



Die Radioaktivität der Quellen am Westrande des Volksgartens in Reichenberg.

Von Prof. Dr. Paul Artmann — Reichenberg.

Vor etwa einem Jahre wiesen Prof. R. Fiedler und ich auf das Vorkommen radioaktiver Quellen in nächster Nähe der Stadt hin. Auch die Stadtvertretung nahm sich der Sache an, und wäre es wünschenswert, wenn weitere Kreise Interesse daran nehmen würden.

Ich bin daher mit Vergnügen der Aufforderung des Vereines der Naturfreunde gefolgt, die Ergebnisse einer etwa 1½ jährigen Beobachtung an dieser Stelle mitzuteilen, insoferne dieselben allgemeines Interesse beanspruchen dürfen.

1. Das Wesen der Radioaktivität.

Mit der elektrochemischen Darstellung des Radiummetalles, welche Frau Curie gemeinsam mit A. Debierne in der ersten Hälfte des heurigen Jahres durchgeführt hat, ist auch das letzte Ziel erreicht, nach welchem diese große Frau mit unermüdlichem Eifer und tiefem Scharfsinne entgegenstrebte.

Die wenigen Milligramme des unscheinbaren grautweißen Metalles sind das kostbare Ergebnis einer unendlichen Reihe von Experimenten, an welchen wir nicht so sehr die alles übertreffende Genauigkeit, als vor allem die zwingende Logik bewundern müssen, der wir es zu verdanken haben, wenn aus dem chemischen Runterbunt des Uranpecherzes die ersten kleinen Mengen des Metalles vor uns liegen.

Die Seltenheit, vor allem aber, die wunderbaren Eigenschaften des Radiums machen seinen hohen Wert begreiflich und rechtfertigen das ungeheure Aufsehen der gesamten wissenschaftlichen Welt, als die ersten Entdeckungen bekannt wurden.

Für die vorliegende Arbeit kommt vor allem die Eigenschaft des Radiums inbetracht, daß es sich in steter Zersetzung befindet und hiebei Strahlen von außerordentlich großer Geschwindigkeit aussendet: die Radioaktivität.

Dank den Untersuchungen einer großen Zahl hervorragender Gelehrter wie des Ehepaares Curie und seiner Schüler, Sir. William Ramsay, Soddy, Rutherford, Boltwood, Hahn, Giesel,

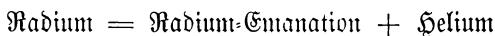
Elster und Geitel, Markwald, R. A. Hoffmann, wissen wir heute, daß es außer dem Radium selbst noch etwa 28—30 radioaktive Elemente gibt.

Radium zerfällt unter Abgabe von drei verschiedenen Strahlungsgattungen in Emanation, z. Deutsch: „Aushauchung“, einem gasförmigen Element, für welches Ramsay und Whitlaw Gray das Atomgewicht ermittelt und den Namen „Niton“ vorgeschlagen haben. Für alle radioaktiven Elemente ist die Geschwindigkeit ihres Zerfalles charakteristisch sowie die Art der von ihnen ausgesandten Strahlen.

So zerfällt Radium allmählich in Emanation und dauert es 1760 Jahre, bis 1 Gramm Radium sich zur Hälfte zerlegt hat.

Die von 1 Gramm Radium täglich entwickelte Emanationsmenge beträgt $0,57 \text{ mm}^3$.

Wie bei den meisten chemischen Vorgängen findet auch bei dem Prozesse:



Abgabe von Wärme statt. Die von 1 Gramm Radium im Jahre abgegebene gesamte Wärmemenge entspricht einer gleichen, welche bei der Verbrennung von 100 Gramm Kohle frei wird.

Weit kurzlebiger ist die Emanation, deren Zerfallsdauer auf die Hälfte der Anfangsmenge, die sog. „Halbzeitkonstante“, etwa 4 Tage beträgt.

Sowohl die Emanation als auch das Radium selbst senden überwiegend „ α -Strahlen“ aus. Sie sind elektropositiv geladene Atome des Elementes Helium. Ramsay und Soddy haben dies 1903 erkannt und damit ging die alte Alchimistenhoffnung von der Transmutation der Elemente — freilich in ganz anderer Weise — endlich in Erfüllung.

Wir müssen uns diese Ausstrahlung wie eine vulkanische Eruption im Kleinen vorstellen: Mit rasender Geschwindigkeit (etwa 165.000 km in der Sekunde) werden die α -Teilchen von den Radiumatomen abgeschleudert und treffen sie auf Gas-, z. B. Luft-Moleküle, so zersplittern sie diese in Atome, also in die kleinsten Teilchen der Materie, die im gewöhnlichen Zustande unelektrisch sind. Aber selbst die Atome erfahren noch eine weitere Veränderung, indem die mit ihnen verbundenen Elektrizitätsatome oder negativen „Elektronen“ von ihnen losgerissen werden. Die Atome müssen jetzt elektrische Ladungen annehmen.

