

Über die Radioaktivität der Quellen der böhmischen Bädergruppe: Karlsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau-Dux, Franzensbad sowie von St. Joachimsthal

von

Dr. **Heinrich Mache** und Dr. **Stefan Meyer**.

Aus dem II. Physikalischen Institut und dem Institut für theoretische Physik an der k. k. Universität in Wien.

(Mit 2 Tafeln und 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Februar 1905.)

Die vorliegende Untersuchung hatte einerseits den Zweck, eine quantitativ vergleichbare Zusammenstellung des Emanationsgehaltes der Quellen in den wichtigsten böhmischen Bädern zu geben, andererseits festzustellen, ob die dort beobachtete radioaktive Emanation lediglich dem Radium oder anderen radioaktiven Körpern ihren Ursprung verdankt. Naturgemäß schloß sich daran auch die Untersuchung der Quellsedimente, durch welche der Frage näher getreten werden sollte, ob neben der Emanation auch radioaktive Substanz im Quellwasser gelöst ist.

Die Methode der Untersuchung war wesentlich dieselbe, nach welcher der eine ¹ von uns bereits die Radioaktivität der Thermen von Gastein gemessen hatte. Außer dem dort bereits ausführlich beschriebenen Apparat kamen noch solche einer zweiten Type zur Verwendung, bei der statt der Bodenplatte zwei ineinander gestellte, konzentrische, eiserne Schalen S_1 und

¹ H. Mache. Diese Sitzungsber., Bd. CXIII, IIa. Abt., p. 1329 (1904).

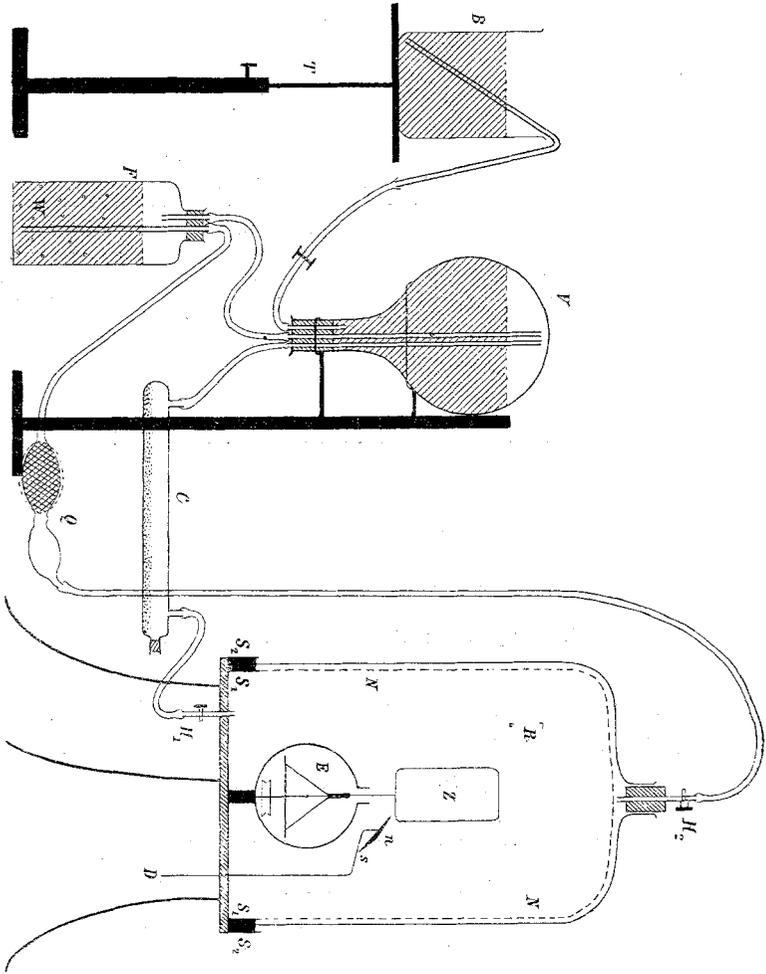


Fig. 1.

S_1 und S_2 konzentrische eiserne Schalen; R durch die Hähne H_1 und H_2 absperrbarer Meßraum; N zur Erde abgeleitetes Messingdrahtnetz; E Elster-Gettel'sches Elektroskop mit Spiegelablesung und Lupe; Z Zerstreungskörper; D isoliert eingeführter Zuleitungsdraht als Träger der Magnetspindel m , die durch einen von außen genähten Magnetstab zum Kontakt mit Z gebracht werden kann; Q Quetschballen mit Ventill.

S_2 benutzt wurden (vergl. Fig. 1). Der ringförmige Zwischenraum zwischen beiden wurde mit hartem Kolophoniumwachs-kitt einige Millimeter hoch ausgegossen und darüber etwa 2 *cm* hoch Quecksilber aufgeschüttet.

Gegen diese, für die Manipulation des Abhebens und Aufsetzens sehr bequeme Art des luftdichten Abschlusses könnte der Einwand gemacht werden, daß Quecksilber selbst im stande sei, einen Teil der Emanation zu absorbieren und der Messung zu entziehen. Um diesen Einwand zu entkräften, wurden drei mit je 100 *cm*³ Quecksilber, Wasser und Petroleum gefüllte, gleich große Schalen von 10 *cm* Durchmesser in ein größeres, hermetisch geschlossenes Glasgefäß gestellt, das außerdem noch ein stärkeres Radiumcarbonatpräparat enthielt und darin durch 36 Stunden belassen. Als dann die drei Flüssigkeiten auf ihren Emanationsgehalt untersucht wurden, zeigte es sich, daß Wasser und in noch bedeutend höherem Maße Petroleum große Mengen von Radiumemanation absorbiert hatten, das Quecksilber hingegen keinen nachweisbaren Betrag (jedenfalls bedeutend kleiner als $\frac{1}{1000}$ des Gehaltes im Wasser) enthielt. Auch die Tatsache, daß die Abklingungskonstante ein und derselben Emanation, in beiden Apparatypen gemessen, auf Werte führt, die innerhalb der Versuchsfehler übereinstimmen, spricht für das Unbedenkliche eines Quecksilberabschlusses.

Zur Erläuterung der Methode selbst diene noch die folgende Bemerkung.

Es sei der geringe im Kubikzentimeter Luft des Arbeitsraumes enthaltene Emanationsbetrag e . Ist R das Volumen des Meßraumes, dann ist Re der im Apparat als natürliche Zerstreuung gemessene Wert. Ist weiters V das ganze für den Versuch abgegrenzte Luftquantum, v das Wasserquantum und E der zu suchende Emanationsgehalt im Kubikzentimeter Wasser, so beträgt die ganze in der Versuchsanordnung vorhandene Emanationsmenge $Ve + vE$. Hat man nach dem Durchquirlen der Luft den Gleichgewichtszustand erreicht und bezeichnet man mit e' die jetzt im Kubikzentimeter Luft enthaltene Emanationsmenge, so gilt auch

$$Ve + vE = Ve' + ve'\alpha$$

worin α den Absorptionskoeffizienten des Wassers für Emanation bedeutet, d. h. angibt, wie viel von der in der Luft enthaltenen Emanationsmenge nach erreichtem Gleichgewicht noch im gleichen Volumen Wasser zurückbleibt. Nach v. Traubenberg¹ ist dieser Wert bei Zimmertemperatur etwa gleich $\frac{1}{3}$.

Hieraus folgt:

$$E = \frac{V(e' - e) + \frac{1}{3} v e'}{v}.$$

Gemessen wird Re' . Da R , V und v sowie e bekannt sind, kann man die gesuchte Größe E bestimmen. Die an Re' wegen der Aktivierung durch Induktion noch anzubringende Korrektur wird weiter unten erwähnt werden.

