

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Beiträge zur Kenntnis der Radioaktivität der
Mineralquellen**

Engler, Carl

Karlsruhe, 1906

Untersuchung der Quellsedimente der Thermen von Baden-Baden

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

abgeänderte, oben beschriebene „Fontaktoskop“ verwenden. Statt des fest mit der Kanne verbundenen Bodens zeigt die nebenstehende Figur 3 eine Messingplatte mit aufgesetztem Rand, über welchen ein weiter Blechzylinder gestülpt wird. Der obere Teil des Apparates hat dieselbe Einrichtung wie die Flasche für die Messung der Aktivität des Wassers. Die zu untersuchende feste Substanz wird auf einem Teller oder einer Schale ausgebreitet (Normalmenge 125 Gramm) und nun der Potentialabfall in gewöhnlicher Weise mittels des Elektroskopes beobachtet. Nach dieser Methode wurde eine Reihe von Quellsedimenten auf Radioaktivität geprüft.

Untersuchung der Quellsedimente der Thermen von Baden-Baden.

Der Schlamm der Thermen hat, wie wir wissen, schon in alter Zeit, ähnlich wie heute der Fango der Thermalquellen von Battaglia bei Padua, vielfach zu Heilzwecken gedient. In neuerer Zeit hat die Entdeckung von Elster und Geitel¹, daß in solchen Sedimenten radioaktive Stoffe sehr oft in weit größerer Konzentration wie in den meisten Erden und Mineralien vorkommen, erneut die Aufmerksamkeit auf diese Materialien gelenkt, deren beste Proben, wie z. B. diejenigen einiger Quellen von Baden-Baden, einen etwa hundertmal so großen Gehalt an radioaktiver Substanz zeigen, wie der Fango.

Der Schlamm setzt sich teils schon in den Quellenbecken selbst, vornehmlich aber in den Leitungen ab, die das Wasser der Quellen zu den Bädern führen. Merkwürdigerweise sind sowohl die von den verschiedenen Quellen desselben Thermalgebietes abgesetzten Sedimente als auch die von ein und derselben Quelle an verschiedenen Stellen der Leitung niederfallenden Schlamme von sehr verschiedener Beschaffenheit. Je weiter man sich vom Quellenaustritt entfernt, um so kalkreicher wird der Schlamm; in den letzten Sammelbehältern fällt fast reines Calciumkarbonat aus. Man kann annehmen, daß die Bildung des Schlammes von zwei Faktoren abhängt, dem Zutritt des Sauerstoffs der Luft einerseits und dem Verluste der in Form von Bikarbonaten halb gebundenen Kohlensäure andererseits. Dies erklärt die z. B. bei der Ursprung- und Kloster-

¹ J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. V p. 321, 1904.

quelle auffällige Erscheinung, daß am Quellenaustritt ein dunkler, mangansuperoxydreicher, am Ende der Leitung ein heller, kalkreicher Schlamm ausfällt. Bei allen Quellen ist der zuerst ausfallende Schlamm am stärksten radioaktiv, was sich leicht dadurch erklärt, daß gelöste radioaktive Stoffe, wie man sehr oft beobachten kann, durch den ersten erzeugten Niederschlag zum größten Teil mitgerissen werden.

Die Verschiedenheit der Zusammensetzung der Sedimente der einzelnen Quellen zeigt folgende Tabelle, die die Resultate der auf meine Veranlassung durch die Herren Assistent Ed. Hoffmann (I, II, III), Schohl (IV) und Assistent Frommel (V) ausgeführten Analysen enthält.

100 g enthalten	Schlamm der				
	Friedrichs- Quellen	Ursprung- Quelle	Kloster- Quelle	Kirchen- Quelle	Freibad- Quelle.
Ba SO ₄	0,660	0,400	2,404	—	4,769
Ca SO ₄	0,952	0,942	4,464	1,348	4,314
Ca ₃ (As O ₄) ₂ .	0,412	0,805	0,332	0,613	0,106
Mn CO ₃	1,138	—	—	—	2,119
Ca CO ₃	13,222	39,160	12,750	9,566	21,215
Ca Si O ₃	18,890	1,763	4,477	4,312	3,602
Al ₂ (Si O ₃) ₃ . .	27,490	25,915	18,078	18,074	17,016
Mg Si O ₃	8,176	11,639	2,002	12,891	5,886
Si O ₂	5,276	1,850	29,740	16,903	19,232
Mn O ₂	—	3,440	5,360	3,962	2,760
Fe ₂ O ₃	18,540	8,312	9,350	25,410	13,421
Ti O ₂	0,730	0,696	0,279	0,536	0,440
H ₂ O	6,570	4,100	11,780	5,311	4,565
	102,056	99,022	101,016	98,926	99,445
Spuren	Kupfer	Kupfer	Kupfer	—	Kupfer
„	—	Wolfram	—	—	Wolfram
„	—	Phosphors.	—	—	—
Aktivität 125 g Volt/Std. n.	1000	3000	4000	700	2500

