

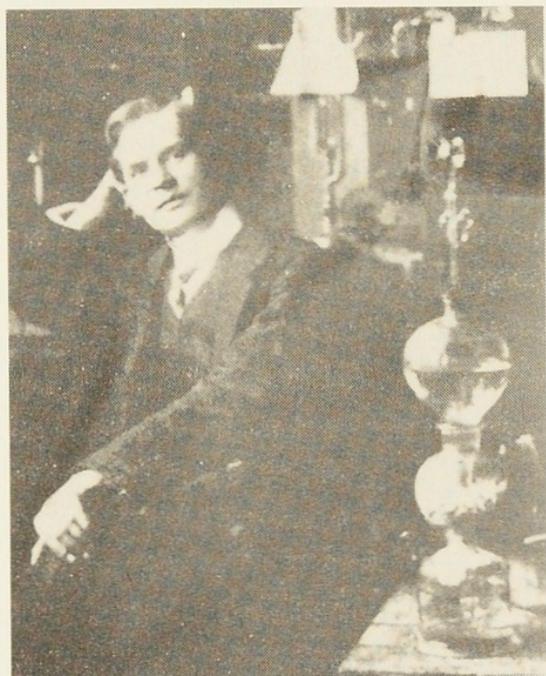
**OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 289**

**Die Natur
des Radiums**

**von
Frederick Soddy**

Verlag Harri Deutsch

OSTWALDS KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 289



Frederick Soddy
1877 - 1956

**OSTWALDSKLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
Band 289**

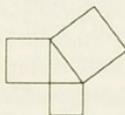
Die Natur des Radiums

Nach sechs an der Universität zu Glasgow im
Jahre 1908 gehaltenen freien populären
Experimentalvorlesungen

von
Frederick Soddy

Übersetzt von
G. Siebert

Einleitung und Anmerkungen von
Robert J. Schwankner



Verlag Harri Deutsch

Als Druckvorlagen der Faksimileseiten diene - mit freundlicher Genehmigung des Hüthig-Verlages, Heidelberg - folgende Buchausgabe:
Frederick Soddy, Die Natur des Radiums, Leipzig 1909

Für das Photo von Frederick Soddy danken wir Herrn Dr. Dieter Hoffmann, MPI für Wissenschaftsgeschichte, Berlin.

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei
Der Deutschen Bibliothek erhältlich.

ISBN 3-8171-3289-1

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

© Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH,
Frankfurt am Main, 2002

1. Auflage 2002

Druck: Rosch - Buch Druckerei GmbH, ScheBlitz
Printed in Germany

Inhalt.

Einleitung zu F. Soddy, Die Natur des Radiums von Robert J. Schwankner

Vorwort	XI
Radium – das Strahlende	XV
Entdeckung und Präparation	XVI
Eigenschaften und frühe Verwendung	XXII
Atomgewichtsbestimmung	XXII
Leuchtmassen	XXXII
Radium das natürliche Strahlenheilmittel	XXXVIII
Radium in der Belletristik	LI
Weiterführende Literatur	LV

Die Natur des Radiums von Frederick Soddy

Vorrede	i
Vorwort	iv
Erstes Kapitel	1
Die neue Wissenschaft der Radioaktivität. – Die Entdeckung derselben. – Die vier experimentellen Wirkungen der Radioaktivität. – Die Strahlen der radioaktiven Substanzen. – Die kontinuierliche Energieausstrahlung der Radioelemente. – Das Überraschende der Radioaktivität.	
Zweites Kapitel	17
Frau Curies Entdeckung des Radiums. – Radioaktivität eine Eigenschaft der Atome. – Ihre Unveränderlichkeit. – Die Radioaktivität des Thors. – Pechblende. – Menge des Radiums in der Pechblende. – Die geringste nachweisbare Radiummenge. – Versuche mit reinem Radiumbromid. – Die Lehre von der Energie. – Die Energie des Radiums im Vergleich mit der durch Verbrennung von Kohle erzeugten Energie. – Quelle der kosmischen Energie. – Ein Aus-	

spruch von Professor Tait. – Radium und der „physikalisch Unmögliche“.