Wird demnach die Luft der Bestrahlung mit radioaktiven Substanzen ausgesetzt, so ändert sich ihr elektrischer Zustand, sie enthält auf einmal elektrisch geladene Teilchen, die „Ionen“. Ein α -Teilchen erzeugt auf seinem Wege etwa 100—150.000 Ionen, wobei es rasch erlahmt und bereits auf einem Wege von 3—8 cm hat es die Eigenschaft, Ionen zu bilden, eingebüßt. Der Weg, innerhalb welchem ein α -Teilchen Ionen bildet, heißt seine Reichweite.

Auch diese gehört, ebenso wie die Halbzeitkonstante, zu der physikalischen Charakteristik einer radioaktiven Substanz.

Wird Luft, welche derart „ionisiert“ wurde, gegen einen z. B. positiv geladenen Metallzylinder geblasen, der mit einem Elektroskop in leitender Verbindung steht, so zieht er, einem bekannten Gesetze zufolge, negative Ionen an, welche bei der Berührung ihre Elektrizität an diesen abgeben. So verschwindet also bei dem Anprall jedes Ions eine bestimmte, wenn auch unendlich kleine Elektrizitätsmenge: das Elektroskop wird allmählig entladen. Die solcherart während einer bestimmten Zeit, etwa 1 Sekunde, abströmende Elektrizitätsmenge kann gemessen und in der normalen Stromeinheit, dem Ampère, ausgedrückt werden. Da aber bei den unendlich geringen Mengen strömender Elektrizität, welche hier zur Messung gelangen, die Zahlen äußerst klein ausfallen würden, so bedient man sich statt ihrer nach dem Vorschlag des Prof. Mache in Wien einer um $\frac{1}{3}$ Billionen mal kleineren Einheit, der sog. „Mache-Einheit“.

1 Mache-Einheit = 0,33 Billionstel Ampère.

Die Entladung wird umso rascher sein, je mehr Ionen den Metallzylinder per Sekunde treffen, also je stärker das aktive Präparat ist. Wir können demnach aus der Stromstärke einen Rückschluß auf die vorhandene Menge Emanation ziehen, wozu wir die Beziehung benützen:

1 Mache-Einheit = 0,21 Billionstel Rubikmillimeter Emanation!

Nun ist aber das Charakteristische jeder chemischen Reaktion die Tatsache, daß alle Vorgänge nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen stattfinden, was auch für die Bildung von Emanation aus Radium gelten muß.

Kennen wir daher die Menge Emanation, die ein Wasser jährlich liefert, so sind wir in der Lage, zu schließen, aus welchen Radiummengen dieses gespeist wird.

Als Beispiel wollen wir die Franzensquelle wählen.

Mittlere Ergiebigkeit . . . 0,16 Sekunden-Liter.

„ Aktivität . . . 27 Mache-Einheiten pro Liter,

Wassermenge per Tag . . 86400 $\times$ 0,16 = 13824 Liter,

Mache-Einheiten per Tag . 13824 $\times$ 27 = 373248 Mache.

Nun entspricht 1 Mache-Einheit = $2,1 \times 10^{-13}$ mm³ Emanation. Es werden daher täglich $7,8 \times 10^{-8}$ mm³ Emanation geliefert. 1 Gramm Radium setzt aber täglich 0,57 mm³ Emanation ab; demnach steht unsere Quelle mit einer Radiummenge von $13,6 \times 10^{-8}$ Gramm Radium in Berührung.

Bei seiner Zersetzung verliert 1 Gramm Radium täglich $1,54 \times 10^{-6}$ Gramm, daher gehen mit der Franzensquelle täglich

$$1,54 \times 10^{-6} \times 13,6 \times 10^{-8} = 0,21 \times 10^{-12} \\ = 0,21 \text{ Billionstel Gramm} \\ \text{Radium verloren!}$$

Im Jahre also 77 Billionstel Gramm Radium!

So lächerlich klein uns diese Mengen erscheinen, umso größer muß andererseits unsere Bewunderung für jene Männer sein, welche als Erste imstande waren, sie mit großer Genauigkeit zu messen.

Vielleicht werden die Zahlen verständlicher, wenn wir die Zahl der Ionen berechnen, welche dadurch entstehen, daß 1 Liter Franzensquelle seine gesamte Emanation an die Luft eines Meßapparates („Fontaktoskop“) abgibt. Tatsächlich messen wir ja nicht die Emanation selbst, sondern den Entladungsstrom, der seine Entstehung den von ihr erzeugten Ionen verdankt.