Die am Ende noch angeführten Zahlen für die Aktivität der einzelnen Schlammarten entstammen zum Teil einer Arbeit von Elster und Geitel¹, zum Teil sind sie im hiesigen Laboratorium neu bestimmt worden.

Schon an dieser Stelle sei auf den relativ hohen Gehalt verschiedener Schlammarten an Bariumsulfat, dessen Anwesenheit mit dem Radium höchst wahrscheinlich in naher Beziehung steht, aufmerksam gemacht. Gerade das an Bariumsulfat reichste Sediment (Freibadquelle) erwies sich in der Folge als dasjenige, aus dem sich ein relativ reiches, deutlich selbstleuchtendes Radiumpräparat herstellen ließ. — Mit besonderer Sorgfalt wurden alle Schlammarten auf die Anwesenheit von Thor geprüft, es gelang jedoch auch unter Anwendung der schärfsten Methoden nicht, auch nur eine Spur dieses Elementes aufzufinden.

Von Interesse ist der hohe Gehalt an Mangan, welches teils als Mangansuperoxyd in den dunkeln Schlammarten, teils als Mangankarbonat in den hellen Sedimenten vorhanden ist. Es liegt hier eine interessante Analogie mit den Sedimenten und Neubildungen (Reisacherit) der stark radioaktiven Gasteiner Thermalquellen vor. Auch die Anwesenheit relativ bedeutender Mengen Titan, sowie Spuren von Kupfer in sämtlichen Quellsedimenten und von Wolfram in einigen derselben verdient gegenüber früheren Befunden Beachtung.

Es war aber nicht allein der starke Gehalt an radioaktiver Substanz an sich, der den Schlamm zu einem so interessanten Objekt für wissenschaftliche Untersuchungen machte.

Die physikalische Analyse hatte zu einem merkwürdigen Resultat geführt. Dieselbe gestattet, wie weiter oben ausgeführt, aus der Kurve der Abklingung der durch ein radioaktives Material induzierten Aktivität einen Schluß auf das die Aktivität bedingende radioaktive Element zu ziehen. Elster und Geitel hatten nach dieser von ihnen ausgearbeiteten Methode den Schlamm geprüft, aber keine Kurve gefunden, die mit einer der für die bekannten radioaktiven Elemente charakteristischen übereinstimmte. Es lag also ein neues bis dahin unbekanntes radioaktives Element vor oder, und dieser Ansicht neigten die beiden Forscher zu,

¹ loc. cit

man hatte mit der Anwesenheit mehrerer zu rechnen, deren Kurven sich übereinander gelagert hatten. Unsere Prüfung des Ursprung-Schlammes führte, wie die nebenstehende Abbildung, Fig. 4, zeigt, zu einem ganz ähnlichen Verlauf der Kurve.

Klarheit konnte hier also nur eine chemische Zerlegung schaffen, die auch, auf Anregung des Sanitätsrates Schliep in Baden, zuerst von Elster und Geitel unternommen wurde.¹

200 g Schlamm der Ursprungquelle wurden mit konzentrierter Salzsäure ausgezogen und in der salzsauren Lösung mit Schwefelsäure eine Fällung erzielt, die im wesentlichen aus Bariumsulfat bestand und stark aktiv war, deren physikalische Analyse jedoch noch keinen sicheren Schluß auf das darin enthaltene radioaktive Element zuließ. Im Filtrat ließ sich mit Ammoniak eine beträchtliche Menge Substanz fällen, die vorwiegend aus Oxyden des Eisens und Mangans bestand, aktiv war und nach der physikalischen Analyse Thor enthalten mußte, es gelang jedoch nicht, dasselbe chemisch darin nachzuweisen.

