

dem Laufe eines Seitenbächleins des Schwarzbaches folgend, nach Norden geflossen ist, was nach den von Prof. Jahn aufgefundenen Schottervorkommnissen unter dem Basaltstrom wohl anzunehmen ist, wohin wäre denn dieses Seitenbächlein geflossen? Es konnte nur bis zum Schwarzbach kommen, nicht weiter nördlich hinaus, denn dort weist das Terrain viel größere Höhen auf als das Stromende des Venusberges; das Bächlein hätte da bergauf fließen müssen. Und wenn es nun bis zum Schwarzbach kam, konnte es nach den Terrainverhältnissen nur in dessen Tal nach Osten abfließen und da haben wir ja einen Wasserlauf, der so floß wie der heutige Schwarzbach! Das Tal dieses Baches ist also präbasaltisch. Damit ist nicht gesagt, daß alle Einzelheiten der Talbildung schon damals vollendet gewesen wären. Im Gegenteil mögen kleinere Tälchen immerhin postbasaltisch sein. Ich denke dabei an Tälchen wie zum Beispiel den N des Köhlerberges gegen die Spinnfabrik südlich Freudenthal fließenden Köhlerseifen. (Dort und nicht am Köhlerseifenberg südlich des Köhlerberges ¹⁾ befinden sich die Quellenfassungen für die neue Freudentaler Wasserleitung ²⁾).

Der oben erwähnte Steinbruch beim Gasthaus „zur Freiheit“ zeigt bloß einen Erguß. Der Basalt ist säulenförmig abgesondert, an einer Stelle eine rosettenförmige Anordnung der Säulen zu sehen. Die untersten Partien sind sehr reich an eingeschlossenen eckigen Kulmgesteinsstückchen, eingebackene Quarzgerölle konnte ich an dieser Stelle keine wahrnehmen.

Dagegen ist der Basaltstrom überlagert von einer mehr oder minder lehmigen Bildung, in welcher eckige Basaltstücke (von kleinstem bis $\frac{1}{2}$ m Durchmesser) und Quarzgerölle eingeschlossen sind. Eckige und abgerollte Kulmgesteinsstückchen sind selten. Die Quarzgerölle werden an manchen Stellen sehr zahlreich. In der Umgebung des Steinbruches ist diese Bildung überall an den herumliegenden Quarzgeröllen weiter zu verfolgen. Diese Ablagerung (wohl ein postbasaltischer Schwarzbachschotter) reicht nach oben bis etwa 20 m über den Spiegel des Schwarzbaches und beweist, daß Quarzschotter für sich noch keinen Anhalt für die Altersbestimmung gibt, denn es gibt prä- und postbasaltische Quarzschotter.

Vorträge.

W. Petrascheck. Geologisches über die Radioaktivität der Quellen, insbesondere derer von St. Joachimstal.

Seitdem erkannt wurde, daß die aus dem Erdboden hervortretenden Quellwässer radioaktiv sein können, ist eine große Anzahl von Untersuchungen und Messungen in dieser Richtung geführt worden und in einer umfangreichen Literatur niedergelegt worden. Manche

¹⁾ Die Angabe in der „Zeitschr. d. mähr. Landesmuseums“, 7. Bd., pag. 213, ist demgemäß richtigzustellen.

²⁾ Siehe „Bericht über die Wasserleitungsfrage in der Stadt Freudental“, Freudental 1895, Verlag des Gemeindevorstandes.

und Meyer¹⁾ untersuchten österreichische Thermen. Bamberger²⁾ prüfte eine große Anzahl von Quellen in Tirol, im Semmeringgebiete und in Oberösterreich. Mährische und schlesische Mineralbrunnen wurden von Ehrenfeld³⁾ gemessen. In der Schweiz machten J. v. Sury⁴⁾, Sarasin⁵⁾ und Andere derartige Bestimmungen. Curie und Laborde⁶⁾ untersuchten französische, Engler und Sieveking⁷⁾ deutsche und italienische, Schmidt und Kurz⁸⁾ hessische, Schiffner⁹⁾ sächsische, Koch¹⁰⁾ württembergische, Nasini¹¹⁾ und andere italienische, Munoz de Castillo¹²⁾ spanische, Sjörgen und Sahlbom¹³⁾ schwedische, Sokoloff¹⁴⁾ russische, Boltwood¹⁵⁾ nordamerikanische Quellen. Außer den hier angeführten Arbeiten, die meist eine größere Anzahl von Quellen zum Gegenstande ihrer Untersuchungen haben, gibt es noch zahlreiche Veröffentlichungen über einzelne Quellen, die, soweit es nötig ist, noch angeführt werden sollen. Verschiedene der genannten Arbeiten beschäftigen sich auch mit der Beziehung der Radioaktivität der gemessenen Quellen zu dem Boden, aus dem diese entspringen. Namentlich Schmidt und Kurz haben hierauf ihr Augenmerk gerichtet. Früher schon hatte G. von dem Borne¹⁶⁾ diese Beziehungen zum Gegenstand eigener Untersuchungen gemacht, Untersuchungen, die ergeben hatten, daß in Eruptivgesteinen und auch in gewissen kristallinen Schieferen höhere Aktivitäten anzutreffen sind, als in sedimentären, namentlich aber organogenen Gebilden. Immerhin sind diese Beziehungen keine klaren und sehr deutlich ausgeprochenen. Noch eine Reihe anderer Faktoren haben auf die Radioaktivität der Quellen bedeutsamen Einfluß, sodaß die augenscheinlichen Beziehungen zum Boden stark verdunkelt werden. Die Verhältnisse können derart unklar werden, daß sich einzelne Autoren, wie Schlund und Moore¹⁷⁾, dahin aussprechen, daß keine Beziehungen zwischen Geologie und Radioaktivität der Quellen bestehen.