Drittes Kapitel 41

Die Strahlungen der Radioelemente. – α -, β - und γ -Strahlen. – Probe des Durchdringungsvermögens. – Versuche mit durchdringenden β - und γ -Strahlen. Nicht durchdringenden α -Strahlen. – Versuch, die Absorption der α -Strahlen durch die Luft zu zeigen. – Physikalische Natur der Strahlungen. – Notwendigkeit eines Äthers. – Korpuskular- und Wellenstrahlungen. – α - und β -Strahlungen durch die Austreibung von Korpuskeln erzeugt. – Kann ein einzelnes α -Teilchen entdeckt werden. – Das Spinthariskop. – Zählung der von Radium ausgetriebenen α -Teilchen.

Viertes Kapitel 71

Die β -Strahlen. – Ihre Ablenkbarkeit durch den Magnet. – Die Natur des β -Teilchens. – Analogie mit Kathodenstrahlen oder „strahlender Materie“. – Das Elektron. – Geschwindigkeit der β -Strahlen. – Die Natur des α -Teilchens. – Seine Geschwindigkeit. – Ihr Vermögen, durch Atome von Materie hindurchzugehen. – α -Teilchen können ausgetrieben werden, ohne nachweisbar zu sein.

Fünftes Kapitel 98

Woher kommt die Energie des Radiums? – Die beiden Alternativen und ihre Konsequenzen. – Die innere Energie der Materie. – Atomzerfall. – Kaskadenzerfall. – Die aufeinanderfolgenden Energieausbrüche sonst unfaßbarer Quantitäten Materie. – Die Emanation des Radiums. – Ihre Eigenschaften. – Versuche mit der Emanation. – Ihre Kondensation durch flüssige Luft. – Die Verschwindende Menge der Radiumemanation. – Die chemische Natur der Emanation. – Die von der Emanation entwickelte Energie. – Der Abfall der Emanation und ihre Reproduktion durch Radium. – Die Tatsache, nicht die Theorien der Radioaktivität sind revolutionär. – Unveränderlichkeit der radioaktiven Umwandlungen. – Alle Produkte, ob von kurzer oder langer Dauer, sind gleich erkennbar.

Sechstes Kapitel 136

Der Zusammenhang des α -Teilchens mit radioaktiven Umwandlungen. – Das α -Teilchen und Helium. – Anhäufung von Helium in geologischer Zeit. – Entdeckung von Helium in der Sonne und auf der Erde. – Sein Zusammenhang mit der Radioaktivität. – Erzeugung von Helium aus Radium. – Seine Entstehung aus Uran und Thor. – Beweis, daß das α -Teilchen ein Heliumatom ist. – Die Natur der ersten Umwandlung von Radium.

Siebentes Kapitel 151

Atomzerfall und das periodische Gesetz. – Nomenklaturfragen. – Definition des chemischen Atoms. – Unterschied zwischen Atom und chemischen Verbindungen. – Die Unzugänglichkeit chemischer Methoden in manchen radioaktiven Problemen. – Hypothesen oder Gedankenbilder. – Die zwei möglichen Bilder des Atomzerfalls. – Gesetz der radioaktiven Umwandlungen. – Zufall des Zerfalls. – Mittlere Lebensdauer eines zerfallenden Atoms. – Seine mutmaßliche Lebensdauer. – Das „Wie“, nicht das „Warum“ des Atomzerfalls erklärt. – Bestimmung der mittleren Lebensdauer der Atome. – Primäre Radioelemente und ephemere Übergangsformen. – Radioaktives Gleichgewicht. – Mittlere Lebensdauer des Radiums. – Die beim vollständigen Zerfall des Radiums entwickelte Gesamtenergie.

Achstes Kapitel 177

Wie kommt es, daß noch Radium vorhanden ist? – Die Muttersubstanz des Radiums. – Beständigkeit des Verhältnisses zwischen der Menge von Uran und Radium in allen Mineralien. – Mittlere Lebensdauer des Urans. – Beziehung des Urans zum Radium. – Analogie mit dem Glasgower Wasserversorgungssystem. – Alter der Pechblende. – Radioaktivität des Urans. – Uran X. – Uran nicht die direkte Muttersubstanz des Radiums. – Die Prozedion der Entwicklung der Atome.