Der Bariumsulfatniederschlag wurde in Lösung gebracht und aus der Lösung durch Fällen mit Ammoniak ein Niederschlag erhalten, der aus den durch die Bariumsulfatfällung mitgerissenen Oxyden bestand. Er war stark aktiv und die Aktivität sollte nach der physikalischen Analyse auch hier durch Thor bedingt sein. Merkwürdigerweise zeigte er eine viel größere Aktivität als ein gleichschweres Thorpräparat. Die Aktivität ließ sich sogar durch Auflösung und Wiederfällen mit Oxalsäure noch erheblich konzentrieren.

Das vermutete Radium sollte sich im Filtrat von der letzten

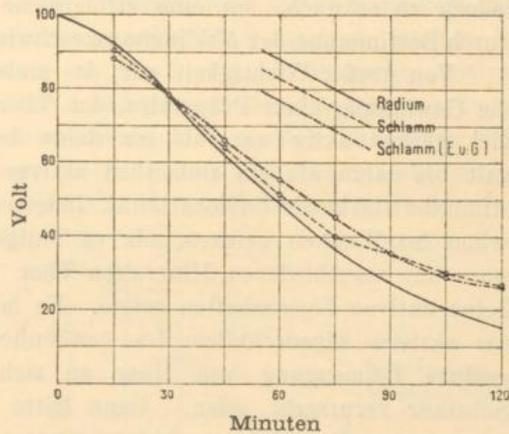


Fig. 4.

¹ J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. VI p. 67, 1905.

Ammoniakfällung befinden. Es gelang auch, durch Eindampfen einige stark aktive Kryställchen zu erhalten. Die Gesamtaktivität war jedoch zu schwach, um eine erfolgreiche physikalische Analyse durch Bestimmung der Abklingungsgeschwindigkeit zu ermöglichen.

Von großer Wichtigkeit war das andere erhaltene Resultat; die Gewinnung eines Präparates, das Thoremation abgab, aber viel stärker aktiv war, als bis dahin bekanntes Thor. Dieses galt bis dahin als ein einheitlich aktiver Körper von einer bestimmten Stärke der Radioaktivität. Indessen war diese Anschauung schon ins Wanken geraten, als es einigen Forschern gelungen war, aus verschiedenen Mineralien Thor zu gewinnen, das gar keine aktiven Eigenschaften zeigte. Es lag nahe zu denken, daß die aktiven Eigenschaften des gewöhnlichen Thors durch eine geringe Beimengung von einer an sich viel stärker aktiven Substanz verursacht seien. Dann hätte es aber auch möglich sein müssen, diese Substanz in konzentrierterer Form zu gewinnen, was aber bisher nicht gelungen war. Man sieht leicht, von welcher Bedeutung für diese Frage die Resultate der Forschungen von Elster und Geitel waren.

Diese selbst waren in der Bewertung ihrer Ergebnisse sehr vorsichtig. Das stärkste ihrer Thorpräparate hatten sie aus einer Lösung erhalten, die vermutlich auch Radium enthielt. Sie erachteten es doch nicht für ganz ausgeschlossen, daß Radium oder eine andere stark aktive Substanz (Emanium, Aktinium) für die abnorme Aktivität ihrer Thoremation gebenden Präparate verantwortlich zu machen sei und sie glaubten deshalb, die Frage mit den geringen Mengen Material, die ihnen zur Verfügung standen, nicht entscheiden zu können.

Auf Veranlassung von mir griff Herr F. A. Weber diese Frage auf. Es standen anlässlich der Reinigung der Stollen der Quellen einige Kilogramm stark aktiven Schlammes zur Verfügung, bei deren Verarbeitung wir uns der überaus wertvollen persönlichen Auskunftserteilung der Herren Professoren Elster und Geitel zu erfreuen hatten. Es sei ihnen, ebenso wie Herrn Professor Giesel, auch an dieser Stelle für ihre Unterstützung der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Zunächst gelang es, die Versuchsergebnisse von Elster und Geitel durch Wiederholung zu bestätigen.

