

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Beiträge zur Kenntnis der Radioaktivität der
Mineralquellen**

Engler, Carl

Karlsruhe, 1906

[Text]

[urn:nbn:de:bsz:31-279895](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-279895)

Als Liebig von seinem Arzte, Obermedizinalrat Dr. Pfeufer, einst geraten wurde, zur völligen Beseitigung der Nachwirkungen eines Beinbruches das Bad Gastein zu besuchen, meinte er ablehnend¹: „Das Wasser habe ich ja untersucht und gar keinen besonderen chemischen Bestandteil darin gefunden, der eine Heilkraft entwickeln könnte.“ Der Arzt bestand aber auf seinem Rat, Liebig ging nach Gastein und kam geheilt zurück, worauf er jenem bemerkte, „chemische Ursachen kann das nicht haben, nur physikalische; es müssen magnetisch-elektrische Verhältnisse obwalten, welche so heilsam einwirken“. In der Tat, auch diesmal hatte der Altmeister recht, denn sind es auch in vielen Quellen, wie z. B. Karlsbad, Wiesbaden, Epsom, Kreuznach, Kissingen, Adelheidsquelle, Griesbach u. a. m., jedenfalls in erster Reihe die darin gelösten Salze mit Gehalt an Glaubersalz, Bittersalz, Eisen-, Jod-, Brom-, Schwefel- u. a. Verbindungen, auf denen ihre heilkräftige Wirkung beruht, so gibt es doch auch eine große Zahl von Mineralquellen, deren therapeutischer Wert auf solche Bestandteile entweder gar nicht oder doch nur zum Teil zurückzuführen ist, zu denen vor allem eine ganze Reihe von Thermalwassern, wie die von Gastein, Baden-Baden, Wildbad, Badenweiler, Battaglia, Bath, Plombières und sehr viele andere Thermal- und Mineralquellen, zu zählen sind, weil sich in denselben nur wenig oder gar keine Substanzen finden, die als Ursache ihrer Heilwirkungen angesehen werden können. Seit der Entdeckung des Radiums und der Erkenntnis der Tatsache,

¹ v. Völderndorff „Harmlose Plaudereien eines alten Münchners“ N. F. p. 287.

daß die von ihm ausgestossene Emanation fast überall in der Erdkruste zu finden, aber in den einzelnen Teilen derselben, so insbesondere auch in den Mineralquellen, sehr verschieden verteilt ist, befestigte sich immer mehr die Ansicht, daß sehr viele Heilquellen ihre Wirkung dem Radium, richtiger wohl der in dem Wasser derselben gelösten Emanation und der von dieser ausgehenden elektrischen Strahlung verdanken. Es ist doch auch wohl kaum nur ein Zufall, daß gerade viele Quellen, deren Wasser besonders arm an wirksamen „chemischen Bestandteilen“ sind, sich aber dafür durch hohe Radioaktivität auszeichnen, zu den altberühmtesten Gesundbrunnen gehören. Im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende hat der Mensch auf dem Wege des Probierens und rohester Empirie doch allmählich — das lehrt auch die geschichtliche Entwicklung der Arzneimittellehre — herausgefunden, was ihm gut tut und für bestimmte Leiden und Gebrechen Heilung bringt.

An einzelnen Heilquellen hatte man zwar schon vor langer Zeit gewisse Symptome „elektrischer“ Eigenschaften wahrgenommen¹, so insbesondere an denen von Gastein (1828) durch Baumgärtner und Marian Roller in bezug auf die raschere elektrolytische Zersetzung und die Bildung von relativ größeren Mengen von Wasserstoff als bei gewöhnlichem Wasser, ferner auch durch Scoutetten, welcher glaubte, gefunden zu haben, daß die Mineralwasser, z. B. das von Plombières, im Gegensatz zu gewöhnlichem Bachwasser elektronegativ seien, u. a. Aber diese vereinzelt, zum Teil auch nur von Dilettanten gemachten Wahrnehmungen, fanden keine Beachtung bei der zünftigen Wissenschaft, und es ging, wie es schon so oft gegangen ist: man sieht den Grund nicht ein und glaubt es nicht.