¹⁾ Physikalische Zeitschrift VI (1905), pag. 692.

²⁾ Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch., mathem.-naturw. Klasse, Abt. II a, CXVI (1907), pag. 1473, CXVII (1908), pag. 1055 und pag. 1065.

³⁾ Festschrift zur Erinnerung an die Feier des 50jährigen Bestandes der Landesoberrealschule in Brünn, 1907, pag. 136.

⁴⁾ Über die Radioaktivität einiger schweizerischer Mineralquellen, Dissert., Freiburg i. S. 1907.

⁵⁾ Phys. Zeitschr., VI (1905), pag. 708, Arch. des sciences phys. et nat. XXV (1908), pag. 36.

⁶⁾ Compt. rend. hebds. CXXXVIII (1904), pag. 1150.

⁷⁾ Zeitschr. f. anorg. Chemie, LIII (1907), pag. 1—25.

⁸⁾ Phys. Zeitschr., VII (1906), pag. 209.

⁹⁾ Radioaktive Wässer in Sachsen. Freiberg, Verlag Graz und Gerlach, 1908.

¹⁰⁾ Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch., Bd. VIII (1906), pag. 446.

¹¹⁾ Lincei Rendic. Rom, XIV (1905), pag. 70, XV (1906) pag. 307.

¹²⁾ Bollet. real. soc. espagn. de Hist. nat., VI (1906). Ann. soc. esp. Fis. y. Quim., IV (1906). Arch. sc. phys. et nat., XXV (1908) pag. 339.

¹³⁾ Archiv für Kemi, Mineralogi och Geologi, III (1908).

¹⁴⁾ Journal der Russ. physik.-chem. Gesellschaft, XXXVII (1905), pag. 101.

¹⁵⁾ Amer. Journ. of science 1905, pag. 125.

¹⁶⁾ Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1906, pag. 1, Jahrb. d. Radioaktivität und Elektronik, II (1906), pag. 77 und pag. 142.

¹⁷⁾ Americ. electro-chem. Soc., VIII (1905), pag. 291.

Bei einer Anzahl von Wässern ist die Radioaktivität auf einen geringen Gehalt an Radiumsalzen zurückzuführen. Dies ist beispielsweise von Dorn¹⁾ am Karlsbader Sprudel, von Sahlbom und Hinrichsen²⁾ an den Quellen von Aachen und Burtscheid nachgewiesen worden. Die Aktivität dieser Wässer ist nicht im gleichen Maße vergänglich wie diejenige der Wässer, welche Emanation gelöst enthalten, was bei der weitaus überwiegenden Menge der radioaktiven Quellen der Fall ist. Diese sollen im folgenden vor allem Gegenstand der Diskussion sein. Es mag aber vorher noch betont werden, daß der Gehalt an Radiumsalzen in Quellwässern gewiß verbreiteter ist, als bis heute nachgewiesen wurde, denn in einer großen Zahl von Quellsedimenten wurde Radium nachgewiesen. In einzelnen Sedimenten, wie im Reißacherit von Gastein oder in den Sedimenten der Kreuznacher Quellen, wurde sogar ein ansehnlicher Radiumgehalt erkannt³⁾. Frühzeitig wurde Radium im Fango von Battaglia gefunden und zahlreiche Quellsedimente im Gebiete der Euganeen, der Campagna, Latiums und anderer italienischer Distrikte wurden seitdem mit Erfolg auf Radium geprüft. Aber auch in anderen Ländern gelang es, Radium in verschiedener Menge in den Sedimenten mancher Quellen zu bestimmen.

Die Emanation, der wirksame Bestandteil der Mehrzahl der radioaktiven Quellen, ist ein Gas, das in geringer Menge in den betreffenden Wässern gelöst ist. Faktoren, welche die Löslichkeit von Gasen in Wasser beeinflussen, sind natürlich mitbestimmend auf den Grad der Radioaktivität. Dem Henry Daltonschen Gesetze gemäß wird die Emanation vom Wasser an die Luft abgegeben. Durch Schütteln mit Luft oder durch Auskochen kann die Emanation völlig ausgetrieben werden, was bei der Bestimmung der Radioaktivität mittels des Engler-Sieveking'schen Fontaktoskops benützt wird. Es ist dies von Wichtigkeit für die Probeentnahme, da in offenen Wasserläufen die Radioaktivität rasch verloren geht. Saugpumpen oder solche Druckpumpen, in denen das Wasser mit Luft aufgewühlt wird, sind zur Hebung radioaktiven Wassers ungeeignet. Aus dem gleichen Grunde sind Quellen mit reichlicher Gasentwicklung schwächer aktiv. Die Emanation wird bei diesen mit dem Gase fortgerissen. So ist die Radioaktivität des Karlsbader Sprudels weit geringer als diejenige der übrigen Karlsbader Quellen. Ebenso enthält der Wiesbadener Kochbrunnen im Wasser viel weniger Emanation als andere Quellen Wiesbadens. Aus dem gleichen Grunde haben Säuerlinge meist nur geringe Radioaktivität. Am Geysir von Haukadalur in Island konnten Prytz und Thorkelsson⁴⁾ in Wasser keine Emanation nachweisen, hingegen war der Potentialabfall, den die vorwiegend aus CO_2 und H_2S bestehenden Gase zeigten, ein außerordentlich hoher und

¹⁾ Abhandl. d. Naturf. Gesellsch., Halle, Bd. XXV (1904), pag. 105.

²⁾ Bericht d. Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. XXXIX (1906), pag. 2607.

³⁾ In Kreuznach wird nach Delkeskamp (Zeitschr. f. prakt. Geologie 1908, pag. 435) der Quellschlamm auf hochradioaktive Salze verarbeitet, die wiederum zu Radiumbädern verwendet werden.