Für die Verarbeitung einer größeren Menge Schlamm, zunächst

2 kg der Ursprungquelle, wurde eine andere Methode gewählt. Das Material wurde unter Zusatz von Schwefelsäure mit Salzsäure ausgekocht. Wie erwartet, fand sich das Radium mit dem durch die Schwefelsäure unlöslich gemachten Barium im Rückstand. Hier konnte es durch die physikalische Analyse nachgewiesen werden. Nach Aufschließen des Rückstandes durch Kochen mit Alkalikarbonat-Lösung ließ es sich zusammen mit dem vorhandenen Barium isolieren und auch durch fraktionierte Krystallisation von der größten Menge desselben trennen. Ein derart durch oft wiederholtes Umkrystallisieren der ersten Aus-

scheidungen erhaltenes Präparat zeigte ein ganz schwaches Selbstleuchten und brachte den Platincy-anbariumschirm zum Fluoreszieren. Nebestehend ist in Fig. 5 der Verlauf der Abklingungskurve im Vergleich mit derjenigen des reinen Radiums nach Curie abgebildet.

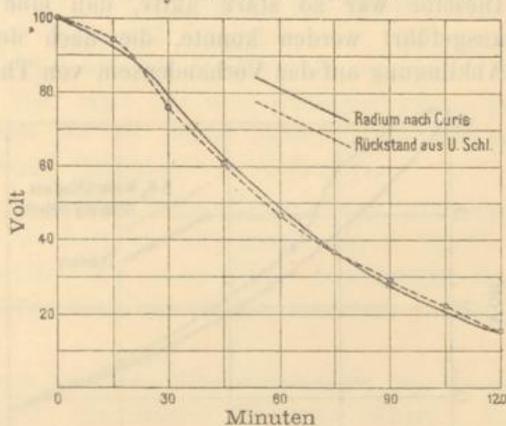


Fig. 5.

Das andere aktive Element war beim Kochen mit Salzsäure in Lösung gegangen, wie sich dies zeigte, als sie mit Ammoniak gefällt wurde. Der erhaltene Niederschlag, hauptsächlich aus Oxyden des Eisens und Mangans bestehend, war stark aktiv; die physikalische Analyse wies auf einen Gehalt an Thor hin. Ein Versuch, dasselbe mit Oxalsäure zu fällen, mißlang wie zu erwarten war, da ja, wie die chemischen Analysen unzweifelhaft festgestellt hatten, Thor nicht in chemisch nachweisbaren Mengen im Schlamm enthalten war.

Um die aktive Substanz von der großen Menge des Eisens und Mangans zu trennen, wurde ein gegenüber den bisherigen abgeändertes Verfahren eingehalten. Der gesamte Niederschlag wurde in konzentrierter Oxalsäure gelöst. In dieser Lösung wurde durch Zusatz von Schwefelsäure und nachher von etwas Bariumsalz eine Fällung von Bariumsulfat künstlich hervorgerufen.

Es zeigte sich, daß, wie erwartet, der größte Teil der aktiven Substanz mitgerissen worden war. Das Bariumsulfat zeigt diese Eigenschaft manchmal auch in salzsaurer Lösung. Man hatte dann jedoch nie mit Sicherheit auf ein Resultat rechnen können. In den allermeisten Fällen wurde nichts mitgerissen, während dies, wie spätere Versuche zeigten, in stark oxalsaurem Lösung immer der Fall war.

Die Bariumsulfatfällung wurde aufgeschlossen und aus der Lösung mit Ammoniak eine geringe Menge Substanz gefällt. Dieselbe war so stark aktiv, daß eine physikalische Analyse ausgeführt werden konnte, die nach der Geschwindigkeit der Abklingung auf das Vorhandensein von Thoremation wies, während wir andererseits

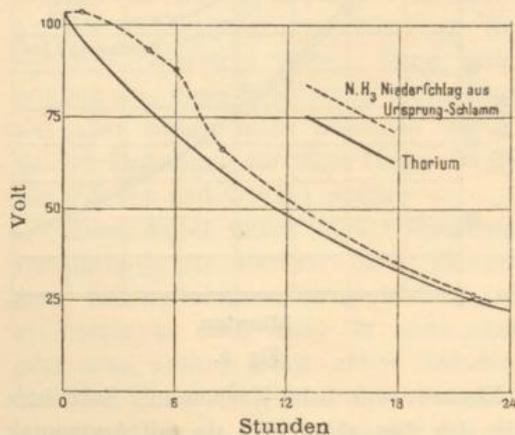


Fig. 6.

festgestellt hatten, daß das Thor selbst in Spuren nicht nachzuweisen war. Nebeneinander in Fig. 6 die beobachtete Abklingungskurve der induzierten Aktivität des Bleidrahtes: Gegenüber der gewöhnlichen Thorcurve zeigt der Verlauf der von uns beobachteten Abklingungskurve das für sehr schwache Thoremation charakteristische anfängliche Ansteigen. Bei dem so erhaltenen Präparat war jetzt eine Beeinflussung der Aktivität durch einen Radiumgehalt ausgeschlossen, da die Lösung, aus der es gewonnen war, kein Radium enthalten hatte, das ja, wie erwähnt, von vorneherein im Rückstand geblieben sein mußte, während Elster und Geitel ihr Präparat aus einer Lösung ausgeschieden hatten, die noch eine andere aktive Substanz enthielt.