Da die meisten der untersuchten Wässer einen beträchtlichen Gehalt an teils absorbiertem, teils freiem Gas aufwiesen und dieses beim Durchperlen des Wassers durch den Blasenstrom gleichfalls extrahierte Gas im geschlossenen Luftkreis eine beträchtliche Drucksteigerung hervorruft, welcher die Dichtung der Apparate nicht standzuhalten vermag, wurde folgende Anordnung getroffen. Eine etwa 3 l fassende Flasche V , mit emanationsfreiem Wasser gefüllt, war in der aus der Fig. 1 ersichtlichen Weise zwischen der das zu untersuchende Wasser W enthaltenden Flasche F und der Chlorcalciumvorlage C eingeschaltet. Im selben Maß, als das Gas aus dem Wasser entbunden wird und der Druck im abgeschlossenen Raume steigen würde, strömt dann aus der Vorschaltflasche V Wasser durch die Hebevorrichtung in das Becherglas B , dessen Niveau durch Heben oder Senken am Stativtisch T stets so geregelt wird, daß keine Druckdifferenzen auftreten. Wir haben uns davon überzeugt, daß bei halbstündigem Strömen der emanationshaltigen Luft über die stagnierende Wasserfläche der Vorschaltflasche keine oder zumindest nur eine sehr geringe Absorption durch dieses Wasser stattfindet. Zugleich ermöglicht die so getroffene Anordnung eine annähernde

¹ v. Traubenberg, Phys. Zeitschr., Bd. V, p. 130 und 210 (1904).

Bestimmung der ausgetriebenen Gasmenge aus dem in das Becherglas gedrängten Wasserquantum.

Der Emanationsgehalt der untersuchten Wässer und Gase wurde in den folgenden Tabellen sowohl durch den Spannungsverlust (Volt in 15 Minuten) als auch durch die Stromintensität in elektrostatischen Einheiten ($i \cdot 10^3$) wiedergegeben. Alle Angaben beziehen sich auf den Gehalt in einem Liter Wasser beziehungsweise Gas und sind vermittels der Konstanten der Emanationsabklingung auf die Zeit der Entnahme reduziert.

Korrigiert ist an diesen Werten bereits die Aktivierung des Apparates durch Induktion. Da nämlich die Operation des Durchquirlens der Luft durch das zu untersuchende Wasser erst in einer halben Stunde als beendet gelten darf, so hat unterdessen die im Raume (R) vorhandene emanationshaltige Luft auf die Wände des Gefäßes induzierend eingewirkt und es ist somit die gemessene Leitfähigkeit der Luft im Apparat um diesen auf die Induktion entfallenden Teilbetrag zu groß.

Die dadurch bedingte Korrektur wurde in der Weise ermittelt, daß nach erfolgter Messung der Glassturz des Apparates abgehoben, durch kräftiges Ausblasen gelüftet und hierauf, nachdem der Sturz wieder aufgesetzt war, durch einige Zeit der Verlauf des Abklingens der induzierten Aktivität bestimmt wurde. Der aus diesem Verlauf für die Zeit des Abhebens extrapolierte Wert wurde dann abgezogen. Erst die so erhaltene Zahl ist ein Maß für die zu bestimmende Größe Re' .

Um das Ansetzen der induzierten Aktivitäten stets in gleicher Weise zu erzielen, wurde der Zerstreungskörper immer nur positiv geladen.

Eine weitere Korrektur bedingt der Umstand, daß nicht die gesamte im ganzen Kreise verteilte Emanation zur Messung kommt, da sich der Sättigungsstrom¹ nur auf den Meßraum R bezieht, wogegen die in der Chlorcalciumvorlage, den Schlauchverbindungen, eventuell in der Vorschaltflasche, end-

¹ Es ist wohl anzunehmen, daß bei der in der Fig. 1 skizzierten Anordnung unterhalb des Elektroskopes ein kleiner Bruchteil des Volumens nicht Sättigungsstrom aufweist. Doch ist der hiedurch bedingte Fehler sicher sehr klein.

lich auch im Luftraum und im Wasser der Versuchsflasche nach Erreichung des Gleichgewichtszustandes zurückbleibende Emanation sich der Beobachtung entzieht. Diese Korrektur wurde unter Voraussetzung gleichmäßiger Verteilung und des für Zimmertemperatur anderweitig bereits bestimmten Absorptionskoeffizienten des Wassers für Quellwasseremanation¹ aus den Volumverhältnissen im Sinne der oben gegebenen Formel abgeleitet.

Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß mehrere Apparate zur Verwendung gelangten, die sich in ihren Dimensionen und Kapazitäten ein wenig voneinander unterschieden. Die mit einem Harms'schen Kondensator bestimmten Kapazitäten lagen zwischen 11·0 und 11·72 *cm*. Die in der Kolumne $\frac{\text{Volt}}{15 \text{ Minuten}}$ gemachten Angaben beziehen sich alle auf die letztere Kapazität (11·72) und sind mit den für Gastein² angegebenen analogen Daten direkt vergleichbar. Durch diese Zahlen hoffen wir ein bequemes, allerdings nur relatives Maß für praktische Bedürfnisse zu geben.

Bei den Zahlen der nächsten Kolumne (*i. 10³*), welche die absoluten Angaben enthalten, ist hingegen bereits die Kapazität berücksichtigt; sie sind also vollkommen unabhängig von der Art des benutzten Apparates.

Außer der ersten Mitteilung Curie's und Laborde's³ sind unseres Wissens bisher leider solche absolute Angaben bezüglich aller anderweitig untersuchten Quellen nicht gemacht worden und es sind daher die Resultate der verschiedenen Autoren weder untereinander noch mit den unserigen unmittelbar vergleichbar.

¹ v. Traubenberg, l. c.

² L. c., p. 1337. Vergl. auch Bericht über die Untersuchung der Vöslauer Thermen auf Radioaktivität. Vöslau, 1905.

³ P. Curie und A. Laborde, C. R., 138, p. 1150, 1904. Allerdings sind auch die Werte dieser Autoren mit den unserigen nicht direkt vergleichbar, da dieselben den auf Aktivierung durch Induktion entfallenden Teilbetrag bei ihren Angaben mit einbezogen haben.

I. Quantitative Ergebnisse in den einzelnen Badeorten.

A. Karlsbad.

Über die Radioaktivität der Karlsbader Thermen liegen bereits einige qualitative Angaben vor, und zwar von E. Dorn¹ und von A. Herrmann und F. Pesendorfer.² Schon vorher hatte J. Knett³ an Barytkristallen, welche er in den Quellspalten einiger Thermen auffand, starke radiographische Wirkungen sichergestellt.

Wir stellten uns zunächst die Aufgabe, sämtliche Karlsbader Thermen in Bezug auf ihren Emanationsgehalt zu vergleichen. Daran schloß sich dann die Untersuchung einiger kalter, im Thermalgebiet gelegener Quellen.

Durch das Entgegenkommen des Bürgermeisters Herrn Ludwig Schäffler war es uns möglich, die Messungen in der Zeit vom 2. Jänner bis 10. Jänner d. J. in Karlsbad selbst vorzunehmen, und zwar im kleinen Wartesaal des Sprudelbades, den uns der Stadtrat für diese Zwecke einräumte, wofür wir an dieser Stelle unseren aufrichtigen Dank sagen.

Das gewählte Beobachtungslokal hatte den Vorzug, in unmittelbarer Nähe der meisten Thermen zu liegen. Ein Nachteil hingegen bestand darin, daß unter diesem Raume in früheren Zeiten sich ein Quellausbruch des derzeit nicht mehr verwendeten Sprudelsäuerlings befand. Dies äußerte sich jetzt noch durch einen abnorm hohen Wert der Zerstreung im Beobachtungsraume, der besonders bei der Messung der schwachen Quellen störend wirkte. Selbst durch langes Lüften war der erhaltene Zerstreungswert noch etwa doppelt so groß als derjenige, den wir in Wien zu erhalten gewohnt waren. Dies ist auch der Grund, warum sich unter unseren Messungen eine Angabe über den sehr geringen Emanationsgehalt des Sprudelwassers nicht vorfindet.

Die wesentlichste Unterstützung verdanken wir den Bemühungen des Stadtgeologen Dr. J. Knett, welcher es uns

¹ E. Dorn, Abhandl. der Naturf. Ges. Halle, 25, p. 107, 1904.

² A. Herrmann und F. Pesendorfer, Phys. Zeitschr., VI, p. 70, 1905.

³ J. Knett, Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, CXIII, IIa, p. 753, 1904.

ermöglichte, die einzelnen Quellen an ihren Austrittsstellen selbst unter sachkundiger Führung aufzusuchen und zu entnehmen. Von ihm stammt auch die im folgenden gegebene kurze Beschreibung der Quellorte, welche es ermöglichen soll, jederzeit wieder an genau denselben Stellen Proben zu entnehmen, um eine eventuelle Veränderlichkeit der Quellen festzustellen.