⁴⁾ Overs. o. d. kgl. Danska Vidensk. Selsk. Forh. 1905, pag. 317.

höher als bei allen anderen auf Island untersuchten heißen Quellen. Bei diesen Quellen äußert sich bereits der Einfluß der hohen Temperatur, die naturgemäß den Emanationsgehalt beeinträchtigt. Ein einfacher gesetzmäßiger Zusammenhang des Emanationsgehaltes der Quellen mit der Temperatur besteht nicht, doch kann man sagen, daß innerhalb eines bestimmten Thermenkomplexes die kälteren vor den heißen begünstigt sind¹⁾. Es gibt aber auch heiße Quellen, die trotz ihrer hohen Temperatur (Ischia, Gastein) einen sehr bedeutenden Gehalt an Emanation aufweisen.

Ein Salzgehalt des Lösungsmittels drückt die Löslichkeit von Gasen herunter. Dies trifft auch für die Löslichkeit der Emanation zu. Eine Folge davon ist, daß Quellen mit sehr niedrigem Salzgehalt häufig höheren Emanationsgehalt aufweisen. Bei manchen Wildbädern ist dieser sogar auffallend hoch (Gastein, Plombières), freilich gibt es auch solche mit ganz niedrigerer Radioaktivität.

Ein weiteres Ergebnis der in großer Zahl durchgeführten Prüfungen von Quellen ist die Beobachtung, daß Thermen im allgemeinen eine höhere Radioaktivität als kalte Quellen besitzen. Es steht diese Erfahrung scheinbar im Widerspruch mit dem soeben erwähnten ungünstigen Einfluß der höheren Temperatur von Quellen. Die höhere Temperatur und der Emanationsgehalt sind zum Teil voneinander unabhängige Folgeerscheinungen des Mechanismus und der Genesis der betreffenden Thermen und wir dürfen uns vorstellen, daß manche radioaktive Therme noch stärker aktiv wäre, wenn sie nicht erwärmt werden würde. Es gibt aber auch Thermen, die trotz ihrer hohen Temperatur nur sehr geringe Emanationsgehalte aufweisen (Aachen).

Ohne Zweifel kann auch die Ergiebigkeit der Quelle von Einfluß auf deren Radioaktivität sein. Natürlich können diese Beziehungen keine einfachen sein und ist es nicht verwunderlich, wenn einzelne Autoren, wie Sjörgen und Sahlbom, das Bestehen solcher Beziehungen nicht nachweisen können. Daß solche aber doch bestehen, wurde durch längere Beobachtung einzelner Quellen entdeckt, wovon später noch gesprochen werden soll. Nicht jede Quelle ist einheitlich. Manche Quellen entstehen durch Vermischung von Wassermassen, die einen verschiedenen Weg zurückgelegt haben, womit die Möglichkeit der Verdünnung eines Wassers durch ein anderes gegeben ist. Im allgemeinen haben die ergiebigeren Quellen auch daß größere Sammelgebiet. Wenn nun die Emanation aus dem durchströmten Gestein aufgenommen wird, so kann die Ergiebigkeit für den Emanationsgehalt von geringerer Bedeutung sein, da den wasserreicheren Quellen meist auch ein größeres Gesteinsvolumen zur Verfügung steht. Andererseits aber werden verschiedene zum Vergleich gebrachte Quellen nicht leicht unter ganz gleichen Bedingungen entstehen, es werden vielmehr leichte Differenzen in der Gesteinszusammensetzung, in der Durchlässigkeit u. a. m. festzustellen sein, die an den Eigenschaften des Wassers zum Ausdruck kommen. Es ist darum begreiflich, daß die Ergiebigkeit der Quellen, deren

¹⁾ Mache und Meyer, Phys. Zeitschr., VI (1905), pag. 695.

Radioaktivität hier in dem einen, dort in dem anderen Sinne beeinflusst, daß sie endlich auch ohne jeden Einfluß sein kann, je nach dem Mechanismus der Quelle und der Provenienz der Emanation.

Mannigfache Wechselbeziehungen bestehen bei allen Quellen und machen aus jeder ein Individuum. In wie hohem Maße das der Fall ist, lehrt das Studium der Radioaktivität. Unmittelbar nebeneinander liegende Quellaustritte, für die wir oft ohne Bedenken dieselbe Entstehung annehmen würden, zeigen oft beträchtliche Unterschiede in ihrer Radioaktivität. Die Wirkung einfacher physikalischer Gesetze, wie der Gasgesetze, kann durch andere Faktoren bis zur Unkenntlichkeit verwischt werden. In welchem Grade jede Gesetzmäßigkeit am Auftreten radioaktiver Quelle vermißt werden kann, zeigten besonders die Untersuchungen Boltwoods¹⁾ an den heißen Quellen von Arkansas. Fünfzig Quellen liegen dort auf einem schmalen Streifen von 500 Yard Länge beisammen. Sie treten aus stark gefalteten silurischen Sandsteinen und Schiefem zu Tage²⁾. Ihre Temperatur schwankt von 35—64° C, die Menge der Fixbestandteile von 170—310 Teilen auf 1,000,000 Teile Wasser. Dem chemischen Charakter nach sind sich alle diese Quellen ähnlich. Ihre Radioaktivität differiert zwischen 0·5 bis 265·6, ausgedrückt in der Zahl der Gramme Uran, die in einem Liter Wasser die äquivalente Wirkung hervorbringen. Trotz dieser großen Unterschiede besteht keine Regelmäßigkeit hinsichtlich der örtlichen Lage, keine Beziehung zum Salzgehalt und keine zur Temperatur. Im Gegensatz zu den sonstigen Erfahrungen ist dort die heißeste Quelle die stärkste radioaktive. Schlundt³⁾ untersuchte die wesentlich kalkigen Tuffe, die diese Quellen absetzen. Er fand darin 0·01 bis 1927·10 " *g* Radium pro Gramm Substanz, er fand aber keinen Parallelismus zwischen der Aktivität und dem Radiumgehalt des abgelagerten Tuffes.