Nach derselben Methode wurden auch 2,5 kg Schlamm der Klosterquelle verarbeitet und die Anwesenheit von Radium nachgewiesen. Die Thoremation gebende Substanz war darin

in zu geringer Menge enthalten, um durch die physikalische Analyse mit Sicherheit erkannt zu werden.

Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei dem Schlamm der Kirchenquelle, in welchem Herr Schohl Thoremanation gebende Substanz nach der oben beschriebenen Methode konzentrieren und identifizieren konnte, während sich der wahrscheinlich sehr geringe Radiumgehalt dem Nachweis entzog. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit dem Fehlen des Bariumsulfates in dem Schlamm dieser Quelle (siehe S. 17).

Herrn Frommel ist es dann in meinem Privatlaboratorium gelungen, aus 1 kg Schlamm der Freibadquelle ein stark selbstleuchtendes Präparat von Radium-Bariumbromid zu gewinnen. Auch hier zeigt sich eine Übereinstimmung in dem hohen Radiumgehalt mit der relativ großen Menge des in dem Schlamm aufgefundenen Bariumsulfates (4,77 p. C.).

Während der Dauer dieser Untersuchungen war aus dem Laboratorium von Sir. W. Ramsay eine Arbeit von O. Hahn¹ erschienen, die sich ebenfalls mit einem Körper beschäftigte, der Thoremanation aussendete, aber viel stärker aktiv als gewöhnliches Thor war.

In Ceylon hatte man ein neues Mineral gefunden, das, da es 75 Prozent Thor enthielt, den Namen Thorianit bekam. Es zeichnete sich durch ungewöhnlich starke Aktivität aus. Ramsay kaufte die ganze verfügbare Menge von 2,5 Zentner.

In einer Fabrik wurde das Material auf radiumhaltiges Barium verarbeitet. Hieraus sollte O. Hahn durch fraktionierte Krystallisation der Bromide ein Radiumpräparat gewinnen. Unregelmäßigkeiten bei der Anreicherung der Aktivität führten zu der Entdeckung, daß neben dem Radium noch eine andere aktive Substanz zugegen war, die Thoremanation aussendete, nach der Reinigung schließlich aber mehrere hunderttausendmal so aktiv war, als gewöhnliches Thor. Hahn gab ihr den Namen Radiothor, weil es wahrscheinlich war, daß sie das erste Umsetzungsprodukt des Thors darstelle.

¹ O. Hahn. Proc. Roy. Soc. 76, 115—117, 1905.

Die ersterwähnten Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr daran, daß im Thermalschlamm der Badener Quellen ebenfalls Radiothor enthalten ist und daß somit den Herren Elster und Geitel der Ruhm gebührt, die Existenz dieses neuen Elementes, welches die Thorcurve zeigte, indessen kein Thor sein konnte, an der Abklingungskurve im Baden-Badener Thermalquellenschlamm als möglich oder wahrscheinlich zuerst beobachtet zu haben. Der definitive Nachweis des Vorhandenseins von Radiothor und ebenso die Isolierung des Radiums und dessen Identifizierung durch die Abklingungskurve ist durch die vorstehend beschriebenen Versuche erbracht worden.

Wie schon oben bemerkt, konnte Thor in keiner der untersuchten Schlammarten nachgewiesen werden, ebenso wenig gelang aber auch der Nachweis von Uran, trotzdem dabei aufs sorgfältigste nach dem neuerdings auch von Zerban¹ empfohlenen Laubeschen Verfahren² gearbeitet wurde. Will man deshalb der aus guten Gründen stark betonten Auffassung zustimmen, daß auf primärer Lagerstätte sich das Radium stets in Gesellschaft von Uran befindet — und ebenso wohl auch die aktiven Thorsubstanzen stets in Gesellschaft gewöhnlichen Thors —, so ist daran zu denken, daß der Quellschlamm ein sekundäres Produkt ist, das sich aus den in tieferen Gesteinschichten ausgelaugten, an der Luft zum Teil wieder ausgeschiedenen Stoffen zusammensetzt. Dabei ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß durch beispielsweise kohlensäurehaltiges Wasser nur das Radium und nicht das Uran, nur der aktive Thorbegleiter und nicht das Thor in Form von Bikarbonat gelöst wird, sich also schon in der Tiefe ein natürlicher Scheidungsprozeß vollzieht, infolgedessen Uran und Thor dort zurückbleiben.