Zur Untersuchung gelangten:

- a) Sprudel. Die Probenentnahme erfolgte beim Sprudeltrinkauslauf (Wasser vom Bohrloch Nr. VI) in der Nische der Springerhalle der Sprudelkolonnade; die Kappe wurde vom Auslaufständer abgeschraubt und eine Pipette eingeführt.
- b) Kaiser Karls-Quelle, am südwestlichen Ende der Marktbrunnenkolonnade nächst der Dreifaltigkeitssäule gelegen; zwei Fassungen vorhanden (gefaßt 1895 von Schärf). Man gelangt zu ihnen durch einen beim Brunnenauslauf der Karlsquelle in die Kolonnade mündenden und durch eine Türe verschlossenen Gang; die eine Quelfassung (I) liegt gegen die Marktseite, die andere (II) ist dem Schloßberg zugewendet.¹ Von dieser Fassung II, deren Steigrohr ganz im Zementverbau steckt und mit einer Blindflansche bedeckt ist, wurde die Wasserprobe mittels Pipette und angehängtem Schlauch entnommen.
- c) Marktbrunnen. Hauptquelle ist der ehemals »Beißer« genannte Thermalwasserausbruch,² welcher von Knett im Dezember 1903 gefaßt wurde. Die Fassung befindet sich hinter der momentan noch bestehenden Butika Nr. 1, gerade an der Krümmung des Marktes in die Mühlbadgasse. Zwischen dem Steigrohr der Fassung und der Quellerohrleitung ist ein würfelförmiger Zinnkasten (Fig. 2) eingeschaltet, dessen Öffnung *a* gewöhnlich verspundet ist, so daß dieser Stoßkasten nur zur Hälfte mit Thermalwasser gefüllt ist, worüber sich dann ein Kohlensäuregaspolster befindet. Bei der Probeentnahme wurde *a* geöffnet und

¹ Vergl. hiezu Festschrift zur 74. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, I, p. 89.

² Ebenda, p. 104.

während das Gas rasch entwich, füllte sich der Kasten und die bei *a* eingeführte Pipette mit Thermalwasser.

- d) Gasquelle, neben der Marktbrunn-Hauptquellfassung. Unmittelbar links neben der oben beschriebenen Fassung ragt aus dem Zementboden ein kurzes, hermetisch verschraubtes Zinnrohr heraus, mittels welchem eine Gasquelle während der oberwähnten Fassungsarbeiten verdichtet wurde. Von dem bei geöffneter Verschraubung unter starkem Druck entströmenden warmen Kohlensäuregas wurde eine Probe durch einfaches Darüberhalten der Flasche entnommen.

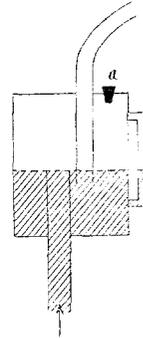


Fig. 2.

- e) Schloßbrunnen. Fassung 1902. Probenentnahme beim Auslaufständer; Kappe abgeschraubt. Quellspiegelhöhe 5.97 m unter dem Plateau der großen Nische des Quelltempels, respektive 7.42 m unter dem Fußboden der Schloßbrunnenkolonnade.
- f) Mühlbrunnen. Dieser setzt sich aus den vorderen und der hinteren Thermalquelle zusammen.¹ Sie wurden getrennt untersucht.

Vordere Quellen (gefaßt 1896/97 von Schärf und Knett). Probe beim Mühlbrunn-Auslaufständer (Kappe abgeschraubt) entnommen; die hintere Quelle war hierbei abgeschaltet.

Hintere Quelle, bloßgelegt und provisorisch gefaßt von Knett 1903/4, bei welchen Arbeiten zahlreiche radioaktive Baritkristalle gefunden wurden. Diese Quelle befindet sich hinter der Rundmauer des Mühlbrunnenanbaues der Kolonnade, direkt an dem steil abfallenden Fels. Probenentnahme aus dem zinnernen Quellfassungsrohr unmittelbar beim Ursprung.

- g) Neubrunnen;
h) Bernhardsbrunnen;

¹ Festschrift, p. 91.

- i)* Felsenquelle;
- k)* Franz Josephs-Quelle.

Knett's Fassungen aus den Jahren 1902, 1903, 1904 und 1898; Proben entnommen an den nächst den betreffenden Fassungsstellen situierten Brunnenausläufen bei abgeschraubter Kappe.

- l)* Theresienbrunnen. Fassung aus dem Jahre 1872 hinter der Mühlbrunnenkolonnade, am Fuße des Schloßberges respektive Theresienparkes gelegen. Probeentnahme bei dem etwa 10 *m* entfernten Auslaufständer in der Theresienbrunnenhalle; Kappe abgeschraubt.
- m)* Untere Orchesterquelle. Fassung Knett 1903. Barytkristalle relativ häufig. Unmittelbar vor dem Orchesterraum unter dem Fußboden der Mühlbrunnenkolonnade gelegen. Probeentnahme bei der Fassung bei geöffneter Verschraubung der Zinnrohrabzweigung.
- n)* Spitalsquelle, im Hofe des alten Fremdenhospitals (jetzt städtisches Amtsgebäude N. C. 440). Therme eigentlich ungefaßt, wird auch seit langem nicht benützt; die Probeentnahme erfolgte aus der in den Fels gehauenen Vertiefung (Quellursprung) mit Hilfe einer eingestellten Leiter.
- o)* Kaiserbrunnen, im k. u. k. Militärbadehause; alte Fassung aus den 1860er Jahren. Probeentnahme bei der Mündung des Fassungssteigrohres in den unmittelbar darüber angebrachten Sammelkasten aus Zinn, bei abgeschraubter Kappe des Auslaufständers.

Von kalten Quellen wurden untersucht:

- p)* Eisenquelle, am Nordende der Karlsbader Thermenlinie über dem Gymnasium (alter Bestand seit 1852, l. c. p. 104). Probeentnahme beim Ursprunge (Quelltümpel) mittels Schlauch und Pipette.
- q)* Roter Säuerling, an der Eger bei Drahowitz; nur ein primitives Ablaufrohr vorhanden; Probe mit Bogenschlauch entnommen.¹

¹ Vergl. l. c. p. 4 und 105 und Knett: Die geologischen Verhältnisse von Karlsbad, Organ des Vereines der Bohrtechniker Nr. 21, Wien 1901, p. 5.

- r) Dorotheensauerbrunn, am Süden der Karlsbader Thermenlinie; Probeentnahme aus dem für diesen Zweck mit einem Bogenschlauch versehenen Ablaufrohr nächst dem Sauerbrunnengebäude.
- s) Alter Säuerling am Jakobsberg, im Hause N. C. 232, Tillingsäuerling;¹ Probeentnahme aus dem Quelltümpel unter der Hausstiege.
- t) Hospitalsäuerling, ein unbeachteter, sehr schwacher Säuerling im Hofe des alten Fremdenhospitals (vergl. n) nächst der auf den Schloßberg führenden Stiege. Nur ein eisernes geneigtes Ablaufrohr ist vorhanden, in das zur Probeentnahme mit der Pipette ein Knieschlauch eingeführt wurde.

In der folgenden Tabelle sind die Quellen ihrem Emanationsgehalte nach geordnet. Diejenigen, bei welchen in der letzten Kolumne die Zeit nicht vermerkt ist, wurden so bald nach der Entnahme untersucht, daß von der Anbringung einer Zeitkorrektur abgesehen werden konnte.

Tabelle 1.

Nr.		Volt in 15 Mi- nuten	$i \cdot 10^3$ in E. S. E.	Tempe- ratur in Grad Celsius	Ver- wendetes Quantum Q in Litern	Volumen des aus Q ausge- triebenen Gases in Litern	Kor- rigierte Zeit in Stunden
	A. Gas.						
1	Mühlbrunnen, vordere Quelle	2170	94·2	—	1·000	—	—
2	Schloßbrunnen	1160	50·2	—	0·840	—	—
3	Bernhardsbrunnen ...	92·0	4·00	—	0·975	—	—
4	Marktbrunnen, Gas- quelle	34·8	1·51	—	1·000	—	—
5	Sprudel	20·3	0·88	—	1·000	—	—

¹ L. c. p. 53.