Nun kam das Radium. Nachdem Becquerel im Jahre 1896 die Uranstrahlen (Becquerelstrahlen) entdeckt hatte, gelang bald darauf dem Ehepaar Curie die Isolierung des Radiums und der Nachweis der Existenz eines zweiten radioaktiven Elementes, des Poloniums; weitere folgten: das Radiotellur von Marckwald, das Actinium von Debierne, das Emanium von Giesel, das Radioblei von K. Hofmann, in neuester Zeit das Radiothor von Elster und Geitel, und unabhängig von diesen von Hahn und

¹ Siehe bei Laborde „Le Radium“ Nr. 1, S. 2 u. 3.

Sackur, und andere mehr¹, deren Reihe noch nicht abgeschlossen ist. Daß das Uran selbst ebenfalls radioaktive Eigenschaften, wenn auch viel schwächere, besitzt, war von Anfang an bekannt. Ob dies auch vom reinen Thor gilt, ist neuerdings sehr fraglich geworden. Indessen scheint die Radioaktivität, wenn auch nur in minimalem Grade, auch bei anderen Metallen viel verbreiteter zu sein, als man bisher angenommen hatte.

Weitaus am besten studiert ist von den radioaktiven Stoffen das Radium, über welches eingehende Untersuchungen, außer von seinen Entdeckern, insbesondere vorliegen von Ramsay, welcher dessen Umwandlung in Helium entdeckte, von Crookes, J. J. Thomson, Rutherford und Soddy, die es uns vor allem in seinem physikalischen Verhalten und seinen Zerfallstadien kennen lehrten, von Elster und Geitel, denen wir die Kenntnis seiner allgemeinen Verbreitung und der Methoden seiner Auffindung und genauen Bestimmung verdanken u. A. Ein ganzes Heer von Physikern und Chemikern wandte sich in der Folge diesem neuen Mysterium der Wissenschaft zu und suchte zur Aufklärung des über demselben schwebenden geheimnisvollen Dunkels beizutragen. Auch die medizinische Wissenschaft lenkte in Erkenntnis der therapeutischen Bedeutung des neuen Stoffes demselben ihre Aufmerksamkeit zu.²)

Reiht sich das Radium in seinem allgemeinen chemischen Verhalten den Elementen Calcium, Strontium und Barium an, so unterscheidet es sich von diesen und auch von allen übrigen Elementen aber aufs frappanteste durch seine Eigenschaft starker Strahlung, der es seinen Namen verdankt (radiare, strahlen). Es strahlt Licht aus, doch ist dies, wie die beiden Huggins festgestellt haben, kein Eigenlicht, sondern, wie das spektrale Verhalten beweist, Licht des durch lichtlose Strahlung zum Leuchten

¹ Inwieweit Polonium und Radiotellur, Actinium und Emanium sich voneinander unterscheiden, ist noch nicht sicher festgestellt.

² Verfasser wurde durch einen ihm übertragenen referierenden Vortrag über die Radiumfrage in der Generalversammlung des Vereins deutscher Chemiker (Frühjahr 1904) auf dieses neue Gebiet geführt. Zuzufolge eines Auftrages der Großherzogl. Badischen Regierung, die Badener Thermen einer erneuten genauen chemischen Analyse zu unterwerfen und dabei auch deren Radioaktivität festzustellen, wurden seine Untersuchungen speziell auf die Prüfung der Methoden zur Bestimmung der Aktivität der Mineralquellen im allgemeinen gelenkt.

gebrachten Stickstoffs der umgebenden Luft. Dagegen findet eine fortwährende direkte Ausstrahlung von Wärme statt, deren Menge ungefähr 100 Wärmeeinheiten pro Gramm und Stunde beträgt. Die Temperatur des Radiumpräparats selbst ist stets etwa 3° höher als die seiner Umgebung und mit einem kleinen Quantum desselben ließe sich ein ganzes Zimmer dauernd heizen. Wir haben somit in dem Radium gewissermaßen ein ewiges Lämpchen, das nie gespeist und einen kleinen Ofen, der nie geheizt zu werden braucht.