Neuntes Kapitel 199

Die weiteren Umwandlungen des Radiums. – Die induzierte oder erregte Radioaktivität. – Der aktive Niederschlag des Radiums. – Der Zerfall der Emanation. – Radium A, B,

C. – Versuche mit dem aktiven Niederschlag. – Radium A gibt nur α -Strahlen und hat eine sehr kurze Lebensdauer. – Radium B gibt keine Strahlen. – Radium C gibt α -Strahlen. – Die weiteren Langsamem Umwandlungen des Radiums. – Radium D, E, und F. – Polonium. – Seine Identität mit Radium F. – Der letzte Zerfall. – Was ist das Endprodukt?

Zehntes Kapitel 220

Verhältnis der Mengen von Polonium und Radium in Mineralien. – Tabellen des Verhältnisses der Mengen aller Uranprodukte. – Zunahme der Aktivität des Radiums mit der Zeit. – Radioaktivität ein physikalisches Maß des Wertes oder der Seltenheit. – Die Münzmetalle und ihre Seltenheit. – Verwandeln sie sich wie Radium? Physikalische Notwendigkeit der Seltenheit eines veränderlichen Elements. – Eine Ansicht über die letzte Natur der Materie. – Ein Ausspruch von Clerk Maxwell. – Entwicklung der Elemente in Abrede gestellt. – Ähnlichkeit aller Atome eines Elements. – Das Atom ein Komplex und vollkommener Mechanismus. – Professor Schusters Analogie. – Das Atom treu seinem Charakter bei der Lösung. – Ähnlichkeit in der Geschwindigkeit aller von einem Radioelement angetriebenen α -Teilchen. Das Übrigbleiben der stabilsten Atome. – Allgemeinheit des Begriffs der Entwicklung des materiellen Universums, des belebten und unbelebten.

Elftes Kapitel 238

Warum ist Radium einzig unter den Elementen? – Nur seine Änderungsgeschwindigkeit macht es bemerkenswert. – Uran ist wunderbarer als Radium. – Die in einem Pfund Uran aufgespeicherte Energie. – Transmutation ist der Schlüssel zur inneren Energie der Materie. – Die Nutzlosigkeit der alten Alchemie. – Die Konsequenzen, wenn Transmutation möglich wäre. – Der Urmensch und die Kunst des Feuermachens. – Der moderne Mensch und das Problem der Transmutation. – Kosmische Entwicklung und ihre Kosten. – Atomzerfall, eine genügende, wenn nicht die wirkliche primäre Quelle der natürlichen Energie. – Radioaktivität und Geologie. Menge des Radiums in der Erdkruste. – Die Erde wahrscheinlich nicht ein erkaltender Körper. – Gebirgsbildung durch Radium. – Die Tempera-

tur des Mondes und der Planeten. – Alte Mythologie und Radioaktivität. – Die Schlange „Ouroboros“. – Der „Stein der Weisen“ und das „Lebenselixier“. – Der „Fall des Menschen“ und das „Emporsteigen des Menschen“. – Die große Ausdehnung in der möglichen Dauer der Vergangenheit. – Spekulation über mögliche vergessene Menschenrassen. Radium und der Kampf ums Dasein. – Existenz als Kampf für physikalische Energie. – Der neue Ausblick.

Register 267

Anmerkungen 273

Verzeichnis der Illustrationen.

1. Becquerels Uranradiographie eines Aluminiummedail- lons	neben	11
2. Auerscher Glühkörper durch seine eignen Strahlen photografiert	neben	11
3. Photographie und Radiographie eines Stückes Pech- blende (Sir William Crookes)	neben	22
4. Photographie einer elektrisierten Seidenquaste	neben	27
5. Dieselbe entladen durch Radiumstrahlen	neben	27
6. Radiumschrift auf einer photographischen Platte	neben	47
7. Reißzeug durch Radiumstrahlen fotografiert	neben	47
8. Apparat zur Demonstration der α -Strahlen	neben	52
9. Photographie desselben Apparates	neben	52
10. Das Spinthariskop von Sir William Crookes		64
11. Photographie des Spinthariskops	neben	52
12. Photographie des Elektromagneten zur Ablenkung der β -Strahlen	neben	72
13. Magnetische Ablenkung der β -Strahlen		73
14. Crookessche Röhre zur Demonstration der magneti- schen Ablenkung der Kathodenstrahlen		80
15. Strutts Radiumuhr		89
16. Photographie der Radiumuhr	neben	72
17. Photographie der Röhre mit Willemit	neben	114
18. Photographie derselben Röhre durch ihr eignes Licht photographiert	neben	114