Nr.		Volt in 15 Mi- nuten	$\cdot 10^8$ in E. S. E.	Tempe- ratur in Grad Celsius	Ver- wendetes Quantum Q in Litern	Volumen des aus Q ausge- triebenen Gases in Litern	Kor- rigierte Zeit in Stunden
B. Wasser.							
6	Eisenquelle	885	38·4	8·4	0·610	0	4
7	Mühlbrunnen, vordere Quelle	727	31·5	39·2	0·600	0·600	—
8	Schloßbrunnen	400	17·4	30·2	0·600	0·800	—
9	Roter Säuerling	322	14·0	10·5	0·625	0·450	3
10	Dorotheensauerbrunn .	163	7·08	5·5	0·615	0·500	4½
11	Felsenquelle	94·8	4·11	54·8	0·600	0·750	—
12	Kaiser Karls-Quelle ..	86·1	3·74	43·1	0·600	0·680	—
13	Theresienbrunnen . . .	85·7	3·72	50·0	0·600	0·650	—
14	Neubrunnen	85·2	3·71	52·1	0·600	0·590	—
15	Mühlbrunnen, hintere Quelle	71·7	3·11	44·6	0·600	0·490	—
16	Kaiserbrunnen	58·5	2·54	46·2	0·600	0·625	—
17	Marktbrunnen	56·3	2·45	53·6	0·600	0·500	—
18	Hospitalsäuerling	54·2	2·35	11·6	0·590	0·420	25
19	Quelle im Haus 232 ..	54·0	2·34	11·0	0·620	0·550	—
20	Franz Josephs-Quelle .	40·4	1·76	63·0	0·600	0·850	—
21	Bernhardsbrunnen . . .	36·5	1·58	61·1	0·600	0·375	—
22	Spitalsquelle	31·5	1·36	34·5	0·630	0·450	—
23	Orchesterquelle	23·0	0·99	58·2	0·600	0·250	—

Die starke Aktivität der im Thermalgebiet entspringenden kalten Quellen ist auffallend. Die der Linie der Eisenquellen angehörigen Wässer Nr. 6 und 9 gehören zu den emanationsreichsten.

Sieht man von den schlecht gefaßten, sicher mit Tagwasser versetzten Quellen Nr. 18, 19, 22 ab, so erkennt man weiters, daß unter den der eigentlichen Thermenlinie angehörigen Wässern ein ausgesprochener Gang vorhanden ist in dem Sinne, daß die kälteren Thermen die haltreicheren sind.

In der Tat steht der Sprudel (71.3° C.) mit der Größenordnung von Wiener Leitungswasser an letzter Stelle. Dieses Verhalten ist analog dem bei den Gasteiner Thermen konstatierten.

Daß die Natur der im Karlsbader Thermalwasser enthaltenen Emanation der Radiumemanation gleicht, darüber geben die weiter unten besprochenen Gesetze ihrer Zerfallsgeschwindigkeit und der durch sie induzierten Aktivität Aufschluß.

Die Frage, ob das Wasser radioaktive Substanz selbst gelöst enthält, war um so mehr beachtenswert, als E. Dorn aus der Abklingkonstante der Emanation innerhalb des Sprudelwassers geschlossen hatte, daß dieses Wasser ein auffallendes Regenerierungsvermögen zeigt.

Es wurde zu diesem Zwecke eine Partie Sprudelwasser durch 23 Tage stehen gelassen, eine zweite Partie abgekocht und nach 14tägigem Stehen in verschlossenen Flaschen untersucht. In beiden Proben war Emanation nachzuweisen, und zwar war der Sättigungsstrom, welcher durch die im Liter enthaltene Emanation unterhalten wurde, gleich $0.065 \cdot 10^{-3}$ E. S. E. Es hatte nun ein Versuch ergeben, daß durch langes Stehenlassen von 1 g Uranpecherzrückständen im abgeschlossenen Raum ein Strom von $68.5 \cdot 10^{-3}$ E. S. E. erzielt wird. Nimmt man also an, daß die Karlsbader Emanation von Radium herrührt, so kann man aus diesen Zahlen schließen, daß der Radiumgehalt von 10 hl Sprudelwasser so groß ist wie der von 1 g Pecherzrückständen. Da nun diese 10 hl rund $5\frac{1}{2}$ kg festen Rückstand geben, so ist es erklärlich, daß am Sprudelsalz keine radioaktive Strahlung nachzuweisen ist.

Unter den durch die Karlsbader Thermen abgesetzten Sedimenten stehen die von J. Knett¹ beschriebenen Baryte obenan. Eine von ihm in freundlicher Weise uns zur Verfügung gestellte Durchschnittsprobe der aktivsten Kristalle von der Wand der hinteren Mühlbrunnenquelle zeigte, in einem Schälchen mit Uranylinitratkristallen $\equiv 1$ verglichen, eine Aktivität von 0.81.

¹ J. Knett, Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, CXIII, IIa, p. 753, 1904.

Von sonstigen Sedimenten untersuchten wir: Einige mit schwarzem Quellocker bedeckte Sprudelsteinstückchen, die aus Spalten der zur Zeit hinter der Marktbrunnenkolonnade bloßgelegten alten Sprudelschale stammten: Aktivität = 0.09 Uranyl-nitrat. Einzelne Sprudelstücke verschiedener Provenienz mit dunklem Belag zeigten Wirkungen von der Größenordnung 0.002 .

Hingegen konnte an rotem bis rotbraunem Quellocker, von Grabungen beim Schloßbrunnen herrührend, sowie an dem sehr reichlich abgesetzten Eisenocker der Eisenquelle keine Aktivität nachgewiesen werden.

B. Marienbad.

Die Quellwässer und Gase aus Marienbad wurden zwischen dem 29. November und 20. Dezember in Wien untersucht. Wir sind dem Leiter des städtischen hygienischen und balneologischen Institutes in Marienbad, Herrn Dr. K. Zörkendörfer, für die umsichtige und unseren Wünschen entgegenkommende Art, in der er die Füllung und Zusendung der gewünschten Proben besorgte, zu wärmstem Danke verpflichtet.

Größtenteils war es möglich, die Proben in dem Quellschacht selbst zu füllen, was mittels eines sogenannten Entnahmestöpsels geschah. Nur von der Karolinenquelle wurde das Wasser nicht an der Fassung, sondern am Ende einer kurzen Röhrenleitung tunlichst blasenfrei entnommen. Die Flaschen waren ganz gefüllt und besaßen sogenannten Patentverschluß. Die Gasproben, deren Entnahme vermittels der bekannten Trichteranordnung erfolgte, wurden in Flaschen übersandt, die mit eingeriebenen Glasstöpseln versehen und mit Paraffin gedichtet waren.

Zu den einzelnen Quellen wäre noch zu bemerken, daß die mangelhaft gefaßte Nebenquelle in der Nähe des Kreuzbrunnens liegt und die als Untere Quelle bezeichnete in einer unterhalb des Moirlagers gelegenen sumpfigen Wiese entspringt, wo sie nur äußerst primitiv in einem hohlen Baumstamm gefaßt ist. Ebenso primitiv gefaßt ist die in nächster Nähe der letzteren, aber in einem anderen, parallel laufenden Tale gelegene Bärenquelle. Vom Ferdinandsbrunnen sei auch

noch erwähnt, daß er nicht bis zum Gestein ausgehoben ist, sondern die Fassung in Moorgrund liegt. Die in der Tabelle mit * bezeichnete Gasquelle ist eine Ausströmung trockener Kohlensäure nächst der Marienquelle.

Tabelle 2.