1 Gramm Radium sendet in der Sekunde 4×10^{10} α -Teilchen aus. Da 1 Liter Franzensquelle einer im Quellgebiet vorhandenen Radiummenge von $27 \times 0,21 \times 10^8$ Gramm entspricht, so ist die Zahl der α -Teilchen, welche aus der Emanation von 1 Liter Wasser in der Sekunde gebildet werden,

$$27 \times 0,21 \times 10^{-8} \times 4 \times 10^{10} = 0,28 \times 10^4 \text{ } \alpha\text{-Teilchen.}$$

Nun kann aber ein α -Teilchen etwa 100.000 Ionen bilden, demnach entstehen in der Luft, welche mit 1 Liter Wasser der Franzensquelle geschüttelt worden ist und so dessen Emanation aufgenommen hat,

$$0,28 \times 10^4 \times 10^5 = 0,28 \text{ Milliarden Ionen!}^*)$$

Annähernd kann die Zahl der Elektronen gefunden werden aus der Ladung eines Elektrons, welche 10^{-20} Ampère beträgt.

$$\begin{array}{rcl} 27 \text{ Mache-Einheiten entsprechen} & 27 \times 0,33 \times 10^{-12} \text{ Ampère,} \\ \text{mithin} & . & . \quad 27 \times 0,33 \times 10^{-12} \text{ Elektronen.} \end{array}$$

$$\hline 10^{-20}$$

Daher ist die Zahl der Elektronen, welche bei der Ionisierung durch die in einem Liter Wasser enthaltene Emanation gebildet werden, annähernd $0,89 \times 10^9 = 0,89$ Milliarden!

Neben den α -Strahlen haben noch die negativ geladenen β -Strahlen ein Interesse für uns. Sie sind den bekannten Kathodenstrahlen vergleichbar und zeichnen sich durch ihre hohe Geschwindigkeit, 250.000 km in der Sekunde, die der Lichtgeschwindigkeit nahezu gleichkommt, sowie ihr Vermögen aus, Körper in weit dickeren Schichten zu durchdringen, als es die α -Strahlen imstande sind. Die β -Strahlen sind negative Elektronenschwärme, ihre Ionisationskraft ist nur $\frac{1}{100}$ der α -Strahlen. Sie kommen deswegen viel weniger zur Wirkung.

Noch viel geringeres Ionisierungsvermögen zeigen endlich die γ -Strahlen, welche, den Röntgenstrahlen vergleichbar, ein hohes Durchdringungsvermögen besitzen. Sie fehlen, ebenso wie die β -Strahlen, in den Strahlungen der Emanation, treten aber in deren Umwandlungsprodukten, der sog. „induzierten Aktivität“, wieder auf.

Letztere setzt sich wie ein feiner metallischer Hauch an den Wänden der Gefäße fest, in welchen Emanation aufbewahrt wird. Sie ist demnach auch im menschlichen Körper beim Einatmen von emanationshaltiger Luft zu finden.

2. Das Quellgebiet und die Quellen.

Die in Frage stehenden Quellen sind: Ludwigs-, Wilhelms-, Franzens-, Vereins- und Schiller-Quelle, zu welchen noch die

*) 1 Liter Luft enthält dagegen unter normalen Verhältnissen $0,5 \times 10^5$ Ionen, ist also 5000 mal schwächer aktiv — ein Umstand, der die Wirkung der emanationshaltigen Luft auf den Organismus begreiflich erscheinen läßt.

Rudolfsquelle und eine nicht gefaßte, am oberen Karolinentweg entspringende Quelle, die ich im folgenden einfach „Karolinenquelle“ nennen will, kommen mögen.

Das Ursprungsgestein ist der Hauptsache nach ein grobkörniger, leicht verwitternder Granitit. Dringt Regenwasser in die Gesteinspalten, so wird zunächst der leichter zersetzliche Plagioklas verwittern; der hierbei entstehende Sand wird weggeschwemmt und die Erosion greift tiefer. Sie führt schließlich dazu, daß einzelne von einander getrennte Felsstücke übrig bleiben, welche uns durch ihre bizarren Formen in vielen Teilen des Isergebirges auffallen.

Der durch Verwitterung entstandene Grus läßt deutlich weißliche, runde Quarzförner neben roten Orthoklasstückchen und den dunklen, glänzenden Glimmerschuppen erkennen. Regen- und Schneewasser schwenken den Sand mit sich und lagern ihn auf Flächen geringerer Neigung in Schichten ab, welche im Durchschnitt 3–4 Meter mächtig werden, an manchen Stellen aber auch 12–15 Meter erreichen.

Das Grundwasser sammelt sich in diesen Alluvial-Ablagerungen an und wird daher stets in verhältnismäßig geringer Tiefe gefunden werden. Längs der undurchlässigen, geneigten Felsoberfläche, die sich darunter befindet, fließt das Wasser nach Westen ab, bis an Stellen, wo die wasserführenden Schichten durch Erosion oder künstlich angechnitten wurden, die Quelle zutage tritt.

Die Quellen sind zumeist als „Schuttquellen“ zu bezeichnen, während die Franzensquelle zum Teile eine „Kluftquelle“ zu sein scheint.

Es ist eine schwierige und undankbare Aufgabe, dem Ursprung einer Quelle nachzugehen. Zumeist kann dies nur auf indirektem Wege geschehen und häufig werden die Verhältnisse, die obertags herrschen, keinen Rückschluß auf die Beschaffenheit des Bodens in der Tiefe gestatten. Immerhin gibt uns aber die physikalische und chemische Untersuchung wichtige Anhaltspunkte, die fragliche Aufgabe wenigstens teilweise zu lösen.