Oben schon erwähnte ich, daß bald Beziehungen zwischen dem Emanationsgehalte und dem Nebengestein der Quellen festgestellt wurden. Daß diese ebenfalls unklar sind, hat seinen Grund zum Teil darin, daß auch andere schon besprochene Faktoren von Einfluß auf den Emanationsgehalt sind, zum Teil darin, daß es nicht immer möglich ist, zu sagen, mit welchem Gestein das Wasser der geprüften Quelle auf seinem Wege in Berührung gekommen ist. Es braucht nicht immer das am Austrittspunkte der Quelle anstehende Gestein die Emanation geliefert haben. Wenn auch die Quellen von Kreuznach im Porphyrtage treten, so kann sich ihr Wasser doch auch im Zechstein, vielleicht auch im Buntsandstein mit Emanation beladen haben. Die Quellen von Kissingen beziehen ihr Kochsalz aus dem Zechstein. Das Wasser kann aber in der basaltischen Rhön versunken sein und von dort die Emanation zuführen.

In den nachfolgenden Tabellen, pag. 370—378, stelle ich eine größere Zahl von Messungen, die von den verschiedensten Autoren publiziert wurden, zusammen. Nach Tunlichkeit gruppierte ich die-

¹⁾ Americ. Journ. of science 1905, pag. 128.

²⁾ Vergl. Weed in U. S. geol. Survey. Water supply and irrigation papers, Nr. 145 (1905), pag. 159.

³⁾ Chemikal News, Bd. 93, pag. 199.

selben nach geologischen Gesichtspunkten und fügte Angaben über die durchströmten Gesteine, soweit sie hier wichtig sind, bei. Soweit ich Daten über die Temperatur der Quellen, über die Ergiebigkeit (Hektoliter pro Tag) und den chemischen Charakter in der Literatur vorfand, sind dieselben angegeben.

Bei weitem nicht alle Beobachtungen, die publiziert wurden, konnten angeführt werden. Bei einem Teile unterblieb die Nennung, weil mir die geologischen Verhältnisse zu unklar waren. Die meisten aber mußten weggelassen werden, weil die Beobachtungen in anderen Maßen ausgedrückt wurden. Um ein absolutes Maß für den Emanationsgehalt zu besitzen, empfahlen Mache und Meyer¹⁾ in elektrostatischen Einheiten die Stärke desjenigen Sättigungsstromes anzugeben, den die in einem Liter Wasser enthaltene Emanation unterhalten kann. Der Bequemlichkeit wegen wird diese Zahl mit 1000 multipliziert. Diese Einheiten (i. 10³), die kurz als Maches Einheiten bezeichnet werden, finden in immer weiteren Kreisen Anwendung. Ausschließlich die in diesen Einheiten publizierten Messungen wurden in die nachfolgende Übersicht aufgenommen.

Dort, wo in einem Quellenbezirk mehrere Quellen gemessen wurden, habe ich meist nur die mit dem höchsten Emanationsgehalt genannt.

Es ist schwer diese Zahlen untereinander zu vergleichen, immerhin sind aber gewisse Regelmäßigkeiten zu erkennen. Einfache kalte Quellen haben im Granit höhere Radioaktivität als in kristallinen Schiefen und Phylliten, in diesen wieder höhere Aktivitäten als in Tonen und sandigen Schichten, in beiden höhere als in Kalken. Wenn die wenigen Messungen ein genügend verlässliches Urteil zulassen, so sind tonige Sedimentärschichten sandigen gegenüber begünstigt. Daß im schwedischen Glazialdiluvium etwas höhere Werte erscheinen, liegt daran, daß dieses aus Detritus von kristallinen Schiefen und Graniten besteht.

Mehreren hochaktiven Wildbädern im Granit stehen nur zwei, aber sehr schwach aktive Wildbäder im Phyllit gegenüber. Auch bei salzreichen Thermen sind die des Granits begünstigt.

Außer diesem Zusammenhange mit dem durchströmten Gestein ist noch unverkennbar, daß die Nähe jungvulkanischer Eruptionen auf den Emanationsreichtum von günstigem Einfluß ist.

Diese hinlänglich bekannten Beziehungen zwischen Emanationsgehalt und Bodenbeschaffenheit waren die Ursache zur Prüfung des Radiumgehaltes verschiedener Gesteine und Minerale.

Boltwood, Eve, McIntosh, Strutt und andere haben derartige Untersuchungen angestellt, unter denen diejenigen Strutts besonders eingehend sind.

Ich reproduziere die neuesten Untersuchungen Strutts²⁾, die sich auf verschiedene Mineralgruppen und einige Gesteine erstrecken. Außer dem Gehalt an Radium, aus dem wegen des konstanten Ver-

¹⁾ Phys. Zeitschr., Bd. VI (1905), pag. 693.

²⁾ Proceedings of the royal society of London, Ser. A, Bd. LXXX (1906), pag. 572.

Ort	Quelle	i. 10 ³	t	Ergiebigkeit in Hektolitern täglich	Chem. Charakter und Fixbestandteile pro Liter	Gestein	Autor
Granit und Orthogneis.							
Bolkhausen, Odenwald	Hirtenbrunnen	12.5	10°		Trinkwasser	Granit	Schmidt u. Kurz ¹⁾
Seeheim, Odenwald	Weidenrech	5.3	10°	—			
Lichtenberg, Odenwald	Eselsbrunn	3.7	10°				
Tannbach, Ob.-Öst.	beim Teich des Schlosses	52.—	8°			Gabbrogang in Granit	Bamberger
Guttan, Oberösterreich	der Schlulwasserleitung	8.6	10°	—		Granit	
Hundsorf, Oberösterreich	obere Quelle im Danedergraben	14.—	8°	—			
Kefermarkt, Oberösterreich	Dorfbrunnen	14.2	13°	—			
Schäferhof, Oberösterreich	Ziehbrunnen beim Überlacknerhof	1.5	8°	—			
Bad Bründl bei St. Oswald, Oberösterreich	Quelle in der Kapelle	17.5	7°	—			
Stockholm	—	35.7	6°	—			Sjörgen u. Sahlbom

¹⁾ Die von Schmidt und Kurz angegebenen Zahlen sind im Vergleich zu den von anderen Autoren gefundenen höher, da sie eine Korrektur nach Duane erfahren haben.