Nr.		Volt in 15 Mi- nuten	$i \cdot 10^3$ in E. S. E.	Tempe- ratur in Grad Celsius	Ver- wendetes Quantum Q in Litern	Volumen des aus Q ausge- triebenen Gases in Litern	Korri- gierte Zeit in Stunden
A. Gas.							
1	Waldquelle	252	10·9	—	1·000	—	26
2	Kreuzbrunnen	192	8·68	—	0·980	—	23
3	Gasquelle*	55·2	2·39	—	1·000	—	25 $\frac{1}{2}$
4	Ambrosiusquelle	36·3	1·48	—	0·980	—	24
B. Wasser.							
5	Nebenquelle	156	6·78	6·4	0·980	1·200	24
6	Untere Quelle	117	5·09	7·1	0·990	1·130	18 $\frac{1}{2}$
7	Waldquelle	105	4·57	7·0	0·485	0·570	26
8	Kreuzbrunnen	98·0	4·26	7·5	0·780	0·890	26 $\frac{1}{2}$
9	Bärenquelle	52·1	2·27	4·8	1·000	1·000	25 $\frac{1}{2}$
10	Marienquelle	40·2	1·74	—	0·500	0·660	25 $\frac{3}{4}$
11	Moorlagerquelle	39·3	1·71	7·9	0·886	1·200	19
12	Stinker	38·6	1·68	2·4	1·000	1·240	25
13	Ambrosiusbrunnen	37·2	1·62	7·8	0·980	1·050	20
14	Rudolfquelle	34·3	1·49	9·7	1·000	1·330	22
15	Wiesenquelle	34·0	1·48	9·6	0·990	1·180	25
16	Karolinenbrunnen	31·2	1·36	8·0	0·980	1·170	19 $\frac{1}{2}$
17	Pfarrsäuerling	26·7	1·16	7·1	0·905	1·200	29
18	Alexandrinenquelle	26·0	1·13	7·5	0·784	1·380	17 $\frac{1}{2}$
19	Alfredsquelle	24·3	1·06	8·1	0·814	0·990	24
20	Potta-Sauerbrunn	17·4	0·76	8·4	1·000	1·270	25 $\frac{1}{2}$
21	Ferdinandsbrunnen	15·2	0·66	9·5	1·010	1·950	17

Trennt man die westliche Gruppe mit den Quellen Nr. 6, 9, 11 des Moorlagers sowie die im Schlammachtal gelegenen Nr. 12 und 17 von den übrigen, so kann im großen und ganzen gesagt werden, daß die nördlicher gelegenen Nr. 5, 7, 8 die stärkst emanationshaltigen sind, während die südlich gelegenen Gruppen nur geringeren Gehalt aufweisen.

Die Natur der Emanation sowie das Gehaltsverhältnis in Wasser und Gas werden weiter unten diskutiert.

C. Teplitz-Schönau und Dux.

Die Untersuchung der Quellwässer von Teplitz-Schönau und des Gases aus der Urquelle fand in Wien in der Zeit zwischen dem 5. Oktober und 25. November 1904 statt, die Wasserprobe aus der Riesenquelle nächst Dux wurde von uns an Ort und Stelle am 11. Jänner 1905 entnommen und ihr Emanationsgehalt drei Tage später in Wien gemessen.

Die Zusendung der Proben aus Teplitz-Schönau besorgte über Vermittlung des Herrn Dr. A. Hauser der dortige Stadtrat. Wir sind Herrn Dr. Hauser für seine Bemühungen und die Leitung der Entnahme der Wässer und des Gases zu wärmstem Danke verpflichtet. Die Sendung erfolgte in unter Vermeidung von Luftdurchmischung völlig gefüllten Flaschen derart, daß die Versuche in der Regel am folgenden Tag gemacht werden konnten. Sämtliche Wasserproben sind natürlich am Wasserspiegel selbst und nicht aus dem gepumpten Vorrat entnommen.

Gas tritt in diesen Quellen nur sehr spärlich auf. Um eine Literflasche damit zu füllen, mußte bei Verwendung der gewöhnlichen Trichterauffangvorrichtung ein ganzer Tag verstreichen.

Auf die Messung der Neubadquellen, welche im Winter vollkommen stagnieren, wurde vorläufig verzichtet.

Sämtliche Teplitz-Schönauer Quellen entspringen Quellspalten im Porphyry, die in gleicher Richtung wie die Talspalte selbst, nämlich ostwestlich verlaufen. Seit der großen Querkatastrophe vom 13. Februar 1879 und dem Wassereinbruch beim Döllingerschacht des Duxer Kohlenbergbaureviere steigen

die Teplitzer Quellen trotz der vorgenommenen Schutzarbeiten nicht mehr ganz zu Tage und es werden die Urquelle oder Stadtquelle sowie die Frauenquelle und Neubadquelle durch Pumpen gehoben. Die Temperatur und die Zusammensetzung der Thermen ist gleichwohl nach der Katastrophe dieselbe geblieben.

Man kann zwei Hauptgruppen und eine Nebengruppe unterscheiden.¹ Zur ersten Hauptgruppe gehören die Urquelle und Frauenbadquelle, zur zweiten die Schönauer Thermen, und zwar die Steinbad- und Schlangenbadquelle. Die Augenquelle gehört einer nördlichen Nebenlinie der ersten Hauptgruppe an.

Tabelle 3.

Nr.		Volt in 15 Mi- nuten	$i \cdot 10^8$ in E. S. E.	Tempe- ratur in Grad Celsius	Ver- wendetes Quantum in Litern	Kor- rigierte Zeit in Stunden
A. Gas.						
1	Urquelle	503·6	21·9	—	1·070	52
B. Wasser.						
2	Steinbadquelle	151	6·56	32·5	0·800	29
3	Schlangenbadquelle .	150	6·52	39·0	1·015	32
4	Frauenquelle	134	5·81	48·8	0·825	33
5	Urquelle	114	4·96	45·9	0·755	23
6	Augenquelle	72·2	3·13	21·9	1·000	27
7	Riesenquelle bei Dux	201	8·73	—	0·650	71

Die geologische Einteilung findet sich ziemlich deutlich im Gehalt an Emanation wieder. Die gehaltreichsten Quellen sind die Schönauer Thermen, welche untereinander fast gleiche Intensität zeigen. Es ist darauf hinzuweisen, daß

¹ Vergl. hierzu: Festschrift zur 74. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, II, p. 257 u. ff.

diese Quellen nicht gepumpt zu werden brauchen. Die zweite Hauptgruppe zeigt nicht viel schwächere Wirkungen, wohingegen der Emanationsgehalt der in der Nebenspalte befindlichen Augenquelle entschieden geringer ist.

Von den Quellsedimenten aus Teplitz wurden Porphyrstücke mit Quellockerbelag aus der Urquelle, eben noch nachweislich, sehr schwach radioaktiv gefunden; Barytkristalle aus der Frauenquelle und Abdampfungsrückstände aus dieser Quelle zeigten keine Wirkungen. Ebenso enthält das Teplitzer Moor, das sowohl einfach trocken als in Glührückständen untersucht wurde, keine merklichen Spuren radioaktiver Substanzen. Die Auffindung schwach aktiver Barytkristalle oder anderer Rückstände wäre in einzelnen Quellen gleichwohl zu erwarten.

Mit den Teplitz-Schönauer Quellen in Zusammenhang steht die schon ein halbes Jahr vor der großen Katastrophe gesunkene Riesenquelle bei Dux. Der Zusammenhang erhellt am deutlichsten daraus, daß das Niveau in ihrem Quellschacht immer auf einer bestimmten Höhe gehalten werden muß, damit die Teplitzer Thermen nicht weiter absinken. Dieses Niveau ist derzeit etwa 35 m unter Tag.

Wir verdanken der Erlaubnis des Grafen A. Waldstein, der freundlichen Vermittlung des Herrn Hofrates Dr. H. Hallwich sowie dem Entgegenkommen des Direktors der Brüxer Kohlenbergbaugesellschaft Herrn Dr. K. Blaschek und des Oberinspektors Herrn Löcker, welcher uns am 11. Jänner 1905 in den Quellschacht einführte, die Möglichkeit der Entnahme einer Wasserprobe und von Quellsedimenten.

Das Wasser selbst fließt kontinuierlich langsam in das umgebende Gestein ab, so daß es also nicht völlig stagniert. Es erwies sich relativ reich an Radiumemanation. Gasblasen sieht man dort nur ganz vereinzelt aufsteigen.

Besonderes Interesse verdienen hier die Quellsedimente. Im ganzen Quellschacht findet man die ehemals vom Wasser bedeckten Wände der Felsblöcke mit Barytkristallen bedeckt, die um so größer werden, je tiefer man hinuntersteigt. Sie erwiesen sich als deutlich radioaktiv, wenngleich die Menge an radioaktiver Substanz in ihnen natürlich sehr gering ist.

An einem Kristallkomplex, den uns Herr Hofrat Dr. H. Hallwisch zur Verfügung gestellt hatte, wurde die Emanationsentwicklung in einem geschlossenen Raume beobachtet. Aus einer 16tägigen Beobachtungsreihe ergab sich entsprechend der Formel

$$I_t = a\lambda(1 - e^{-\frac{t}{\lambda}})^1$$

$\lambda = 4 \cdot 67 \cdot 10^5$ sec, die Halbierungskonstante $H. C. = 3 \cdot 75$ Tage.