Wir betrachten demgemäß zunächst:

Das Verhältnis der Ergiebigkeit der Quellen zu der Niederschlagsmenge des Quellgebietes, wie es in Tabelle I dargestellt ist.

Zu ihrer Erklärung diene Folgendes: Die Niederschlagsgebiete wurden nur oberflächlich gemessen, die gefundenen Mittelwerte ergeben sich aus 30–50 Messungen, welche innerhalb von 1½ Jahren ausgeführt worden sind. Die gerechneten Mittelwerte für die Ergiebigkeit wurden auf die folgende Weise ermittelt:

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge ist für Reichenberg etwa 830 mm. Auf ein Hektar würden daher 8300 m³ fallen. Dies entspricht einer per Sekunde abfließenden Wassermenge = 0,26 Liter.

Berücksichtigt man nun, daß, nach vielen Beobachtungen erfahrener Hydrologen, etwa nur ¼ hievon in den Boden eindringt, so könnte

jedes Hektar Boden eine Quelle nähren, welche 0,06 Sekundenliter liefern würde.

Daraus ergeben sich also in einfacher Weise die gerechneten Mittelwerte. Diese stimmen bei der Wilhelms- und Franzensquelle am schlechtesten mit den tatsächlich gefundenen überein. Die Ursache mag in folgendem liegen:

Die Franzensquelle zeigt im Verhältnis zu ihrem Niederschlagsgebiet eine zu hohe mittlere Ergiebigkeit, was sich vielleicht dadurch erklären läßt, daß sie einen Teil ihrer Zuflüsse aus dem Quellgebiet der Wilhelmsquelle erhält, welche eine weit höhere Ergiebigkeit nach ihrem Niederschlagsgebiet erwarten läßt, als gefunden wurde. Diese Vermutung wird erhärtet durch die merkwürdige Erscheinung einer „intermittierenden Quelle“, welche die Franzensquelle aufweist.

Während sie im allgemeinen einen recht bescheidenen Wasserfaden liefert, füllt sich nach bestimmten Zeitintervallen ihr Ausflußrohr ganz mit Wasser; es hat dann den Anschein, als würde das Eisenrohr nicht mehr genügen, um alles Wasser zu fassen. Nach etwa 45—48 Sekunden

Tabelle I.

Quelle	Nieder- schlags- gebiet in ha	Ergiebigkeit in Liter per Sekunde				Schwan- kungen in % vom Mittel
		Maxim.	Minim.	im Mittel		
				gesund.	gerechn.	
Ludwigs= . .	6,5	0,60	0,06	0,33	0,39	19—190
Wilhelms= . .	1,5	0,06	0,03	0,04	0,09	75—150
Franzens= ft. .	} 0,8	0,42	0,31	0,35	0,05	85—115
" schw.		0,11	0,06	0,10	0,05	50—120
Bereins= . . .	2,4	0,25	0,13	0,16	0,14	80—159
Schiller= . . .	4,5	0,25	0,10	0,20	0,27	50—125
Karolinen= . .	—	0,50	0,12	0,25	—	48—200
Rudolfs= . .	—	0,30	0	0,05	—	0—600

hört das starke Ausfließen plötzlich auf, Luft wird herausgesprudelt und der dünne Strahl tritt wieder auf, um nach 85—155 Sekunden dem starken Wasserstrahl Platz zu machen. Es kehren also alle jene Erscheinungen wieder, die man am Heber zu beobachten Gelegenheit hat.

Die Quelle wird demnach aus mindestens 2 Zuflüssen gespeist. Der eine ist eine beständig fließende, schwache Wasserader („schw.“ in der Tabelle!), der zweite muß auf seinem Wege zunächst einen Hohlraum füllen und entleert sich periodisch durch einen heberartig gekrümmten Abflußkanal in die erste Wasserader (ft. in der Tabelle!)

Die Änderung in der Ergiebigkeit der Quelle kann sich demnach nur in zwei Momenten äußern:

1. in der langen Dauer der schwachen Ausflußperiode, weil bei Wassernot der Hohlraum langsamer gefüllt wird;

2. in der geringen Ausflußmenge des schwachen Strahles unter den gleichen Umständen.

Die Dauer der starken Ausflußperiode kann dadurch, da sie bloß von der Größe des Hohlraumes abhängt, nur weniger beeinflusst werden.

Den stärksten Schwankungen vom Mittelwerte sind die Ludwigs-, Rudolfs- und Karolinenquelle unterworfen. Sie geben, ebenso wie die Quellen der Kasernenwasserleitung einen deutlichen Beweis dafür, wie Recht Diplom-Ingenieur U. Huber hatte, als er das Tsergebirge als ungeeignet für die Wasserversorgung Reichenbergs erklärte.