Unsere erste Vermutung, daß die radioaktiven Bestandteile der Badener Thermen stets mit dem Mangan gehen, weil in der Tat mehrere der zuerst von uns untersuchten, dunkeln mangan-superoxydreichen Schlamme sich als besonders stark aktiv erwiesen, eine Wahrnehmung, welche Mache auch bei den Gasteiner Quellschlammen gemacht hat, ließ sich für die Badener Thermen nicht als endgültig richtig erweisen, denn die Aktivität des

¹ Berl. Ber. 36, 39II; 38, 557.

² Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, 575.

Schlammes der Büttquelle und der Kühlquelle mit 17,64 bezw. sogar 41,73 Prozent¹ Mangansuperoxydgehalt entspricht entfernt nicht diesem hohen Mangansuperoxydgehalt. Da es sich ferner hierbei um die beiden kühlestn Quellen der Thermen von Baden-Baden handelt und da das Wasser der Büttquelle bei ganz schwach aktivem Schlamm die höchste Aktivität aufweist, so kommt man zu der Annahme, daß die radioaktiven Stoffe sich hauptsächlich nur in der Hitze rasch genug mit dem Mangan ausscheiden. Bezüglich des Radiums, welches in seinem chemischen Verhalten mit dem Barium geht, ist an die Ausscheidung in Form unlöslicher Manganitverbindungen zu denken. Schon lange sind ja solche von Barium und von Calcium bekannt. Dahingehende Versuche, wobei in einer nur minimale Mengen Radiumbromid enthaltenden Flüssigkeit zugesetztes Mangansalz in Superoxydform ausgeschieden wurde, haben diese Voraussetzung bestätigt, fast die gesamte Aktivität der Radiumlösung befindet sich im Mangansuperoxyd-Niederschlag. Bemerkenswert bleibt immerhin die im allgemeinen hohe Aktivität des Schlammes oder des Wassers bei hohem Mangansuperoxydgehalt des ersteren.

Von anderen Elementen, welche früher schon mit dem Vorkommen von radioaktiven Stoffen in Verbindung gebracht wurden, ist neben dem Barium nur noch das Titan zu nennen, dessen Mengen indessen auch nicht in Proportionalität mit der Aktivität von Schlamm oder Wasser steht.

Aus welchem Gestein und welchen Gesteinsbestandteilen die Badener Thermen ihre Radioaktivität entnehmen, ist somit noch nicht aufgeklärt. Kommen sie, worauf der sehr ähnliche Salzgehalt schließen läßt, aus einer gemeinschaftlichen Urquelle, die sich durch verschiedene Spalten und Risse der Gesteinsschichten in die einzelnen Quellen teilt, so kann die Aufnahme der Radioaktivität ebensowohl schon in der Tiefe der Urquelle erfolgen, als auch, da die geteilten Quellarme im ganzen die gleichen Gesteinsschichten passieren, in höheren Regionen. Die verschiedene Temperatur der Quellen ist wohl nur die Folge des verschiedenen raschen Laufes ihres Wassers in den oberen kälteren Schichten,

¹ Der hohe Gehalt des Schlammes der Kühlquelle an Mangansuperoxyd wurde durch eine in der Großh. chem.-technisch. Prüfungs- und Versuchsanstalt ausgeführte Analyse konstatiert, welche mir Herr Geh. Oberbergrat Honsell freundlichst zur Verfügung stellte.

wobei das langsamer aufsteigende Wasser sich stärker abkühlt, als das rasch laufende. Andererseits kann das heiße Wasser weniger Radiumemanation gelöst halten, zumal wenn auch nach oben zu der Druck abnimmt, wodurch es sich erklären dürfte, daß die kühleren Quellen die radioaktivsten sind. Im ganzen halte ich es für wahrscheinlicher, daß die radioaktiven Stoffe der Badener Thermen nicht aus großen Tiefen der Erde heraufdringen, sondern den oberen Verwitterungsschichten entstammen.