Die charakteristischsten Strahlen radioaktiver Stoffe bilden indessen die „Becquerelstrahlen“. Sie treten geradlinig aus, sind aber nicht homogen, können vielmehr durch die Wirkung des magnetischen Feldes in drei Strahlengruppen zerlegt werden: die α -Strahlen, die gleich den Kanalstrahlen aus positiv geladenen Korpuskeln der Größenordnung des Wasserstoffatoms bestehen und über 95 Proz. der Gesamtstrahlung ausmachen, die den Kathodenstrahlen nahestehenden β -Strahlen, aus negativen Korpuskeln niedriger Größenordnung als die Atome ($\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{2000}$ eines Atoms Wasserstoff), den Elektronen, gebildet, und die den Röntgenstrahlen entsprechenden γ -Strahlen.

Außer diesen Strahlen gibt das Radium eine Emanation ab, welcher alle wesentlichen Eigenschaften eines Gases zukommen. Sie verbreitet sich durch Diffusion in der Luft und in anderen Gasen, läßt sich durch Abkühlung verdichten, ist in Wasser, auch in anderen Flüssigkeiten, löslich und kann aus diesen durch Erhitzen wieder ausgetrieben werden. In einer emanationhaltigen Luft sinkt deren Menge in 3,7 Tagen auf die Hälfte herab, erhält sich aber auf gleicher Höhe, wenn das Radiumpräparat mit der Luft in Berührung bleibt, durch Nachbildung einer der zerfallenen Emanation entsprechenden Menge.

Indem die Emanation als solche verschwindet, „abklingt“, verwandelt sie sich in „induzierte Aktivität“ um, die sich gleich einem Hauch oder Rauch auf festen Körpern niederschlägt; in verstärktem Maße, wenn diese negativ geladen sind. Man kann auf diese Weise durch Einbringen eines auf etwa — 2000 Volt geladenen Bleidrahtes die induzierte Aktivität auf letzterem sammeln und wie einen festen Niederschlag, am besten mittels eines mit Ammoniak getränkten Lederlappens, abwischen. Aber auch die induzierte Aktivität klingt ab, und zwar sinkt sie in

ca. einer Stunde auf die Hälfte herab. Nach Durchlaufung einer Reihe weiterer Zerfallstadien bildet sie als Endprodukt in der Hauptsache Helium. Die meisten Übergänge von einem Zerfallstadium in ein folgendes sind mit Emission von Strahlen verbunden, wodurch der Mechanismus des Gesamtabbaues des Radiums (α -, β -, γ -Strahlung, Emanation und deren Zerfallphänomene) zu einem sehr komplizierten Vorgang wird.

Bei Unterscheidung verschiedener radioaktiver Stoffe ist man ganz besonders auf die Feststellung dieser Zerfallstadien angewiesen, da die einzelnen derselben gerade durch die „Lebensdauer“ ihrer Zerfallprodukte charakterisiert und diese mittels des Elektroskopes leicht zu beobachten sind. Verschwindet von der Radiumemanation in 3,7 Tagen und von der daraus gebildeten induzierten Aktivität in einer Stunde die Hälfte, so klingt z. B. die Emanation des Radiothors schon in einer Minute auf die Hälfte ab, während seine induzierte Aktivität wieder viel beständiger ist und etwa $11\frac{1}{2}$ Stunden gebraucht, um sich um die Hälfte zu vermindern. Auch die Zahl der Zerfallstadien ist für die einzelnen radioaktiven Elemente verschieden.