Während die anderen Quellen durch Witterungseinflüsse erst nach 12–20 Tagen berührt wurden, zeigen die 3 obigen schon nach 1–2 Tagen starke Schwankungen, was auf eine geringere Tiefe und den Einfluß des Oberflächenwassers zurückzuführen ist.

So wurde nach längerer Trockenheit die Rudolfsquelle des öfteren leer gefunden, während sie nach starkem Tau- oder Regentwetter bis zu $\frac{1}{3}$ Sekundenliter ergab!

Endlich soll nicht unerwähnt bleiben, daß die meisten dieser Quellenfassungen nicht für größere Ergiebigkeit berechnet sind, so daß zu Zeiten von Wasserreichtum oft neben der gefaßten Quelle andere, sog. „Überlaufsquellen“, eine Zeit hindurch hervorsprudeln. So wurde z. B. am 18. September eine Quelle mit einer Ergiebigkeit von $\frac{1}{2}$ Sekundenliter und einer Temperatur von $7,9^{\circ}$ C etwas oberhalb der Schillerquelle auf der Bergseite des Waldfriedenweges beobachtet, deren Radioaktivität von 21,6 Mache-Einheiten im Vergleich mit der der Schillerquelle (23,5 Mache-Einheiten) auf Wasser der gleichen Herkunft schließen ließ.

Am 17. Oktober war diese Quelle wieder versiegt!

Wichtige Aufschlüsse werden uns aber auch die Temperaturbeobachtungen an den Quellen ergeben. (Siehe Tabelle II!)

Tabelle II.

Quelle	Temperatur in $^{\circ}$ C			Totale Schwankungen in $^{\circ}$ C
	Maxim.	Minim.	Mittel	
Ludwigs- . . .	12,5	4,5	7,3	8
Wilhelms- . .	10,1	5	7,5	5,1
Franzens- . .	10	5,5	7,2	4,5
Vereins- . . .	10,5	6,1	7,5	4,4
Schiller- . . .	12	6,3	7,5	5,7
Karolinen- . .	10,5	4,6	7,1	5,9
Rudolfs- . . .	12,5	5,4	7,2	7,1

Die mittlere Jahrestemperatur wird erst in einer Tiefe von 20–25 m unter dem Erdboden erreicht, und beträgt für Reichenberg etwa $7,1^{\circ}$ C. Keine der untersuchten Quellen zeigt konstante Temperatur, wohl aber finden wir wieder bei den drei obgenannten Quellen:

Ludwigs-, Karolinen- und Rudolfsquelle die größten Schwankungen, eine weitere Bestätigung dafür, daß sie durch Oberflächenwasser stärker beeinflusst werden. Während alle anderen Quellen, ebenso wie die Karolinenquelle, den oberirdischen Temperaturschwankungen nur sehr langsam nachkommen, — so wurde die höchste Temperatur Mitte Oktober, die tiefste Ende April erreicht —, folgen die Rudolfs- und die Ludwigsquelle äußerst rasch diesen Einflüssen. Für die Vereins- und Franzensquelle dürfte eine Tiefe von 10—12 m angenommen werden, für die übrigen zwischen 5 und 7 m. Natürlich kommen hier auch noch andere Momente, so die Bewaldung und die geographische Lage inbetracht, auf welche aber hier nicht eingegangen werden kann.

Für die Beurteilung eines Wassers muß aber ausschlaggebend die chemisch-bakteriologische Analyse sein. Ich habe mich hier nur auf einige Daten beschränkt. (Siehe Tabelle III!)

Tabelle III.

Quelle	Härte in dtſch. Härt.=Gr.	Chlor in mgr pro Liter	Permangan- verbrauch in mg/Liter	Ammoniak mg/Liter
Reichenberger Leitungswasser	3,72	2,80	1,36	—
Ludwigs= . .	5,60	15,90	10,02	0,05
Wilhelms= . .	2,20	6,10	2,10	—
Franzens= st. .	1,85	7,80	1,64	—
" ſchw.	1,90	9,56	3,00	—
Vereins= . . .	2,10	5,70	2,84	Spuren
Schiller= . . .	1,56	8,90	3,40	—
Rudolfs= . .	1,70	6,40	1,60	—

Am schlechtesten kommt die Ludwigsquelle weg, deren Wasser alluvialen und künstlichen Schuttablagerungen entstammend, zum Teil aus bewohnten Gegenden kommt.

Darauf deuten die hohe Härte, der Chlorgehalt und der große Verbrauch an Kaliumpermanganat zur Oxydation der organischen Substanzen, vor allem aber die Anwesenheit von Ammoniak. Dieses Wasser ist also entschieden zu beanstanden. Zum Vergleiche wurde das vorzügliche Reichenberger Leitungswasser herangezogen, welches alle anderen an Güte übertrifft.

Der Eindampfungsrückstand von 1 Liter Franzensquelle betrug 0,0924 Gramm. Seine genauere Unterstützung ist derzeit noch im Gange.