Bockau, Erzgebirge	Wasserleitung am Steinberg	11·3	kalt				Schiffner
Schwarzenberg, Erzgebirge	Rockelmannwasser	30·—		—		Granit mit Uranmineralien	
Karlsfeld, Erzgeb.	Wasserleitung des Gasth.	8·2	"	—	Trinkwasser einfache Quelle	Granit	Schiffner
Plombière	Capucines	94·5	41°	—	"	"	Curie u. Laborde
Gastein	Grabenbäcker	155·—	36°	1100	"	Gneis	Mache u. Meyer
Wildbad, Württemberg	—	1·85	36°	—	0·7 ⁿ g Fix.	Granit Antigoriogneis	Koch v. dem Borne
Simplon	—	1·52	—	—	—	Granit	Koch
Liebenzell, Württemberg	Trinkquelle	1·9	28°	—	alkal. Kochsalzq.		
Baden-Baden	Büttquelle	125·—	44°	643	reine Kochsalzq. 2·7 g Fix.	Granit u. Kontaktschiefer u. Porphyry u. Rotliegend Granit	Engler u. Sieveking Mache u. Meyer
Karlsbad	Mühlbrunn	31·5	39°	100	salin.-alkal.-mur.		
Marienbad	Nebenquelle	6·78	6·4°	gering	salin.-alkalischer Säuerling		
Peterstal, Schwarzwald	Sophie	4·3	7°	47	erd.-salin. Eisensäuerling 3 g Fix.	Granitgang im Renschgneis	Engler u. Sieveking
Griesbach, Schwarzwald	Karls	22·7	10 2°	—	erd.-salin. Eisensäuerl. 2·4 g Fix.		
Freyersbach, Schwarzwald	Gas	7·4	8·7°	—	erd.-salin. Eisensäuerl. 3·4 g Fix.		
Antogast, Schwarzwald	Antonius	16·—	9°	14·4	erd.-alkal.-salin. Eisensäuerling 3·3 g Fix.		

Hier wären noch die hochradiaktiven von Munoz di Castillo in Nordspanien gefundenen Quellen von Acenas b. Pontevedra (10·026 Volt pro St. u. L.) und Mte Porreiro (7·683 Volt pro St. u. L.) zu erwähnen. Zum Vergleich sei angeführt, daß derselbe Autor an der Grabenbäcker Quelle 6200 Volt pro St. u. L. fand.

Ort	Quelle	i. 10 ³	t	Ergiebigkeit in Hektolitern täglich	Chem. Charakter und Fixbestandteile pro Liter	Gestein	Autor
Andere Eruptivgesteine.							
Münster Stein	Haupt	23.4	31°	180 hl täglich	7.2 g Fix. pro l erdmuriatische Na Cl-Quelle	Porphyr (? Zechstein)	Schmidt u. Kurz
Kreuznach	Haus-Nr. 5	27.6	24°		Kreuznacher Quellen haben 9.17 g Fix. pro l erdmuriatisch. Na Cl-Quelle	Porphyr (? Zechstein)	
Teplitz, Böhmen	Steinbad	6.6	32°	3960 hl täglich	einfache Quellen	Porphyr	Mache u. Meyer
Schönbach, Westerbach, Westerbach, Steinwald	Bahnhof	5.9	kalt	gut laufende Q.	Trinkwasser	Diabas	Schmidt u. Kurz
Erdbach, Westerbach, Steinwald	südl. v. Bahnhof im Steinbruch	7.1					
		3.9	12°	fließt strohhalm-dick		Diorit	
Dissentis, Schweiz	Placidus	11.3	kalt		einfache		v. Sury
Rohitsch - Sauebr Steiermark	Tempel	0.2	9°		Eisensäuerl. 6 g Fix	Andesit	Mache u. Meyer
Kristalline Schiefer.							
Ullersdorf, Sudeten	alte Karlsquelle	5.2	kalt	—	Schwefelquelle	Tessgneis	Ebrenfeld
Simplon	—	1.45	—	—	—	Mte. Leone Gneis	v. d. Borne
Radegund bei Graz	—	12.—	kalt	—	Trinkwasser	Gneis	Wellik ¹⁾
Bockau, Erzgeb.	Farbmüllerberg- quelle	18.—	—	—	—	Kontaktsschiefer	Schiffaer
Warmbad Wolkenstein	Trinkwasserquelle	7.4	11.7°		0.09 g Fix. pro l	Gneis	

Wiesbaden		3·1	20°	—	einfache Quelle 0·36 g Fix. pro l		
Lavey les bains		11·—	46°	1008 hl täglich	salinisch-muriatisch 1·48 Fix.		Sarasin
Rippoldsau, Schwarzwald	—	2·1	9°	—	erd.-salin. Eisen- säuerling 3·7 g Fix.	Erzgänge im Renchgneis	Engler u. Sieveking

Phyllite und Tonschlefer.