19. Apparat zur Demonstration der Kondensation der Radioemanation	119
20. Diagramm des ersten Zerfalls des Radiums	137
21. Photographie der Spektralröhre, in der die Entstehung von Helium aus Radiumemanation beobachtet wurde	neben 144
22. Dr. Giesels Photographie des Spektrums von Helium aus Radium	neben 144
23. Photographie des Apparates zum Nachweis der Bildung von Helium aus Uran und Thor	neben 146
24. Diagramm für die erste Umwandlung des Radiums	150
25. Diagramm für den ersten Zerfall des Urans	189
26. Diagramm für die Zerfallsserie Uran-Radium (Anfangsstadium)	196
27. Diagramm der vier ersten Desaggregationen vom Radium	203
28. Diagramm des Apparates zum Erhalten des aktiven Niederschlags von Radium	206
29. Photographie desselben Apparates	neben 205
30. Diagramm der späteren Desaggregationen des Radiums	213
31. Diagramm der vollständigen Zerfallsserie des Urans	218

Vorwort.

Jahrhunderte lang war Robert Boyles (1627-1691) Vorstellung der Elemente als unzerlegliche, letzte Einheiten des Stoffes, niedergelegt in seinem Werk „*The sceptical Chymist*“ (1661) unangefochten.-

Der jungen Wissenschaft der Radioaktivität, vertreten durch Henri Becquerel (1852-1908), dem Ehepaar Curie (Pierre: 1859-1906, Marie: 1867-1934), Ernest Rutherford (1871-1937) und Frederick Soddy (1877-1956), sollte es obliegen, dies zu ändern. In der über zweieinhalbjährigen Zusammenarbeit von Soddy und Rutherford an der Mc'Gill-Universität, Montreal, wurden in bester Tradition mit Glasbläser- und Siegelack-Experimentierkunst wichtige Erkenntnisse zur Desintegration des Atoms und zur schrittweisen Transmutation in den heute so benannten Uran-Radium- und Thorium-Zerfallsreihen gewonnen. Aus der anschließenden Kooperation von William Ramsay (1852-1916) und Frederick Soddy erwuchs 1903 die frappante Beobachtung, daß sich das Erdalkalielelement Radium spontan in zwei Edelgasatome (Helium und Radon (*Emanation*)) zerlegt.

Seine wissenschaftlich fruchtbarste Periode hatte Soddy von 1904 bis 1914, als er als Dozent für Fragen der Radioaktivität an der Universität Glasgow wirkte. Hier gelang es ihm die Bildungsrate von Radium aus Uran experimentell zu bestimmen und die konsequente Einordnung der Radioelemente in das periodische System mit vorzunehmen. Mit großer Nachhaltigkeit unter-

stützte er die Einführung des Isotopiebegriffs, den er öffentlich zum ersten Mal in einer kurzen Mitteilung an den Herausgeber von *Nature* verwendete; erschien am 04. Dezember 1913:

„The same algebraic sum of the positive and negative charges in the nucleus, when the arithmetical sum is different, gives what I call „isotopes“ or „isotopic elements“ because they occupy the same place in the periodic table. They are chemically identical, and save only as regards the relatively few physical properties which depend upon atomic mass directly, physically identical also.“

Eines der Hauptergebnisse der gemeinsamen Anstrengungen zur Gliederung der natürlichen radioaktiven Zerfallskörper, sind die nach ihm mitbenannten Fajans-Soddyschen Verschiebungsregeln (1913; K. Fajans 1887-1975). Soddys erfolgreiche Bemühungen bzgl. *„the interpretation of radium“* sind Gegenstand hier vorliegender Monographie. Seine weiteren Stationen als Professor für Chemie waren Aberdeen (1914-1919) und Oxford (1919-1936), wobei Zeitgenossen besonders vermerkten, daß er der erste Nobel-Laureat (1921) aus Oxford war. Diese Stationen zeigen ihn uns als überwiegend mit Fragen der Wirtschafts- und Währungsreform sowie mit geometrischen und mechanischen Konstruktionen befaßten, interdisziplinär orientierten Wissenschaftler und ausgeprägten Individualisten. Es ist gesagt worden, daß seine Oxforder Periode unglücklich und unproduktiv gewesen sei, andererseits bleibt festzuhalten, daß gerade er einer der maßgeblichen Förderer der aufblühenden Oxforder metallurgischen Theorie intermetallischer Phasen war, so förderte

er z.B. nachhaltig den jungen kongenialen William Hume-Rothery (1899-1968).