3. Die Radioaktivität der Quellen.

Zur Bestimmung derselben wurde die Leitfähigkeit der Luft gemessen, in welche die Emanation aus 1 Liter Wasser diffundiert war.

Tabelle IV bringt die Ergebnisse. Hierbei darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Messungen Fehler zwischen 6 und 10% aufweisen können. Die Werte 38,8 Mache-Einheiten für die Franzensquelle und 13,42 für die Schillerquelle konnten seit der im Anfang 1910 erschienenen Veröffentlichung nie mehr beobachtet werden, sie dürften daher unrichtig bestimmt worden sein.

Tabelle IV.

Quelle	Mache-Einheit per Liter			Schwankungen in % vom Mittel
	Maxim.	Mittel	Minim.	
Ludwigs= . .	7,93	3,02	4,50	67—176
Wilhelms= . .	4,50	4,20	4,30	97—105
Franzens= st. .	29,20	27,90	28,10	99—103
„ schw. . .	27,80	26,60	26,80	99—104
Bereins= . . .	22,40	19,20	21,40	89—105
Schiller= . . .	23,50	21,80	22,10	99—106
Karolinen= . .	25,96	18,00	23,05	78—112
Rudolfs= . . .	21,00	17,90	18,50	96—113

Vergleicht man die außerordentlich hohen Schwankungen in den Temperatur- und Ergiebigkeitsverhältnissen mit den weitaus geringeren Änderungen der Aktivität, so folgt daraus, daß dieselbe bei solchen Quellen, welche nicht allzusehr vom Oberflächenwasser beeinflusst werden, eine sehr konstante Eigenschaft ist. Sie kann demnach sehr wohl zur Charakterisierung, ja geradezu zum Identitätsnachweis benützt werden.

In allen Quellen wurde ausnahmslos Radium-Emanation nachgewiesen; dies geht aus der Bestimmung der Halbzeitkonstanten (Siehe Seite 13) sowie aus der Abklingung der induzierten Aktivität (Siehe Seite 15) hervor. Letztere besteht aus den Elementen Radium A, Radium B, Radium C₁ und Radium C₂, deren Gesamtaktivität in etwa 15 Minuten um 10%, und nach 45 Minuten auf die Hälfte des Anfangswertes sinkt.

Wie in den meisten Fällen fehlen Radiumsalze selbst in den Wässern. Wären solche vorhanden, so müßte ein durch Auskochen von der Emanation befreites Wasser nach längerem Stehen in verschlossenen, vollständig angefüllten Flaschen seine Aktivität wiedergewinnen, da sich inzwischen neuerdings Emanation gebildet haben müßte. Diese Erscheinung kommt jedoch nicht mit Sicherheit konstatiert werden.

Selbst die stark aktiven Joachimstaler Wässer mit einer Durchschnitts-Aktivität von 600 Mache-Einheiten enthalten keine Radiumsalze*), sondern nur Emanation. Der Sprudel zu Karlsbad, die Quellen in Aachen und Burtisheid gehören zu den seltenen Fällen,

*) Hiemit sei eine gegenteilige Bemerkung, die ich in dem „Korrespondenzblatt des Vereines deutscher Ärzte in Reichenberg“ gemacht habe, berichtigt.

wo Radium selbst im Wasser nachgewiesen werden konnte. Außerdem sind Quellsedimente manchmal aktiv, so z. B. die von Kreuznach, im weit geringerem Maße auch die von Töplitz.

4. Ursprung der Aktivität.

Trotz der vielen Arbeiten, welche den Zusammenhang zwischen der Aktivität einer Quelle und den physik.-chemischen Verhältnissen ihres Ursprungsgebietes behandeln, können allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten noch nicht aufgestellt werden.

Die Emanation kann auf dreierlei Weise in das Quellwasser gelangen:

- a) Mit dem Regenwasser aus der Luft,
- b) aus der Erdtiefe,
- c) aus dem Gesteine, welches die Wasseradern zu durchströmen haben.

ad a) Tatsächlich ist die Luft selbst, besonders in der Nähe der Erdoberfläche, zu geringem Grade leitend, also ionisiert; 1 m³ Luft entspricht etwa 80 Billionstel Gramm Radium.

Die vorhandenen Ionen werden von den Niederschlägen anfangs mitgerissen und erweist sich daher auch der erste Teil des Regenwassers etwas aktiv, während das später niederfallende Wasser nahezu inaktiv ist.