Eine plausible Vorstellung über die Ursache der Strahlung radioaktiver Stoffe können wir uns nur bilden auf Grund der Annahme einer Selbstzersetzung der Atome derselben, deren aufgespeicherte sehr große innere Energie — etwa wie bei endothermen Verbindungen — in einem fortwährend verlaufenden Prozeß der Entladung begriffen ist. Während aber die Geschwindigkeit des Verlaufs chemischer Reaktionen durch Änderung der äußeren Bedingungen variiert werden kann, läßt sich der Gang dieser Strahlung nicht beeinflussen. Wenn man deshalb nach bisheriger Definition als Elemente solche Stoffe bezeichnet, die wir mit keinen Mitteln zerlegen können, so trifft diese Definition insofern auch noch auf die radioaktiven Stoffe zu, als diese in der Tat nicht nach Willkür des Experimentators zerlegt und in der Geschwindigkeit dieses Vorganges verändert werden können, dieselben vielmehr lediglich einer freiwilligen Zersetzung unterliegen. Dabei nehmen wir an, daß einzelne Atome des Elementes aus Ursachen, die wir nicht kennen, explosionsartig zerplatzen und dabei Energiestrahlen und Emanation ausstoßen. Die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Korpuskeln ist verschieden; die der α -Strahlen etwa 10 Proz.,

die der β -Strahlen 80—95 Proz. der Lichtgeschwindigkeit. Damit im Zusammenhang sowie mit der Masse der Korpuskeln steht ihr Durchdringungsvermögen, das für die γ -Strahlen größer ist als für die β -Strahlen und für diese wiederum erheblich größer als für die α -Strahlen. So wird die Intensität der Strahlung nach Rutherford um die Hälfte reduziert beim Durchgang der

α -Strahlen	durch ein Aluminiumblech	von 0,0005 cm	Dicke
β -Strahlen	" "	" "	0,05 cm "
γ -Strahlen	" "	" "	8,0 cm "

Je dichter die Metalle und überhaupt die Materialien, desto weniger durchlässig sind sie.

Zu den charakteristischen Eigenschaften der von dem Radium ausgehenden Becquerelstrahlen gehört auch die Erregung der Fluoreszenz beim Auftreffen auf den Röntgensschirm, eine mit Platincyanbarium bestrichene Fläche, welcher dadurch hellgrün aufleuchtet, oder auf einen mit Sidotblende überzogenen Schirm, der dadurch ebenfalls aufleuchtet und das sogenannte Scintillieren zeigt. Dabei geht von den getroffenen Stellen ein kleiner Sprühregen heller Funken aus. Auch andere Stoffe, wie z. B. Quarz, Flußspat, gewisse Sorten Glas (besonders Thüringer), das dadurch eine wieder von selbst verschwindende violettbraune Farbe annimmt, werden durch Bestrahlung leuchtend, ganz besonders der Diamant, den man dadurch von Imitationen unterscheiden kann.

Ähnlich den Röntgenstrahlen und den ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts zeigen auch die Radiumstrahlen photochemische Wirkung. Diese ist es ja auch gewesen, welche bei der Untersuchung des Verhaltens der Uransalze gegen lichtempfindliche Platten zur Entdeckung der Becquerelstrahlen und in weiterer Folge zur Auffindung des Radiums geführt haben. Man kann dieses Verhalten bis zu einem gewissen Grade zur Beurteilung der Stärke der Radioaktivität benutzen, da eine photographische Platte bei völliger Abhaltung gewöhnlichen Lichts um so mehr geschwärzt wird, je reicher an radioaktiver Substanz und je radioaktiver der zur Einwirkung auf die Platte gebrachte Stoff ist. Es lassen sich auf diese Weise vollständige Lichtbilder, sogenannte „Radiographien“ erzeugen, bei denen ähnlich wie bei Röntgenphotographien, nur weniger deutlich, die durchlässigeren Teile auf dem positiven Bilde entsprechend heller erscheinen.