Er fühlte sich nach dem Tode Rutherfords (1937) als „*sole surviving participator*“ aus der Entdeckergeneration und in diesem Sinne verfaßte er auch „*The story of atomic energy*“ (1947-1949). Er starb 1956.-

Radium, als potentiell allgegenwärtiger Uran-Begleiter, dessen Aktivitätskonzentration bei bergbaulichen Altlasten heute ebenso unsere ungeteilte Aufmerksamkeit verdient, wie seine Rolle als Mutternuklid der Innenraumluft-belastenden mobilen Radon-Isotope, hat darüber hinaus Spuren hinterlassen. Wohl als Folge der langen öffentlichen Beschäftigung mit diesem Radioelement finden sich Hinweise darauf bis hinein in die jüngere belletristische (amerikanische) Literatur, so etwa in M. Chabons „*The mysteries of Pittsburgh*“ (1987):

„*Ich lachte. Arthur blickte auf und lächelte radiumstrahlend weiß, ein irgendwie anmutiges, altmodisches, reiches und trauriges Lächeln, wie ein Relikt aus jener fernen Zeit, als Radium noch unser Freund war.*“

München, Juli 2001

Robert Josef Schwankner

Radium – das Strahlende.

Das Element $Z = 88$ Radium ist in vielfacher Hinsicht ein besonderer Stoff. Radium ist nicht nur mit einer sehr spannenden Entdeckungsgeschichte behaftet, man lotete mit seiner Charakterisierung auch die Grenzen des Elementbegriffes aus.

Kann man mit Fug und Recht von einem Element sprechen, wenn sich dasselbe spontan in zwei Edelgase (Helium und Radon) zerlegt? War durch diese natürliche Transmutation das sich eben durchsetzende Periodische System der Elemente in Gefahr? Der noch junge Terminus *Radioaktivität* schien jedenfalls in Radium seinen Inbegriff gefunden zu haben.

Diese Erfahrungstatsachen und noch so manches mehr, etwa Friedrich Giesels nimmermüde Versuche mit starken Radiumpräparaten bei geschlossenem Augenlid Lichtempfindungen zu evozieren, die nicht heilen wollenden Geschwüre durch das kurzzeitige Auflegen von Radiumpräparaten auf den Oberarm, der Einsatz der radiogenetischen Radiumtochter Radon in der frühen Onkologie haben die Grundlagen für dieses interdisziplinäre Gebiet gelegt. All dies mag dazu geführt haben, daß einer der Protagonisten der Entwicklung, Frederick Soddy, schon früh naturwissenschaftliche Schauvorlesungen ähnlich denen der Royal Institution mit diesem und über dieses Element abhielt.

Nachstehend soll der Versuch unternommen werden, schlaglichtartig ein wenig von seiner Faszination, die

weit über naturwissenschaftlich gebildete Kreise hinausgeht, in rückschauender Sicht darzustellen.

Entdeckung und Präparation

Im Zuge der Entdeckung und Charakterisierung der ionisierenden Wirkung von Uranstrahlung war Marie Curie aufgefallen, daß primäre und sekundäre Uranerzproben (Abb. 1) in ihrer Luftionisation den Effekt von entsprechenden Uranverbindungen bei weitem übertrafen. Der Schluß den sie daraus zog, und der schließlich im Jahre 1898 in der Entdeckung von zwei neuen Elementen $Z = 84$ Polonium und $Z = 88$ Radium gipfelte, war, daß trotz vorliegender quantitativer chemischer Erzanalysen, ein oder mehrere hochaktive Minoritätsbestandteile noch unerkannt sein müssen.