Pfäfers		0·33	37°	57·600	einfache Qu. 0·3 g Fix.	Bündener Schiefer	v. Süry
Brennerbad		1·3	22·8°	3500	einfache Qu. 0·5 g Fix.	Kalkphyllit	Bamberger
Schalder b. Brixen	—	2·8	5°	—	Trinkwasser	Quarzphyllit	
Elvas bei Brixen	—	4·—	11°	—	alkal. Eisenwasser	"	
Burgstall bei Brixen		1·—	9°	—	Trinkwasser	"	
Semmering	Fürstenbrunn	5·6	6°	—		"	
	Holzappelwald	5·1	2°	—		Serizitschiefer	
Froy, Tirol	Magenquelle	51·—	6°	—		Quarzphyllit	
Fideris, Schweiz	—	0·17	kalt	—	Eisensäuerling	Bündener Schiefer	v. Süry
Steinhof, Pitztal		2·5	9°	—	Schwefelquelle	Phyllit	Bamberger
Ladis, Tirol		1·9	7—10°	—		Bündener Schiefer	
Obladis, Tirol	—	2·7	7°	—		"	
Levico, Tirol		3·2	9°	—	Vitriolqu. 7·3 g Fix.	Quarzphyllit	
Rocegno, Tirol	—	1·5	13°	—		"	
Karlsbrunn, Sudeten	Maximilian	3·6	7°	55	erd. Säuerling	Phyllit	Ehrenfeld
Franzensbad	Neue	0·9	10°	504	Eisensäuerling	glimmeriger Phyllit, tert. Letten u. Sand	Muche u. Mayer

Tone.

Deutsch Jaßnik, Mähren	Sauerbrunn	2·1	kalt	—	Säuerling	miocäne Tegel, alt- tertiärer Schieferton	Ehrenfeld
Stramberg, Mähren	—	1·1	—	—		Schieferon der Unterkreide	

1) Anzeiger d. Akad. Wien 1908, pag. 4c5.

Ort	Quelle	i. 10 ^o	t	Ergiebigkeit in Hektolitern täglich	Chem. Charakter und Fixbestandteile pro Liter	Gestein	Autor
Tone.							
Baden bei Wien	Franzensbad	7.9	34 ^o	110	Schwefelquelle 1.9 g Fix.	miocäne Tegel, alpine Trias	Mache u. Meyer
Vöslau	neue freie	0.8	21 ^o	—	einfache Quelle	miocäne Tegel und Konglomerate, alpine Trias	
Fischau	Haupt-	0.89	19 ^o	—	alkalisch-muriatisch	tertiärer Letten	Schmidt u. Kurz
Weilbach am Taunus Am Vogelherd bei Marburg	Na Li-Quelle	3.4	12 ^o	46.7 hl täglich			
	—	3.7	—	schwache Quellen	Trinkwasser	Tone des Buntsand- steines	
Gießen-Daubringen Beerfelden, Oden- wald	—	4.5				tertiäre Tone	
La Roche Posay	Mümlingquelle	3.8	10 ^o		—	Buntsandsteinletten Oligocän- und Turonmergel	Curie u. Laborde
	—	10.—					
Vorherrschend sandige Gesteine.							
Franzosenberg bei Darmstadt	Albertsbrunn	3.9	10 ^o	läuft fingerdick	Trinkwasser	Rotliegendes	Schmidt u. Kurz
König, Odenwald	Gesundheitsbrunn	3.3	10 ^o			Buntsandstein	
Klein-Linden, Mark bei Gießen	—	1.0	—	—		Tertiärsand	
Marburg	Heukratsruhe	1.0	—	läuft kleinfinger- dick			
Rämlöse, Schweden	—	0.78	—		Trinkwasser	Buntsandstein Rhät, Sandstein und Schieferton	Sjörgen u. Sahlbom
Helsingborg	—	0.84	—				

Luhatschowitz, Mähren	Quelle im Maschinen- haus	0·8	7°	—	alkal.-muriat. Säuerl. einfache Fe-Quelle 0·2 g Fix.	Karpathensandstein	Ehrenfeld
Karlsbad .	Eisenquelle ¹⁾	38·4	8·4°	—			Braunkohlensand- stein und Granit
Schwarzenberg bei Bern	—	0·16	kalt	—	indifferent	Molassesandstein	v. Sury
Bourbon Lancy (Saône et Loire)	Lymbe	20·12	50°	—	Eisenkochsalzqu. einfache 0·37 g Fix.	Devon, Quarzit erzführ. verkieselter Buntsandstein, Keuperletten (? Granit)	Curie u. Laborde
Badenweiler	Gemeindequelle	10·1	22°	—			Engler u. Sieveking
Pistyan	Brunnenschacht	2·03	60°	—	einfache Schwefel- quelle 1·2 g Fix.	tert. Sandstein, Kreidekalk	Mache u. Meyer
Porla, Schweden	—	4·3	kalt	—	Trinkwasser	Glazial-Diluvium	Sjörgen u. Sahlborn
Adolfsberg, Schwe- den	—	3·9	—	—			
Medevi, Schweden	—	6·4	—	—			
Bie, Schweden	—	6·4	—	—			
Upsala, Schweden	—	4·7	—	—			
Stockholm, Schwe- den	—	8·9	—	—			
Launarskede, Schwe- den	—	5·3	—	—			
Varnhem, Schweden	—	4·0	—	—			
Kalke.							
Alvaneu, Schweiz .	—	1·12	kalt	8600	Schwefelquelle	Virgloriakalk	v. Sury
Neu-Prags, Tirol .	Haarquelle	1·9	9°	—	—	südalpine Trias	Bamberger

¹⁾ Wird, weil nicht zu dem Karlsbader Thermallexemplar gehörend, separat angeführt.