Die Thermalquellen von Baden-Baden entspringen einem auf dem rechten Ufer des Oosbaches gelegenen Bergabhang, der auf seiner ersten Terrasse das noch bewohnte Großh. Schloß trägt. Das Gestein gehört dem unteren Rotliegenden an und besteht in der Hauptsache aus Tonschiefer mit einzelnen Tonbänken und Arkosesandstein, Verwitterungsprodukten granitischer Massen. In der Richtung gegen das Schloß steht quarzreicher Granit an, das häufig beobachtete Muttergestein radioaktiver Quellen. Ganze Halden eines aus den Thermalwassern an der Luft ausgeschiedenen Sinters sind einzelnen Quellmündungen vorgelagert.

Als bemerkenswert, indessen durch die jetzt nachgewiesene Mitwirkung der Emanation von Radiothor erklärlich, muß noch hervorgehoben werden, daß eine volle Übereinstimmung der Stärke der Radioaktivität des Schlammes mit der Menge des darin enthaltenen Radiums nicht vorhanden zu sein scheint, wie sich bei näherer Betrachtung der Radioaktivität des Schlammes der Baden-Badener Thermalquellen ergibt. Die Radioaktivität von 125 Gramm trockenen Schlammes, gemessen im Elster-Geitelschen Apparat für trockene Stoffe, ergab die folgenden Resultate:

	Verlust in Volt pro Stunde
Schlamm der Büttquelle	schwach aktiv
" " Murquelle	200
" " Freibadquelle	2500
" " Friedrichsquellen	1000—1500
" " Ursprungquelle	3000
" " Kühlquelle	1000
" " Klosterquelle	4000—5000
" " Fettquelle	100
" " Kirchenquelle	600—800

Der Schlamm der Freibadquelle zeigt z. B. bei sehr hohem Gehalt an Bariumsulfat nur eine mittlere Radioaktivität von 2500 Volt und es gelingt relativ leicht, daraus ein stark selbstleuchtendes Radium-Bariumbromid zu isolieren, während es nur sehr schwer möglich ist, aus dem rund doppelt so aktiven Schlamm der Klosterquelle ein sehr schwach leuchtendes Radiumpräparat darzustellen. Man erhält bei der Verarbeitung dieser Materialien den Eindruck, als ob auch für das Radium komplexere Verbindungen existieren müßten und vielleicht in den Sedimenten enthalten seien, welche die volle Strahlungswirkung hemmen, so daß diese erst durch die Umsetzung mit aufschließenden Agentien z. B. Umwandlung von Radium-Silikat oder -Sulfat in Radiumkarbonat, vielleicht auch von Doppelsalzen zur vollen Entwicklung kommt. Auch die Anreicherung der Thoremanation nach längerer Zeit in Fällungen des Radiothors, das zeitweise Verschwinden und spätere Wiederhervortreten derselben gehört zu den noch nicht genügend aufgeklärten Phänomenen.

Ganz ohne Zusammenhang ist die Stärke der Radioaktivität des Schlammes zu derjenigen des betreffenden Wassers, wovon man sich leicht durch einen Vergleich der Angaben auf der Tabelle (Seite 26) mit den Radioaktivitätswerten derselben Quellen (Seite 31) überzeugen kann. Dem stark aktiven Wasser der Büttquelle entspricht ein ganz schwach aktiver Schlamm, während z. B. das nur schwach aktive Wasser der Klosterquelle einen sehr aktiven Schlamm aufweist. Auch bei hoch radioaktiven Thermen von Süditalien, z. B. der radioaktivsten Quelle überhaupt, derjenigen von Lacco Ameno auf der Insel Ischia, konnte ich einen nur auffallend schwach aktiven Schlamm konstatieren. Ob vielleicht auch hier durch Aufschließung stärkere Aktivitätswerte zu erzielen sind, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Die radioaktiven Mineralquellen.

Durch die Untersuchungen der Frau Curie, ganz besonders aber der Herren Elster und Geitel, hat man zuerst Kenntnis von der großen Verbreitung des Radiums erlangt. Zwar tritt es in der Erdkruste nur selten in relativ nennenswerten Mengen auf, aber es ist schwer, Materialien fester oder flüssiger Form zu finden, welche völlig frei von Radioaktivität sind. In einer