und Urey das Deuterium entdeckte, in Leningrad und Moskau aufmerksam verfolgt wurden. Der herausragende sowjetische Physiker A. I. Ioffe organisierte eine gesamtsojetische Konferenz zum Atomkern. Kurz darauf fand eine Tagung statt, zu der auch namhafte Vortragende wie Joliot, Dirac, Rasetti und Weisskopf aus dem Ausland anreisten.

Ich danke den Professoren E. A. Davis und A. Howie für anregende Diskussionen.

Eingegangen am 6. August 2008

Übersetzt von Dr. Volker Jacob, Mannheim

- [1] J. Campbell, *Rutherford: Scientist Supreme*, AAS Publishers, Christchurch, 1999.
- [2] L. Badash in *Oxford Dictionary of National Biography*, Oxford University Press, 2004, 48, 381.
- [3] *The Times*, London, 31. August 1931.
- [4] a) E. Rutherford, *Trans. N. Z. Inst.* **1894**, 27, 481; b) E. Rutherford, *Trans. N. Z. Inst.* **1894**, 28, 182.
- [5] J. M. Thomas, *Angew. Chem.* **2006**, 118, 6951; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**, 45, 6797.
- [6] J. M. Thomas, *Angew. Chem.* **2004**, 116, 6578; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2004**, 43, 6418.
- [7] J. J. Thomson, E. Rutherford, *Philos. Mag.* **1896**, 392.
- [8] Thomson bezeichnete Rutherford später als den besten Studenten, den er je hatte.^[2]
- [9] a) E. Rutherford, F. Soddy, *Trans. Chem. Soc.* **1902**, 81, 321; b) E. Rutherford, F. Soddy, *Trans. Chem. Soc.* **1902**, 81, 837; c) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1902**, 370; d) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1902**, 569; e) E. Rutherford, F. Soddy, *Proc. Chem. Soc.* **1902**, 219; f) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1903**, 441; g) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1903**, 445; h) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1903**, 561; i) E. Rutherford, F. Soddy, *Philos. Mag.* **1903**, 576.
- [10] Schuster stammte aus einer jüdischen Kaufmannsfamilie und wuchs in Frankfurt und Genf auf. Er studierte zunächst in Manchester und promovierte bei Kirchhoff in Heidelberg. Von 1876 bis 1881 forschte er in Cambridge am Cavendish-Laboratorium bei James Clerk Maxwell und arbeitete mit Lord Rayleigh bei der Bestimmung des Absolutwerts für das Ohm zusammen. Nach seinem Wechsel an die University of Manchester beschäftigte er sich unter anderem mit Spektren von Gasen bei niedrigen Drücken. Er gab seine Professur auf, um Verwaltungsaufgaben in der Royal Society zu übernehmen und im Jahr 1912 Larmor als deren Sekretär nachzufolgen.
- [11] Hans Wilhelm Geiger wurde in Neustadt/Weinstraße geboren und studierte Physik in München und Erlangen, bevor er nach Manchester zog. 1912 kehrte er nach Deutschland zurück, wo er bis zu seinem Tod eine Reihe wichtiger Posten innehatte, etwa als Direktor des Deutschen Physikalischen Laboratoriums, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin (1912) und als Professor für Physik in Kiel (1925).
- [12] Hevesy studierte den Wasseraustausch von Goldfischen mit ihrer Umgebung sowie innerhalb des menschlichen Körpers; dies war die erste biologische Anwendung stabiler Isotope (1934).
- [13] „Forty Years of Physics“: E. Rutherford in *Background to Modern Science* (Hrsg.: J. Needham, W. Pagel), MacMillan, New York, 1938, S. 68. Im Original: „It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you.“
- [14] „Lord Rutherford. 1871–1937“: A. S. Eve, J. Chadwick, *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, **1938**, 2, 394–423.
- [15] M. Oliphant, *Rutherford Recollections of the Cambridge Days*, Cambridge University Press, 1972.
- [16] J. D. Cockcroft, E. T. S. Wilson, *Nature* **1932**, 129, 242.
- [17] Er schuf eine Stelle für Max Born am Cavendish-Laboratorium, weil dieser vor den Nationalsozialisten aus Göttingen fliehen musste.
- [18] E. Rutherford, *J. R. Astron. Soc. Can.* **1907**, 145.
- [19] D. Wilson, *Rutherford: Simple Genius*, MIT Press, Cambridge, 1983.
- [20] Nach gemeinsamen Projekten mit Rutherford in Montreal und William Ramsay in London ging Soddy an die Glasgow University. Er wechselte 1914 auf einen Lehrstuhl für Chemie an der Aberdeen University, den er innehatte, bis er 1919 Dr. Lee's Professor of Chemistry an der University of Oxford wurde. Schon 1913 äußerte er, dass es ihn nicht überraschen würde, wenn die Elemente aus Mischungen verschiedener homogener Elemente ähnlichen, aber nicht identischen Atomgewichts bestehen würden. Er prägte für solche chemisch identischen Elemente mit leicht abweichenden Atommassen den Begriff des Isotops und identifizierte beispielsweise Radium D und Thorium C als Bleisotope. Trotz der Verleihung des Nobelpreises für Chemie im Jahr 1921 für seine Forschungen über die Herkunft und Eigenschaften von Isotopen war Soddy bald desillusioniert vom Wissenschaftsbetrieb im Allgemeinen und seiner Rolle darin im Speziellen. Er schrieb in der Folge nur noch über ökonomische und soziologische Themen. Im Gegensatz zu Rutherford, der noch 1933 in New York jegliche Behauptung, man könne aus Atomkernen Energie gewinnen, als Fantasterei zurückwies, glaubte Soddy fest an die Kernenergie. Schon 1912 bemerkte Soddy, dass in der Zukunft mit einem – noch nicht erkannten – Energieproblem zu rechnen sein werde. Als einzige Hoffnung der Menschheit sah er die Kernenergie, mit deren Hilfe jeder, der es wolle, eine eigene Sonne haben könne.
- [21] Siehe die Internetseite der University of Cambridge („Physics, the Cavendish, Crocodile“), 2008.
- [22] „M. F. Perutz (1914–2002)“; In *Memoir*“: J. M. Thomas, *Protein Sci.* **2003**, 12, 1.
- [23] Ich danke Professor Archie Howie für diesen Hinweis.
- [24] D. Holloway, *Stalin and the Bomb*, Yale University Press, New Haven, 1994, S. 34; *The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson* (Hrsg.: J. Chadwick), Allen & Unwin, London, 1962–1965 enthält zahlreiche wertvolle Informationen.