Damit ist der Nachweis der Identität der entwickelten Emanation mit den aus den Quellen erhaltenen Emanationen erbracht² und gleichfalls derjenige, daß die Kristalle eine radioaktive Substanz enthalten müssen.

Die Abklingung der durch diese Emanation hervorgerufenen induzierten Aktivität, die sich in Taf. 2 eingezeichnet findet, bestätigt diese Tatsache in vollständiger Weise.

Von den übrigen dort entnommenen Sedimenten zeigten sich, bezogen auf Uranylнитrat von gleicher Oberfläche, als aktiv:

Quellocker von unten, aus dem Niveau —36 m	0·009
Verwitterter Porphyr	0·007
Kleine Barytkristalle von den oberen Partien des Quellschachtes	0 005
Quellocker aus den oberen Partien	0·002

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die tiefer liegenden Partien etwas reicher sind als die höher liegenden.

D. Franzensbad.

Die Untersuchung der Quellwässer und Gase wurde in der Zeit vom 30. Oktober bis 16. November 1904 in Wien, die der verschiedenen Moorproben in dieser Zeit in Wien und am 8. Jänner 1905 nochmals in Franzensbad selbst vorgenommen.

Die Zusendung der Quell- und Gasproben besorgte über Veranlassung des Bürgermeisters Herrn Gustav Wiedermann, dem wir für seine Bemühungen an dieser Stelle unseren besten

¹ Vergl. Anz. d. k. Akad. d. Wiss., Wien VI., 16. Febr. 1905.

² Vergl. weiter unten p. 621.

Dank aussprechen, die dortige Mineralwasserversendung. Nach unserer Angabe wurden die Flaschen für die Wasserproben langsam, unter Schräghaltung eintauchend, vollkommen gefüllt, verkorkt, versiegelt und expreß expediert. Das Auffangen des Gases aus den Quellen geschah in bekannter Weise mittels Trichters in die umgestülpten, wassergefüllten Flaschen, die dann durch eingeriebene Glasstöpsel verschlossen und durch Paraffin abgedichtet wurden. Zur Füllung mit dem Gase aus der Gasquelle standen die offenen Flaschen längere Zeit im Bassin der Gasausströmung ausgesetzt.

Sämtliche Quellen treten aus der Moorschicht des Schlada-beckens aus und es ist schon der Anlage nach anzunehmen, daß zu denselben erst in ihrem Oberlaufe größere Mengen von Gas hinzutreten. Sie liegen gegen das östliche, sich verengende Ende des Moorlagers, und zwar in der Reihenfolge von Westen beginnend:

Kalter Sprudel (11),
Luisenquelle (13),
Loimannsquelle (6),
Franzensquelle (7),
Neuquelle (5),
Salzquelle (16),
Wiesenquelle (15),
Stahlquelle (14),
Dr. Cartellieri's Quellen (12),
Nataliequelle (9),
Herkulesquelle (10),
Stephaniequelle (8).

Wie aus den Zahlen der Tabelle ersichtlich ist, bedeutet dies im großen und ganzen einen Anstieg des Emanationsgehaltes zunächst bis zur Neuquelle, dann starken Abfall zur Salzquelle und von da wieder ein Anwachsen bis zur Stephaniequelle. Da übrigens das Pumpen mancher Quellen sich auf benachbarte und sogar entferntere oftmals fühlbar macht, ist ein Zusammenhang derselben untereinander anzunehmen.

Tabelle 4.

Nr.		Volt in 15 Mi- nuten	$i \cdot 10^3$ in E. S. E.	Ver- wendetes Quantum Q in Litern	Volumen des aus Q ausge- triebenen Gases in Litern	Kor- rigierte Zeit in Stunden
A. Gas.						
1	Loimannsquelle.....	15.4	0.67	0.650	—	21
2	Kalter Sprudel.....	5.9	0.25	0.710	—	19
3	Gasquelle.....	5.3	0.23	1.010	—	25
4	Nataliequelle.....	5.3	0.23	0.800	—	26
B. Wasser.						
5	Neuquelle.....	22.2	0.96	1.300	1.750	22
6	Loimannsquelle.....	21.8	0.95	1.380	1.270	28 $\frac{1}{2}$
7	Franzensquelle....	18.8	0.82	1.370	1.500	70
8	Stephaniequelle....	15.8	0.69	1.320	1.930	27
9	Nataliequelle....	10.7	0.47	1.320	1.020	68
10	Herkulesquelle....	9.5	0.41	1.280	1.750	25 $\frac{1}{2}$
11	Kalter Sprudel.....	9.4	0.41	1.350	1.350	22
12	Dr. Cartellieri's Quelle	8.3	0.36	1.320	1.640	32
13	Luisenquelle.....	6.8	0.30	1.400	0.480	20
14	Stahlquelle.....	6.6	0.29	1.280	1.600	31
15	Wiesenquelle.....	4.9	0.21	1.375	1.100	67 $\frac{1}{2}$
16	Salzquelle.....	2.9	0.13	1.380	1.400	72

Die Temperatur der Quellen ist konstant und liegt zwischen 10.1 und 12.5° C.; sie ist etwas höher als die mittlere Jahrestemperatur von Franzensbad, welche 7.33° C. beträgt.¹

Von Franzensbader Mineralmoor wurden zunächst in Wien Proben frisch gestochenen und solche ein Jahr alten Materials untersucht. Dieselben zeigten keine Spur radioaktiver Wirkung. Eine größere Partie wurde ausgeglüht, die Rückstände über eine Woche lang stehen gelassen, um

¹ Betreffs genauerer Angaben sei auf die Festschrift zur 74. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, II, p. 121 u. ff., verwiesen.

eventuelle Nachbildung von Emanation abzuwarten, aber auch bei diesen Versuchen zeigte sich keine meßbare Wirkung.¹

Da aber die frischen Moore von emanationshaltigem Wasser durchtränkt sind, war anzunehmen, daß sich eine gewisse, wenn auch schwache Wirkung bei ganz frisch gestochenen Proben nachweisen lassen könnte. In diesem Sinne wurden am 8. Jänner in Franzensbad selbst nochmals Messungen angestellt.

Die Moorproben wurden damals nach Weghacken einer Eisschicht etwa eine Stunde bevor sie zur Untersuchung gelangten, in größeren Blöcken entnommen, sind also vermutlich unter dieser Eisschicht mit Emanation gesättigt gewesen. Zur Beobachtung gelangten Stücke vom Stahlmoor, Franzensmoor und Moor aus der Nähe der Neuquelle. Alle Proben zeigten das gleiche Verhalten, daß, wenn ganz frisch geschnittene Oberflächen in der Schale (Oberfläche 160 cm^2) lagen, welche in ähnlicher Anordnung, wie gelegentlich früher beschrieben wurde,² mit dem Elektroskop in Verbindung gebracht waren, sich zunächst eine erhöhte Leitfähigkeit der Luft bemerkbar machte, die aber rasch abnahm.

Stahlmoor.		Franzensmoor.		Moor nächst der Neuquelle.	
<i>t</i>	$\frac{\text{Volt}}{\text{Minuten}}$	<i>t</i>	$\frac{\text{Volt}}{\text{Minuten}}$	<i>t</i>	$\frac{\text{Volt}}{\text{Minuten}}$
5	1·0	5	1·30	5	1·4
25	0·0	7	1·15	7	1·2
		17	0·45	18	0·45
		20	0·39	22	0·25

¹ Leider wurde im letzten Sommer von unberufener Seite (S. Saubermann, Neue Freie Presse vom 16. August 1904 und Chemikerzeitung Nr. 98, p. 1170, 1904) die Sensationsnachricht gebracht, daß gleichermaßen altes und frisch gestochenes Franzensbader Moor Radioaktivität von der Größenordnung der Pechblende aufweise. Zu dieser durchaus unrichtigen Angabe scheint Herr Saubermann dadurch gelangt zu sein, daß er das bei Annäherung einer mit Moor bestrichenen Fläche an ein Elektroskop bedingte Zusammenfallen der Blättchen infolge der entstandenen Kapazitätsänderung als radioaktive Wirkung deutete.

² St. Meyer und E. v. Schweidler, Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, CXIII, IIa, p. 764, 1904.

(t ist die Zeit in Minuten nach dem Herausschneiden frischer Probestücke aus den größeren Blöcken.)