Im Schwefelwasserstoff-Präzipitat des Erzaufschlusses wurden Pierre und Marie Curie schließlich fündig, ein hochaktives „Wismut-Analogon“ charakterisiert und nach Mariens Heimat Polen, Polonium, benannt. Wenige Monate später berichteten sie über den zweiten spektakulären Fund, diesmal in der salzsauren Erdalkalifraktion. Der Titel ihrer Abhandlung in den Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, lautete:

„Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende.“

Heute gelingt es zerstörungsfrei mit Hilfe von Nuklearspektrometrien eine Vielzahl der radiogenetischen Töchter des Urans, wozu auch das Radium zählt, in Untersuchungsproben simultan zu erfassen (Abb. 1). Tatsächlich waren die Curies bei ihrem oben genannten,

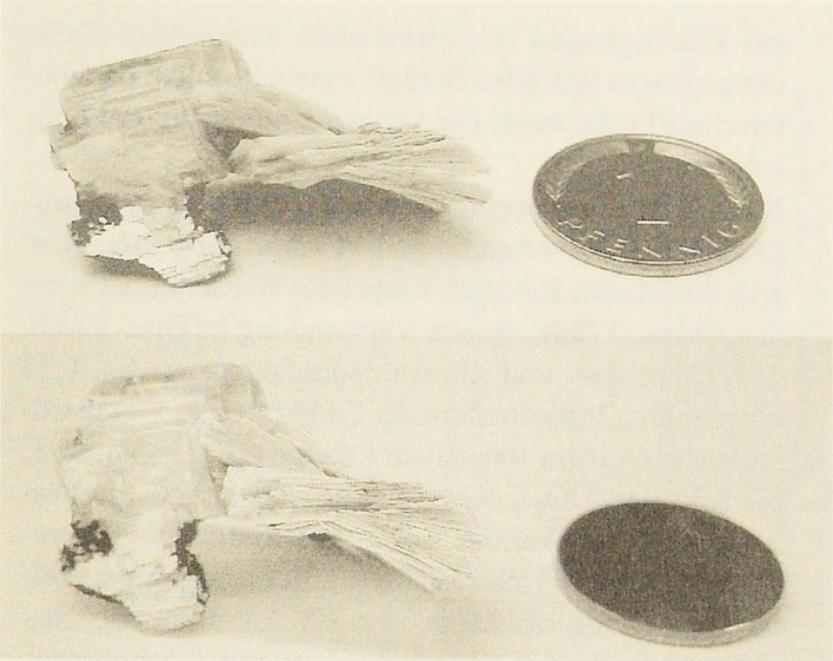


Abb. 1a: Uranocircit ($Ba[UO_2/PO_4]_2 \cdot 10 H_2O$) (Bergen/Sachsen) im Normal- und UVA-Licht (Jungwirth, Schwankner 2000).

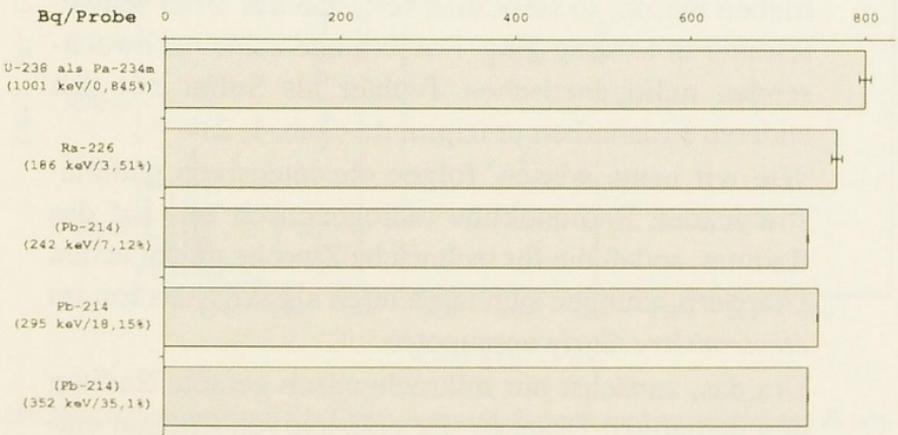


Abb. 1d: Nuklidvektor der vorstehend abgebildeten trockenen Uranocircit-Probe (Jungwirth, Schwankner 2000).

auf Überlegungen des klassischen chemischen Trennungsganges fußenden Schluß, einem Problem der chemischen Technologie der Urangewinnung auf die Spur gekommen.