Außer dieser zersetzenden Wirkung auf die Silberverbindungen der lichtempfindlichen Platte zeigen die Radiumstrahlen noch eine ganze Reihe anderer chemischer Wirkungen: Wasser zerfällt in seine Elemente, jedoch merkwürdigerweise unter Entwicklung von etwas weniger als 1 Vol. Sauerstoff auf 2 Vol. Wasserstoff; Jodoform scheidet Jod aus, Papier wird gelb und brüchig usw.

Besonderes Interesse, zumal im Hinblick auf die therapeutische Verwertung des Radiums und seiner Emanation, nimmt seine physiologische Wirkung in Anspruch. Die Haut wird durch Radiumbestrahlung heftig angegriffen, „verbrannt“, und Professor Curie zog sich, noch ohne Kenntnis dieser Wirkung, eine nur sehr langsam heilende Hautwunde dadurch zu, daß er ein Radiumpräparat einige Stunden ohne besonderen Schutz in der Tasche bei sich trug. Vor das geschlossene Auge gehalten, wird ein Lichtschein erzeugt, der auch von der Schläfe und dem Hinterkopf aus eintritt, indessen nicht infolge direkter Bestrahlung der Netzhaut, sondern indirekt durch fluoreszierendes Aufleuchten der Augenflüssigkeit. Bei längerer Einwirkung auf das Gehirn treten Lähmungserscheinungen auf, so daß Versuche dieser Art mit Vorsicht durchzuführen sind. — In stark radioaktivem Wasser sterben Fische, ebenso bei direkter Bestrahlung des Kopfes, Mäuse, kleine Vögel, Schmetterlinge u. a. kleine Tiere; Schmetterlingspuppen und Eier büßen ihre Entwicklungsfähigkeit ein. Besonders wichtig ist aber die experimentell nachgewiesene bakterizide Wirkung, da daraus auch auf die Möglichkeit einer Vernichtung von Krankheitserregern geschlossen werden kann. So glauben hervorragende Fachmänner schon günstige Wirkungen gegenüber Hautkrankheiten, Krebs, Rheumatismus, auch gegen Tollwut u. a. konstatiert zu haben; doch sind die Erfahrungen in dieser Richtung noch keineswegs abgeschlossen.¹

Erreichen die Radiumstrahlen auch nicht die Intensität der Röntgenstrahlen — was übrigens in vielen Fällen nur ein Vorteil sein kann — und werden sie in der Chirurgie für Durchleuchtungszwecke die letzteren deshalb voraussichtlich auch nie ersetzen können, so zeichnen sie sich für andere Heilzwecke durch ihre mildere Wirkung und ihr infolgedessen relativ tieferes Eindringen

¹ Siehe darüber F. Bérnard (Bull. gén. d. Therapeut. 1906, Bd. 151 S. 582. Chem. Ztg. 1906, Rep., S. 210). Ferner Stegmann & Just (Wien. Klin. Wochenschrift 1906 No. 25).

ohne gleichzeitig zerstörende Wirkung aus, vor Allem aber auch durch die Leichtigkeit und möglichen Vielartigkeit der Applikation: durch Bestrahlen mittels aufgelegter Radiumpräparate, Injektion radioaktiver Flüssigkeiten, Trinken natürlich aktiver Mineralwasser, Inhalieren emanationshaltigen Gases, Bäder etc.

Eine der eigentümlichsten Eigenschaften der Radiumstrahlen besteht aber darin, daß sie die von ihnen getroffene Luft, auch andere Gase, elektrisch leitend machen. Ein in solche Luft gebrachtes geladenes Elektroskop verliert also seine Ladung, die Blättchen sinken zusammen. Dabei bilden sich durch die Wirkung der Strahlen aus einem kleinen Teil (nur etwa ein Millionstel) der gewöhnlichen Gasmoleküle positiv- und negativ-elektrisch geladene neue Aggregate, die komplexer Natur aber auch Atome sein können, und die trotz ihrer relativ geringen Anzahl ausreichen, um die Entladung eines in dem Gase befindlichen geladenen Körpers zu vermitteln. Man bezeichnet diese Teilchen gewöhnlich als Ionen, obgleich sie mit den gewöhnlichen Ionen dissoziierter Lösungen nichts zu tun haben. Nach ihrer Bildung bleiben sie nur kurze Zeit erhalten und gleichen sich nach wenigen Minuten aus.