Man hat wohl anzunehmen, daß ebenso wie Schwefelwasserstoff, den man nach dem Schneiden frischer Oberflächen riecht, Emanation entweicht. Mit der rasch entweichenden Emanation verschwindet die radioaktive Wirkung bis auf den kurzlebigen Anteil der durch die Emanation induzierten Aktivität. Dieselben Moorproben zeigten 18 Tage später, nachdem sie durch Liegenlassen auf Filtrierpapier an freier Luft ohne Erwärmung völlig getrocknet waren, keine merklichen Spuren von radioaktiver Wirkung mehr.

Das Franzensbader Moor enthält also ebenso wenig wie andere Moore der Gegend meßbare Mengen an radioaktiven Substanzen.

E. St. Joachimsthal.

St. Joachimsthal, der Hauptfundort des Uranpecherzes, gehört zwar natürlich nicht zur böhmischen Bädergruppe, doch erschien es wegen des geographischen und geologischen Zusammenhanges mit den obigen Badeorten interessant, die im dortigen Bergwerke vorhandenen Quellen mit denjenigen der genannten Orte in Bezug auf ihr radioaktives Verhalten vergleichen zu können.

Durch das Entgegenkommen des k. k. Ackerbauministeriums konnten wir am 7. Jänner 1905 unter Führung des Herrn Bergverwalters J. Stěp den Eliasschacht in St. Joachimsthal befahren. Wir entnahmen dort von drei in verschiedener Tiefe aus Gesteinsspalten ausbrechenden, spärlichen Quellen einige Proben und untersuchten sie wenige Stunden später in Karlsbad, wo wir damals zur Untersuchung der Thermen unsere Apparate aufgestellt hatten.

Von diesen Grubenwässern quollen Nr. 1 und 3 von der Sohle des Stollens auf und konnten dort leicht mittels einer Pipette entnommen werden; Nr. 2 floß in strohhalmdickem Strahl aus der Seitenwand und wurde direkt in die Flasche laufen gelassen, und zwar so, daß hiebei das Wasser längs

der Wand der Flasche glitt und kein Durchquirlen mit Luft eintrat. Die Zahlen der Tabelle 5 sind in der gleichen Weise gebildet und beziehen sich auf dieselben Einheiten wie die der vorhergehenden Tabellen.

Tabelle 5.

Nr.		Volt in 15 Minuten	$i \cdot 10^3$ in E. S. E.	Temperatur in Grad Celsius	Korrigierte Zeit in Stunden
1	Wasserstollen, Tiefe 60 m.....	761	33·0	5·5	9
2	Barbarastollen, Tiefe 266 m.....	1140	49·5	11·0	9
3	Nordort am Schweizer- gang, II. Wernerlauf, Tiefe 375 m.....	4270	185·0	14·2	8½

Zunächst zeigt sich, daß das Wasser, wie ja zu erwarten ist, große Mengen von Emanation führt. Das zu unterst entnommene (Nr. 3) weist den größten Emanationsgehalt auf, der bisher überhaupt im Wasser einer Quelle gefunden werden konnte. Selbst das an Emanation reichste Wasser von Bad-Gastein bleibt mit $155 \cdot 10^{-3}$ E. S. E. hinter dieser Quelle zurück. Hier findet sich auch freies Gas (keine Kohlensäure).

Von Interesse ist weiters die ausgesprochene Zunahme des Emanationsgehaltes der Grubenwässer mit der Tiefe, in der sie ausbrechen. Wir wagen es nicht zu entscheiden, ob dies davon herrührt, daß das durch die Spalten des erzführenden Gesteins eindringende Tagwasser sich um so mehr mit Emanation anreichert, je tiefer es einsinkt, oder davon, daß das Wasser, von unten aus erreicheren Tiefen aufsteigend, seinen Emanationsgehalt auf dem Wege durch die engen Spalten mit der Zeit verliert.

Als die radioaktive Substanz, deren Emanation das Wasser führt, wird man hier wohl im voraus Radium vermuten und in

der Tat zeigt die durch diese Emanation induzierte Aktivität ganz das charakteristische Verhalten der Radiuminduktion, wie man aus der betreffenden Kurve des Diagrammes (Taf. 2) entnehmen kann, die nach halbstündiger Exposition erhalten wurde.

Der an den drei untersuchten Quellen sich reichlich absetzende, eisenhaltige Quellocker ist nur sehr schwach aktiv. Es ergaben, bezogen auf gleiche Oberfläche von Uranyl-nitrat = 1:

Stücke vom II. Wernerlauf	0·01
Eisenoxydstalaktiten, Wasseranlauf 60 <i>m</i> unter Tag	0·005
Stücke schwarz (Eisenoxydul) bezogenen Gesteins aus dem Barbarastollen	0·002

II. Emanationsgleichgewicht zwischen Wasser und Luft.

Stellt man aus den oben gegebenen Tabellen das Verhältnis α fest, welches zwischen dem Emanationsgehalt im Wasser zu dem im gleichen Volumen aus demselben Wasser aufsteigenden Quellgase besteht, so erhält man die folgende Tabelle.

Tabelle 6.

Ort	Quelle	α	Temperatur in Grad Celsius
Teplitz	Urquelle	0·23	45·9
	Karlsbad	Mühlbrunnen	0·33
Marienbad	Schloßbrunnen	0·34	30·2
	Bernhardsbrunnen	0·40	61·1
	Waldquelle	0·42	7·0
	Kreuzbrunnen	0·51	7·5
	Ambrosiusbrunnen	1·02	7·8

Ort	Quelle	α	Temperatur in Grad Celsius
Franzensbad	Loimannsquelle	1·4	} zirka 10° C.
	Kalter Sprudel	1·6	
	Natalienquelle	2·0	

Es hat nun v. Traubenberg l. c. gefunden, daß bei Zimmertemperatur dieses Verhältnis, welches er den Absorptionskoeffizienten α nennt, für Freiburger Wasseremanation zwischen 0·33 und 0·36 liegt und es hat sich für Gasteiner Emanation ergeben, daß bei Zimmertemperatur $\alpha = 0·32$, für 36·3° C. etwa 0·27 und für 46·1° etwa 0·18 ist.

In denjenigen Quellen, wo das Gas spärlich auftritt, wie in Teplitz, wird man die gleichen Verhältnisse wie in Gastein erwarten dürfen, d. h. man wird annehmen können, daß sich das Gas bis zum Vollbetrag mit Emanation angereichert hat.

Ganz anders liegen aber die Verhältnisse bei den Quellen der anderen drei untersuchten Bäder, wo sehr große Mengen freien Gases (Kohlensäure) aufsteigen.

Hier ist es nicht zu erwarten, daß das Gas sich im Gleichgewichtszustande mit dem Wasser, aus dem es aufsteigt, befindet, wie dies die abnorm hohen Werte von α auch bestätigen.

Es spricht dies dafür, daß das Gas erst in den höheren Partien entweder in das emanationshältige Wasser akzessorisch eintritt oder daß es, unter dem Druck in der Tiefe in das Wasser eingepreßt, erst bei Entspannung in den höheren Lagen frei wird.

III. Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation.

Zur Entscheidung der Frage nach der radioaktiven Substanz, auf welche die in den untersuchten Quellen enthaltenen Emanationen zurückzuführen sind, war es nötig, das zeitliche

Absinken des durch die Anwesenheit der Emanation im Apparat bedingten Sättigungsstromes zu verfolgen. Diese Beobachtungen können natürlich erst dann beginnen, wenn sich die induzierte Aktivität voll ausgebildet hat, also erst einige Stunden nach dem Einbringen der Emanation. Die erhaltenen Resultate werden alle in ausgezeichneter Weise durch die Formel $I_t = I_0 e^{-t/\lambda}$ dargestellt, wie dies aus Taf. I entnommen werden kann, wo die Logarithmen der um die natürliche Zerstreuung korrigierten, direkt beobachteten Werte (Volt/Minuten) eingetragen wurden, die sich ersichtlich an die vermerkten Geraden anschließen.

Untersucht wurden: 1. In zwei Beobachtungsreihen Emanation aus dem Wasser des Mühlbrunnens in Karlsbad; 2. aus dem Gas der Waldquelle in Marienbad; 3. aus dem Wasser der Steinbadquelle in Teplitz-Schönau; 4. aus einem Wassergemisch der Stephaniequelle, Neuquelle und Loimansquelle in Franzensbad. In der folgenden Tabelle 7 findet sich die Zusammenstellung der aus diesen Beobachtungen konstruktiv gewonnenen Werte des λ in Sekunden und der Halbwertsperiode in Tagen.