Nach ersten Hinweisen auf die Verwendung der Farbkraft von Uranverbindungen in römischen Mosaiken war mit Martin Heinrich Klaproths Wiederentdeckung des Urans (1789), dessen Verwendung in Glas- (Abb. 2, 3), Porzellan- und Keramikmanufakturen (Abb. 4, 5) eingezogen. Insbesondere die Farbkraft von Uranoxidstufen von einem intensiven Orange (UO_3 , Abb. 4, 5) bis Schwarz (UO_2), aber auch die ausgeprägte Fluoreszenz des Uranylkatons, sei es in sekundären Uranmineralen (Abb. 1b) oder in Glasmatrixen, begründete seine Gewinnung ab Mitte des 19. Jahrhunderts, ausgehend von der k.k. Uranfarbenfabrik in Joachimsthal, dieser ehemaligen Stadt des Silberbergbaus („*Thaler*“, „*Dollar*“) am südlichen, böhmischen Abhang des Erzgebirges.

Geht man dem Aufschlußprozeß nach, der ebendort betrieben wurde, so stellt man fest, daß das Uran schwefelsauer in Lösung ging, Radium und seine nachwachsenden radiogenetischen Töchter als Sulfat mit den anderen Erdalkalien präzipitierte (Tab. 1, 2).

Wie wir heute wissen, folgen die intensiven gammastrahlenden Radionuklide radiogenetisch erst auf das Radium, sodaß die für technische Zwecke gewonnenen Uranverbindungen sich tatsächlich als aktivitätsarm im *électromètre Curie* entpuppten.

Um das, zunächst nur mikrochemisch gefaßte Radium den damaligen Usancen der präparativen Chemie entsprechend in wägbaren Mengen dar- und vorzustellen, unternahm Madame Curie eine Tour de Force Chi-

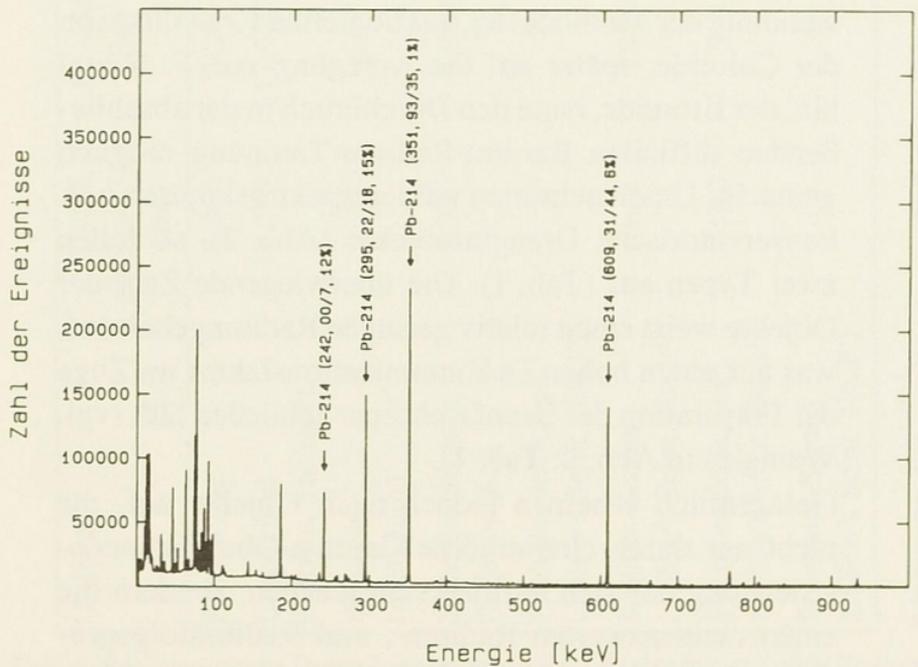
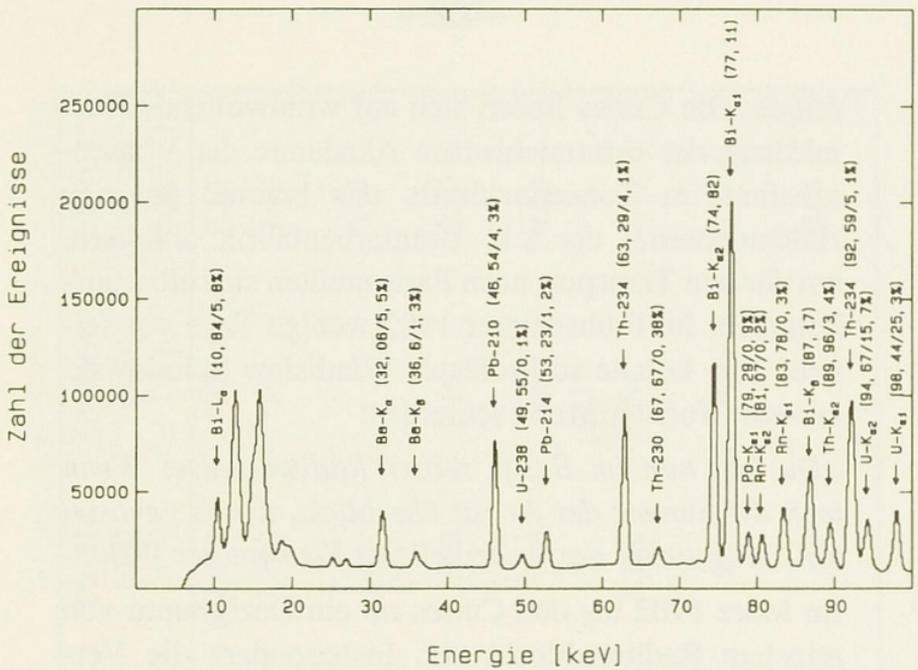