Ort	Quelle	i. 10 ³	t	Ergiebigkeit in Hektolitern täglich	Chem. Charakter und Fixbestandteile pro Liter	Gestein	Autor
Kalke.							
Niedernau, Württemberg	Stahl	1.4	15°	—	Eisensäuerling 1.8 g Fix.	Muschelkalk	Koch
Sulz, Ungarn	Vitaquelle	1.9	12°	—	alkal.-erd. Eisensäuerling 4 g Fix.	Kalk, Dolomit und Schiefer des Devons- und Kongerien-schichten	Ludwig u. Mache ¹⁾
Mähr.-Weißkirchen	—	4.0	22°	—	Eisensäuerling 1.6 g Fix.	Devonkalk u. Kulm	Ehrenfeld
Sodental bei Sulzbach	Albert	7.1	13°	—	erdmuriat. Na Cl-Quelle 2.3 g Fix.	Zechsteinkalk	Schmidt u. Kurz
Mergentheim, Württemberg	Karls	2.4	10°	3000	muriatisch-salinisch-sulfatisch 20 g Fix.	Muschelkalk	Koch
Cannstadt	Nennersbad	1.05	21°	7900	erd.-sulf. Na Cl-Quelle 4.6 g Fix., 1.9 g freie CO ₂	Lettenkohle und Muschelkalk	
Offenau, Württemberg	Salzbrunnen	0.5	13°	—	Na Cl-Säuerling 2 g Fix.	Muschelkalk	"
Semmering	Myrthenbrücke	1.2	9°	—	Trinkwasser	Semmeringkalk	Bamberger
Lindener Mark bei Gießen	—	0.7	—	—	"	Devonkalk	Schmidt u. Kurz
Simplon	—	0.14	—	—	—	Triaskalk	v. d. Borne
Eyach, Württemberg	Sprudel	0.5	9°	300	sulf. Bitterquelle 5 g Fix.	Muschelkalk	Koch

Aix les Bains	Alannquelle	56	46°	groß	sal. Bitterquelle 3·1 g Fix.	Ugronkalk	Curie u. Laborde
Contrexéville, Vosges	Pavillon	10	10°	—	erdige Schwefelwasserst.-Bitterqu. 2·8 g Fix.	Muschelkalk	
Leukerbad, Wallis	—	0·26	50°	—	sulf. Bitterquelle 1·9 g Fix.	Liaskalk und Schiefer	v. Sury
Bonn b. Freiburg	—	0·29	kalt	—	Schwefelquelle	gipsführende Triasmolasse	
Baden, Schweiz	Kesselquelle	0·58	47°	350	einfache Quelle 0·4 g Fix.	Muschelkalk	

Bereich jungvulkanischer Eruptionen.

Abano b. Padua	Montirone centrale	5·—	87°		Schwefelquelle 6·5 g Fix.	} Trachyte der Euganeen, tertiäre Tone, Scaglia	Engler u. Sieveking
Battaglia . Castellamare	Surgone Grotta Acidola	5·7 22·6	74° 18·2°	— —	Schwefelquelle —		Trachyttuff und Aschen
Neapel .	Hotel Haßler	2·7	—	—	—	Kreidesandstein und Andesit	Engler u. Sieveking
Puzzioli	Aqua media	1·8	—	—	—	"	" " "
Ischia .	altrömische Quelle	372·2	57°	—	—	Trachyttuff	" " "
Fiuggi b. Anticoli	—	19·8	—	—	—	"	" " "
Wiesbaden	Kurz	96·6	42°	—	warme Na Cl-Quelle	Serizitgneis, Basalte (Zechstein)	Henrich ¹⁾
Rosbach v. d. Höhe, Taunus	—	14·2	11°	637	einfacher Säuerling	Taunusschiefer (Basalte)	Schmidt u. Kurz
Homburg v. d. Höhe	Elisabeth	8·—	11°	70	erdiger Na Cl-Säuerl.	Taunusschiefer und Quarzit (Zechstein)	
Soden	Champagner	21·9	11·3°	läuft fingerdick	Na Cl-Säuerling	Taunusschiefer (Zechstein)	

¹⁾ Wiener klin. Wochenschrift, Bd. XIX (1906), pag. 474. — ²⁾ Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Bd. CXV (1906), II b, pag. 1079.

Ort	Quelle	i. 10 ³	t	Ergiebigkeit in Hektolitern täglich	Chem. Charakter und Fixbestandteile pro Liter	Gestein	Autor
Bereich jungvulkanischer Eruptionen.							
Naheim	Karlsbrunn	28·6	17°	—	Na Cl-Säuerl. 7g Fix.	Tertiär, Devonkalk u. Schfr. (Zechstein)	Schmidt u. Kurz
Kissingen	Rakoczy	2·8	11°	58—1150	erdig-sulfat. Na Cl-Säuerling 9 g Fix.	Muschelkalk, Buntsandstein, Zechstein, Basalt	Jentsch ¹⁾
Schwalheim, Wetterau .	—	16·2	10°	432	erdmuriatischer Säuerling 4 g Fix.	Tert. Sand, Basalt Diabas, Kulm, Basalt	Schmidt u. Kurz Ehrenfeld
Andersdorf, Mähren Vilbel, Wetterau .	Hassia-Mineralbrunnen	28·6	12°	—	Säuerling	Rotl., Tertiär, Basalt	Schmidt u. Kurz
Groß - Karben, Wetterau	Selzer	3·1	13°	1150	erdmuriatischer Säuerling 4 g Fix.	tert. Kies u. Letten Devonschiefer und Grauwacke	
Wisselsheim Wetterau . . .	Sauerbrunn	7·6	—	—	Säuerling	Basalttuff	
Schönbach, Westwald	—	9·—	kalt	—	Trinkwasser	Basalt	
Vogelsberg	Queckborn	2·7	—	—	"		
Dürkheim a. d. Haardt .	—	2·4	15°	—	J. Br. Soolquellen mit wenig freier CO ₂	Buntsandstein, Zechst., Rotliegend Porphy, Basalt	Ebler ²⁾

¹⁾ Phys. Zeitschr. VIII (1907), pag. 887, u. IX (1908), pag. 120.