Tau oder Schnee, der längere Zeit auf dem Boden lagert, ist etwa 2 - 5 mal aktiver als Regenwasser; dies kann nur durch Aufnahme von Emanation aus dem Erdboden selbst erklärt werden. 1 Gramm Erdoberfläche hat durchschnittlich 5 Billionstel Gramm Radium — etwa 400 mal aktiver als Luft — es müßte demnach jedes Wasser radioaktiv sein, was den Tatsachen widerspricht.

ad b) Juvenile Thermalquellen, deren Wasser nichts anderes ist als Kondenswasser von Vulkangasen, entstammen großen Tiefen und verdanken diesen ihre hohe Temperatur. Ihren Gehalt an Emanation müssen sie aber nicht notwendigerweise in der Tiefe erhalten haben, sonst müßten alle starken Thermen hohe Aktivitäten aufweisen. Auch das ist nicht beobachtet worden. Wenn viele Thermen, wie etwa die zu Gastein, Karlsbad, Töplitz-Schönau, Wiesbaden z. T. hohe Aktivitäten aufweisen, so kann der Grund dafür in dem langen Weg zu suchen sein, den das Wasser durch das Gestein bis an die Oberfläche zurückzulegen hat, auf welchem sich die Gelegenheit bot, Emanation aufzunehmen.

Das Gleiche gilt für vadoze Thermen, d. h. solche Wässer, welche durch Erdspalten in die Tiefe stürzen, um dort erwärmt zu werden und auf anderen Wegen wieder emporzusteigen.

Je mehr ein Wasser bereits an Gasen und festen Stoffen gelöst enthält, umso geringer wird sein Lösungsbestreben für andere Stoffe sein. Deshalb sind in einer und derselben Thermengruppe die gehaltreichsten Quellen gewöhnlich am schwächsten aktiv. Starke Sauerlinge müssen ebenfalls geringe Aktivitäten aufweisen, wie dies z. B. für den Karlsbader-Sprudel einerseits, andererseits für Liebwoda gilt.

Da bekanntermaßen Gas, welches im Wasser gelöst war, bei Verminderung des Druckes (z. B. Sodawasserflasche!) oder Erhöhung der Temperatur zum Teil aus diesem entweicht, werden die Quellen bei höherem Barometerstand, bezw. bei niedrigerer Temperatur aktiver sein. So mögen sich kleinere Schwankungen in der Aktivität aus meteorologischen Gründen erklären.

ad c) Bei der Besprechung der vorangegangenen Punkte werden wir auf die letzte Ursache hingedrängt: Den Ursprung der Aktivität einer Quelle in dem von ihr durchströmten Gesteine zu suchen.

Die Gesteine, welche Anteil an der Bildung der Erdrinde haben, sind in ihrer Aktivität sehr verschieden.

Die jüngeren Eruptivgesteine wie Trachyt und Basalt sind am aktivsten; als Träger der Aktivität kommen titan- und zirkonhaltige Mineralien inbetracht, wie Biotit und Apatit.

Die zweitstärkste bekannte Quelle, die altrömische Quelle auf Ischia (372 Mache-Einheiten), entströmt dem Trachyttuff, die Kurzquelle in Wiesbaden (96 Mache) dem Basalt.

Von älteren Eruptivgesteinen ist Granit mit seinen Abarten, wozu auch der Granitit gehört, und Porphyr zu nennen; sie führen häufig dunkle, uran- oder thoriumhaltige Glimmer, woraus sich ihre Aktivität erklärt. Die Büttquelle in Baden-Baden (125 Mache), die berühmte Kapuzinerquelle in Plombières (94 Mache), der Mühlbrunnen in Karlsbad (31,5 Mache) — sie alle entspringen in tiefen Klüften des Granits, häufig an der Berührungsstelle mit Schiefergesteinen. Ihre Aktivität wäre gewiß höher, wenn sie nicht gleichzeitig Thermen wären. Kalte Granitquellen können erhebliche Aktivitäten erreichen, z. B. die von Schloß Tannbach in Oberösterreich mit 52 Mache!

An dritter Stelle folgen die kristallinen Schiefergesteine wie Gneis und Phyllit. So ist für die aus dem Gneis kommende Gasteiner Grabenbäckerquelle 155 Mache gefunden worden.

Am schwächsten aktiv sind die organogenen Gebilde, wie z. B. Kalk. Wenn trotzdem die Aktivität der dem Kalk entspringende Mauntherme in Aix les Bains von Curie und Laborde mit 56 Mache-Einheiten gefunden wurde, so mag die Ursache in dem Umstande zu suchen sein, daß wir sehr häufig wohl das Gestein am Quellenmund kennen, nicht aber die darunter liegenden Schichten. Es bleiben demnach nur Vermutungen, allerdings von hoher Wahrscheinlichkeit, wenn wir die Radioaktivität der hier besprochenen Quellen auf das Gestein des Quellgebietes zurückführen.

Mehrere Gesteinsproben aus dem Gebiete der Franzens- und Vereinsquelle wurden auf ihre Aktivität untersucht.

Als Aktivitäten ergaben sich bei diesen

$0,94 \times 10^{-11}$ Gramm bis $2,2 \times 10^{-12}$ Gramm Radium
für 1 Gramm Gestein.

Wir sind nun schon gewohnt, mit so kleinen Größen zu rechnen, wobei ich noch bemerken will, daß die erhaltenen Werte verhältnismäßig hohe sind, stellt sich doch die Aktivität der Granite im Durchschnitt auf 4×10^{-12} Gramm Radium für 1 Gramm Gestein!