Da die Geschwindigkeit der elektrischen Entladung abhängt von der Zahl der Elektrizitätsträger, diese letzteren aber wieder von der Intensität der Strahlung, so besitzt man in der Schnelligkeit der Entladung eines Elektroskopes durch das Medium eines durch Radiumstrahlen jonisierten Gases ein Mittel zur Beurteilung und Messung der Stärke der Radioaktivität. So lange ein Gas unter der Einwirkung derselben Strahlenquelle sich befindet, bleibt auch seine Ionisierung und Leitfähigkeit erhalten.

Bei der Bestimmung der Radioaktivität verschiedener Stoffe muß nun aber berücksichtigt werden, daß die gewöhnliche atmosphärische Luft schon eine geringe zerstreue Wirkung besitzt. War man früher geneigt, diese Leitfähigkeit auf einen Gehalt der Luft an suspendierten kleinen Flüssigkeits- oder auch festen Teilchen wie Wasserdampf, Staub etc. zurückzuführen, so wiesen demgegenüber Elster und Geitel neuerdings nach, daß solche Suspensionen im Gegenteil die Leitfähigkeit verringern und daß auch ganz reine normale Luft an sich schon stets etwas jonisiert ist, also eine langsame Entladung des Elektroskopes herbeiführt.

Als Ursache erkannten sie die Anwesenheit von Emanation in der Atmosphäre, in welche sie durch Diffusion aus Bodenluft und in diese aus radioaktiven Bestandteilen der Erde gelangt. Letztere ist an verschiedenen Stellen je nach dem Gehalt der Materialien an radioaktiven Stoffen von sehr variabler Aktivität und dementsprechend natürlicherweise auch die damit in Berührung oder in Kommunikation stehende Luft. So findet denn auch in der Luft von Kellern, des Bodens, der Höhlen usw. unter Umständen starke Anreicherung der Radioaktivität statt, wie z. B. in der Baumannshöhle, deren Luft 7 bis 8 mal so aktiv ist, als die der freien Atmosphäre.

Aber auch abgesehen von lokaler Beeinflussung durch radioaktives Material der Erdkruste zeigen sich noch andere größere Verschiedenheiten. So z. B. findet in der Nähe des Meeres und auf großen Höhen raschere Entladung des Elektroskopes statt, als in gewöhnlicher Luft der Ebene. Und merkwürdigerweise scheinen, da das negativ geladene Elektroskop rascher entladen wird als das positiv geladene, auf den Höhen die positiven Elektrizitätsträger, welche die negative Elektrizitätsladung zerstreuen, viel reichlicher gebildet zu sein, als deren negative Antipoden. Man führt diese hohe Leitfähigkeit auf die Wirkung der schon in den hohen Luftschichten stark absorbierten ultravioletten Strahlen der Sonne zurück, wobei positive Träger entstehen.

Anders die hohe Leitfähigkeit der Luft gegenüber negativer Ladung in der Nähe des Meeres. Sie ist hier wahrscheinlich die Folge des Aufprallens der salzigen Teilchen des Meerwassers wobei nach einem Befunde Lenards vorwiegend positive Träger erzeugt werden, während reines, salzfreies Wasser dabei negative Träger liefert. Daher die erheblich stärkere Leitfähigkeit der Seeluft für negative Ladungen, der Luft in der Nähe von Wasserfällen dagegen für positive.

Die Bestimmung der Radioaktivität.

Die Stärke der Radioaktivität natürlicher Stoffe kann bei kräftiger Aktivität zwar annähernd nach deren Wirkung auf lichtempfindliche Platten, für stark aktive Präparate auch schon nach der Luminiszenzwirkung auf den Röntgensschirm beurteilt werden, für genauere,