Tabelle 7.

	λ in Sekunden	Halbwerts- periode in Tagen
Karlsbad (a)	4·95·10 ⁵	3·97
Karlsbad (b)	4·89	3·92
Marienbad	4·76	3·82
Teplitz	4·59	3·68
Franzensbad	4·45	3·57

P. Curie fand für Radiumemanation die Halbwertsperiode gleich 3·99, E. Rutherford gleich 3·71 Tage. Die für Karlsbader und Marienbader Emanationen erhaltenen Werte fallen zwischen diese beiden Angaben. Die etwas tiefer liegenden Zahlen aus Teplitz und Franzensbad möchten wir nicht im

Sinne eines reellen Unterschiedes deuten. Bei der Empfindlichkeit des Resultates gegen kleine Undichtigkeiten im Apparate wird man sie wohl eher diesen zur Last legen müssen. Auf Grund unserer diesbezüglich gemachten Erfahrungen sind wir sogar geneigt, die von manchen anderen Autoren gefundenen niedrigen Werte (Adams 3·41, Blanc 3·2 Tage) eher derartigen Mängeln in der Versuchsanordnung zuzuschreiben, als hieraus auf das Vorhandensein von Emanationen zu schließen, die von Radiumemanation spezifisch verschieden sind.

IV. Induzierte Radioaktivität.

Von besonderem Interesse erscheint die durch die Quell-emanationen und Sedimente induzierte Aktivität. Das zeitliche Abklingen derselben zeigt ja bekanntlich für Radiumemanation ein so außerordentlich charakteristisches Verhalten, daß man in einer eventuellen Parallelität ein gewichtiges Argument für die Identität der fraglichen Emanationen mit Radiumemanation sehen wird. Die Beobachtung erfolgte in einfacher Weise derart, daß man die aus dem Quellwasser extrahierte oder die sich aus dem Sediment entwickelnde Emanation durch längere Zeit auf die Wände des Apparates und des Elektroskopes einwirken ließ, dann den Glassturz abhob und lüftete (eventuell das Sediment entfernte), worauf dann nach Wiederaussetzen des Apparates das Abklingen beobachtet werden konnte. Von der Konzentration der induzierten Substanz auf bestimmten Flächen durch Erzeugen eines starken Feldes nahmen wir Abstand. Auf Taf. 2 finden sich die derart erhaltenen Abklingungskurven wiedergegeben, und zwar sind die Logarithmen der Volt/Minuten eingetragen. Die Art der Probe, wie auch die Dauer der Exposition ist an jeder Kurve vermerkt.

Im allgemeinen sieht man zunächst, daß, abgesehen von dem durch die Dauer der Exposition beeinflussbaren anfänglichen Verlauf, der Charakter der Kurven für alle untersuchten Proben ganz identisch ist. Speziell schließt sich der nach dem Ablauf von einer Stunde erreichte Gang der Entaktivierung ganz dem von Curie und Danne¹ für Radiuminduktion

¹ C. R., 136, p. 364 (1903).

gegebenen Gesetz an, wie dies durch direkten Vergleich mit dem Gange der Kurve R erhellt, welche nach dieser Formel konstruiert ist.

Aber auch der Verlauf im ersten Teile der Kurven bis zu einer Stunde zeigt ganz das Verhalten, welches bei durch Radiumemanation induzierten Körpern beobachtet wird. Auf das rasche Absinken in den ersten 10 Minuten folgt ein Stadium verlangsamten Abfalls, das sich besonders bei kurzer Exposition ausprägt (vergl. Joachimsthal) und bei sehr langer Expositionsdauer verschwindet (vergl. Baryte aus der Riesenquelle). Sehr auffallend ist bei ganz kurzer Beeinflussung das sprunghafte Verhalten zwischen etwa 10 und 25 Minuten, wie es sich in den Punkten der Kurve Karlsbad-Schloßbrunn findet, das durchaus nicht Beobachtungsfehlern zur Last gelegt werden kann. (Die letztgenannte Kurve ist im Diagramm nur im ersten Teil ausgezogen, da ihre Fortsetzung zufälligerweise mit der bei 1 beginnenden theoretischen Kurve R von Curie und Danne zusammenfällt; auch sei erwähnt, daß die Werte der Teplitzer Kurve um eine Zehnerpotenz nach unten verschoben wurden, um ein zu nahes Zusammentreffen der Kurven zu vermeiden.)

Korrigiert ist an den eingezeichneten Werten der nach 4 Stunden erreichte, nahezu konstante Endwert, der speziell bei aktiveren Proben über dem normalen Zerstreungswert liegt. Schon bei den diesbezüglichen Beobachtungen mit Emanation aus Gasteiner Thermalwasser wurde diese Erscheinung studiert und durch Parallelversuche mit Radiumlösung auf die Anwesenheit von Körpern im Apparate zurückgeführt, welche die Fähigkeit besitzen, Emanation zu absorbieren. Sie zeigt sich in gleicher Weise an aus frischem Quellwasser extrahierter Emanation, wie an solcher, die mehrere Tage nach der Entnahme dem Quellwasser oder -gas entzogen wird. Einer Induktion durch Thor,¹ wie sie Elster und Geitel an Sedimenten aus Nauheim und Baden-Baden gefunden haben, ist diese Erscheinung nicht zuzuschreiben.

¹ J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschrift, 6, S. 67 (1905).

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

1. Aus den quantitativen Zusammenstellungen des Emanationsgehaltes in den Quellen der einzelnen Badeorte erhellt zunächst, daß dieser Gehalt an gleichen Orten von Quelle zu Quelle sehr verschieden sein kann. Die Untersuchung eines Quellenkomplexes auf Radioaktivität kann somit nicht auf einzelne Wässer oder Gase beschränkt werden. So schwanken die gegebenen absoluten Werte des Sättigungsstromes in E. S. E. ($i \cdot 10^3$) für die Wässer in Karlsbad zwischen 38·4 und 0·99, für Marienbad zwischen 6·78 und 0·66, für Teplitz-Schönau-Dux zwischen 8·73 und 3·13, endlich für Franzensbad zwischen 0·96 und 0·13.

In Karlsbad zeigte sich weiters, daß die im Thermalgebiete entspringenden kalten Eisenquellen zum Teile die Thermen an Emanationsgehalt übertreffen, sowie, daß unter den eigentlichen Thermen die kühleren vor den heißen begünstigt erscheinen.

In Teplitz-Schönau und Franzensbad läßt sich ein Zusammenhang mit dem geologischen Aufbau vermuten.

2. In St. Joachimsthal führt das Grubenwasser große Mengen von Emanation, und zwar ist es um so reicher, in je größerer Tiefe es ausbricht. Das zu unterst entnommene wies den größten Emanationsgehalt auf, der bisher überhaupt im Wasser einer Quelle gefunden wurde ($i \cdot 10^3 = 185$ E. S. E.).

3. Das Verhältnis der in gleichem Volumen Quellwasser und -gas enthaltenen Emanation weist in gasarmen Quellen den auch sonst an Wasseremanation gefundenen, mit steigender Temperatur sinkenden Wert auf. Wesentlich höher liegt dieser Wert bei den gasreichen Quellen von Franzensbad, Marienbad und Karlsbad, woraus geschlossen werden kann, daß das Gas seinen Emanationsgehalt dem Wasser entnimmt und in diesen Fällen den Gleichgewichtszustand nicht erreicht.

4. Die Zerfallsgeschwindigkeit der Quellemanation von den vier untersuchten Badeorten erfolgt exakt nach einem Exponentialgesetz, mit Konstanten, welche sich den für Radiumemanation erhaltenen Werten gut anschließen.

5. Desgleichen zeigt der Gang des Abklingens der induzierten Aktivität vollkommene Analogie mit Radiuminduktion.

Auch die induzierte Aktivität, welche durch die Emanation erzeugt wird, die sich aus den vorhandenen aktiven Sedimenten (Barytkristalle aus Karlsbad und aus der Riesenquelle bei Dux) entwickelt, folgt demselben Gesetz.

Thor ist hier nicht nachweisbar.

Wir schließen aus dem Gesamtverhalten, daß die Natur der Emanationen in den untersuchten Quellen untereinander gleichartig ist und mit der von Radiumemanation identisch sein dürfte.