Abb. 1b,c: Gammaskopie von Uranocircuit aufgenommen mit hochauflösendem Reinstgermanium-Kristall im Energiebereich 7-100 keV; man beachte die radiogen stimulierte Röntgenfluoreszenz des Bariums; sowie Bereich 7-1000 keV; vgl. die Radon-Folgeprodukte [²¹⁴Pb]Blei und [²¹⁴Bi]Wismut (Jungwirth, Schwankner 2000).

mique. Die Curies ließen sich auf wohlwollende Vermittlung der österreichischen Akademie der Wissenschaften im Tonnenmaßstab, das braune, pulvrige Haldenmaterial der k.k. Uranfarbenfabrik anliefern, nur für den Transport nach Paris mußten sie selbst aufkommen. Im Frühsommer 1902 wenige Tage vor seinem Tod, konnte so Professor Wladislaw Sklodowski an seine Tochter Marie schreiben:

„Du bist nun im Besitz reiner Radium-Salze! Wenn man die Summe der Arbeit überblickt, die es gekostet hat, ist es sicher das kostspieligste Element der Welt.“

Im März 1902 lag den Curies rd. ein Dezigramm von reinstem Radiumchlorid vor. Insbesondere die Verwendung der Methode der fraktionierten Kristallisation der Chloride, später auf die Anregung von F. Giesel hin, der Bromide, hatte den Durchbruch in der abschließenden diffizilen Barium-Radium-Trennung möglich gemacht. Untersucht man nuklearspektroskopisch z.B. konservatorische Uranglasobjekte (Abb. 2), so fallen zwei Typen auf (Tab. 1). Die überwiegende Zahl der Objekte weist einen relativ geringen Radiumgehalt auf, was auf einen hohen Dekontaminationsfaktor im Zuge der Präparation der Uranfarbkörper schließen läßt (vgl. Weinglas in Abb. 2; Tab. 1).

Gelegentlich scheinen jedoch auch Objekte auf, die nicht nur durch eine erhöhte Gamma-Oberflächendosisleistung auf sich aufmerksam machen, sondern die einen nennenswerten Radium-, und Radiumfolgeproduktgehalt aufweisen (vgl. Schubladenknopf in Abb. 2; Tab. 1). In diesem Fall ist entweder die Uran-Radium-Trennung in der Uranfarbenproduktion unvollständig ausgeführt oder es wurde von vorne herein unaufge-