Zahlen an und für sich sind tot, sie werden erst durch Vergleich mit den Zahlengrößen vertrauter Objekte lebend. Daß die Radioaktivität des Granitits keine kleine ist, geht aus der Rechnung hervor, wieviel Jahre die Franzensquelle ihre Aktivität beibehalten würde, wenn nur der Radiumgehalt des Quellgebietes in Frage kommt:

Quellgebiet 8000 m²

Tiefe derselben etwa 10 m,

entspricht also einer Gesteinsmenge von 80.000 m³.

Ein m³ Granitit enthält bei Annahme eines spez. Gewichtes von 2,6 Tonne pro m³ $3,9 \times 10^{-5}$ Gramm Radium. Die Radiummenge des fraglichen Quellgebietes ist daraus $= 80000 \times 3,9 \times 10^{-5} = 3,1$ Gramm Radium!

Nun liefert die Franzensquelle eine Emanationsmenge, welche (Siehe Seite 14!) 77×10^{-12} Gramm pro Jahr entspricht. Unter der Annahme, daß sich die bei der Selbstzersehung des Radiums verloren gehende Menge aus entsprechend großen Uranmengen wieder nachbilden kann, würde die Aktivität etwa 40 Milliarden Jahre ungeändert bleiben!

Das Mutterelement Uran zerfällt sich ungemein langsam über verschiedene Zwischenprodukte in Radium. Seine Halbzeitkonstante geht in die Milliarden Jahre. Bei Berücksichtigung dieses Umstandes sowie fernerhin des Mengenverhältnisses zwischen Uran und Radium: — (1 g Uran entspricht einer gleichzeitig vorhandenen Radiummenge von nur 0,38 Millionstel Gramm, demnach 3,1 Gramm Radium 0,8 Tonnen Uran!) — ist weit über menschliche Zeitrechnung hinaus für die Radioaktivität unserer Quellen gesorgt.

Trotzdem aber sind die bei einer Analyse zu verarbeitenden Gesteinsmengen nicht groß genug, Uran tatsächlich in diesen nachzuweisen. Einfacher wird es sein, das von radioaktiven Gesteinen stets offludierte Helium (Siehe Seite 13!), etwa spektralanalytisch zu finden und soll dies späteren Arbeiten vorbehalten sein!

5. Verwertung der Aktivität.

Um aus den Gesteinen Radium zu gewinnen, müßten für 1 Gramm Radium 26.000 m³ Material verarbeitet werden. Berücksichtigen wir die Spreng- und Erdarbeiten, die Fortschaffungskosten, die Amortisation einer Anlage, welche eine so ungeheure Materialmenge zu verarbeiten hätte, die hierfür notwendigen chemischen Reagentien etc., so würde eine solche Anlage Radiumpräparate etwa 130 mal teurer liefern müssen, als es die in Joachimstal tun kann, bei der aus 500 Tonnen Uranerz 1 Gramm Radium gewonnen wird.

Handelt es sich aber um die Ausnützung der Wässer, so hat der Arzt als Erster das Wort; denn nur von dieser Seite kann auf Grund systematischer Untersuchungen die Emanation als Heilfaktor erkannt werden. Von vielen Seiten wird über Erfolge in dieser Richtung berichtet; die Akten darüber sind jedoch noch lange nicht geschlossen und es muß vor allzugroßem Optimismus gewarnt werden!

Sollte aber wirklich der leidenden Menschheit durch die Emanation geholfen werden können, dann ist wohl nicht daran zu zweifeln, daß Opferwille und Unternehmungsggeist genug vorhanden sein wird, um auch in unserer Stadt die Quellen segenbringend zu verwerten.

Bei richtiger Fassung der Franzens-, Vereins- und Schillerquelle und gemeinsamer Leitung in einen heizbaren Inhalationsraum („Emanatorium“) stehen uns durchschnittlich 23 Mache-Einheiten und 0,5 Sekundenliter zur Verfügung — gewiß keine zu unterschätzende Menge!

Die arme, vergessene, einst so blühende Bergstadt St. Joachimstal verdankt dem Radium sein Aufblühen in neuester Zeit. Wo einst wacklige Badehäuser standen und verbogene Holzwannen von Haus zu Haus getragen wurden, erstehen Fabriken und Hotels, eine neue Industrie ist im Werden und eine Legion von Forschern ist bemüht, in das Dunkel dieses Teiles der Wissenschaft Licht zu bringen. Möge auch dieser kleine Beitrag zum Nutzen und Frommen jener Geduldigen geschrieben sein, welche die Mühe nicht scheuten, ihn bis zum Schlusse durchzulesen, — dann ist der Zweck erreicht!

Reichenberg, 1. Dezember 1910.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem Vereine der Naturfreunde in Reichenberg](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [40_1911](#)

Autor(en)/Author(s): Artmann Paul

Artikel/Article: [Die Radioaktivität der Quellen am Westrande des Volksgartens in Reichenberg 12-24](#)