²⁾ Verhandl. naturhist. Verein Heidelberg VIII (1907), pag. 435.

hältnisses ($3.8 \cdot 10^{-7} g Ra : 1 g U$) auf den Urangehalt geschlossen werden kann, wurde durch Erhitzen das Helium ausgetrieben und bestimmt. Mit Rücksicht darauf, daß die Umwandlung des Radiums unter Bildung von Helium erfolgt, ist dessen Bestimmung von Bedeutung.

Mineral	Lokalität	Helium, aus- getrieben durch Hitze mm^3 pro 100 g	Radium g pro 100 g	Uranoxyd g pro 100 g
Pechblende	Joachimstal	10,700.000	—	73.5
"	Stephen's Mine Cornwall	10,000.000	—	21.23
Äschinit	Hitteroe, Norwegen	109,000.000	—	9.42
Samarskit	N. Carolina	150,000.000	—	10.3
Cyrtolit	Llano, co. Texas	115,000.000	—	3.67
Sipilit	Little Friar Mt., Virginia	59,000.000	—	2.86
Euxenit	Arendal, Norwegen	73,000.000	—	2.84
Microlit	Amelia Court House, Virginia	5,000.000	—	1.89
Zirkon	Kimberley	12	$1.910 \cdot 10^{-12}$	$5.900 \cdot 10^{-6}$
Eudialit	Grönland	146	1.260 "	3.900
Orthit	Schweden	220	23.600 "	73.000 "
Gadolinit	Hitteroe	1050	13.600 "	42.000 "
Keilhaut	Alve, Norwegen	1680	45.200 "	140.000 "
Niobit	Haddam, Connecticut	360	9.700 "	40.000 "
Apatit	Kanada	116	1.460 "	4.500 "
Cerit	Bastnaes, Schweden	126	3.000 "	9.300 "
Bleiglanz	Nenthead, Cumberland	0.077	$2.910 \cdot 10^{-12}$	$9.0 \cdot 10^{-6}$
Bornit	Cornwall	11.8	1040.00 "	3200.0
Stibnit	New South Wales	0.71	42.00 "	130.0
Zinkblende	Minerva Mine, Wrex- ham, Denbigh	0.066	22.70	70.0
"	Freiberg	He	—	—
Argyrodit	—	He	—	—
Silber	Brocken Hill, New South Wales	He	—	—
Eisen	Meteorite of Augu- sta, co. Virginia	0.16	$2.52 \cdot 10^{-12}$	$7.20 \cdot 10^{-6}$
"	Ovifak	0.23	22.30	69.00 "
Graphit	Borrodale, Cumberland	3.7	326.00	1100.00 "
Hämatit	Cumberland	7.3	506.00	1570.00 "
Cassiterit	St. Anstell, Corn- wall	3.9	126.00	390.00
Chromit	Unst, Schottland	He	—	—
Ilmenit	Eggsund, Norwegen	He	—	—
Wolfram	Illogan, Cornwall	116	$3390.00 \cdot 10^{-12}$	$10.500 \cdot 00 \cdot 10^{-6}$
Scheelit	Cornwall	He	—	—
Baryt	Pallaflat, Cumberland	0.084	142.00	440.00
Coelestin	Zate, Gloucestershire	0.042	83.90	260.00
Flußspat	Wheal Mary Anne, Cornwall	He	—	—
Kalzit	Cumberland	0.06	7.10 "	22.00 "
Granit	Cornwall	2.9	$281.00 \cdot 10^{-12}$	$870.00 \cdot 10^{-6}$
Diorit	Mt. Sorrel, Leice- stershire	0.52	64.50	200.00
Phonolit	Trafrain Law, Had- dingtonshire	0.87	—	—
Basalt	Irland	0.19	61.30	190.00

Unter den Mineralien fällt auf, daß die seltene Erden enthaltenden akzessorischen Gemengteile granitischer Gesteine die höchsten Radiumgehalte aufweisen.

Auch bei derselben Gesteinsart kann der Radiumgehalt großen Schwankungen unterliegen. Um ein Bild von den in Frage kommenden Mengenverhältnissen zu geben, füge ich noch einige Zahlen an, die auf Grund der Messungen Strutts von Eve und McIntosh¹⁾ berechnet, teils auch auf Grund eigener Versuche mit Gesteinen aus der Nähe von Montreal gefunden worden sind.

Eruptivgesteine.

Granit	Rhodesia	4·78·10 ⁻¹²
"	Cornwall	4·67
Zirkonsyenit	Norwegen	4·65
Granit	Cornwall	4·21
"	Kap der Guten Hoffnung	3·57
"	Cornwall	3·45
"	Westmoreland	3·31
Syenit	Norwegen	2·44
Granit	Devon	1·84
Blaugrund	Kimberley	1·68
Leucitbasanit	Veauv	1·66
Hornblendegranit	Ägypten	1·22
Pechstein	Isle of Eigg	1·03
Hornblendediorit	Heidelberg	0·99
Augitsyenit	Norwegen	0·93
Peridotit	Isle of Rum	0·68
Olivineuchrit	—	0·64
Olivinbasalt	Skye	0·66
Basalt	Viktoriafälle	0·63
Hornblendegranit	Leicestershire	0·62
Dolerit	Isle of Canna	0·62
Grünstein	Cornwall	0·57
Basalt	Antrim	0·52
Serpentin	Cornwall	0·50
Granit	Isle of Rum	0·36
Olivinfels	—	0·33
Dunit	Loch Scaivig	0·33
Basalt	Grönland	0·30
Essexit	Montreal	0·26
Tinguait	—	4·30
Nephelinsyenit	—	1·10

Sedimentärgesteine.

Oolith	Bath	2·92·10 ⁻¹³
"	St. Alban's Head	2·02
Marmor	East Lothian	1·93
Kimmeridgeton	Ely	1·88
Ölführender Sandstein	Galizien	1·52
Dachschiefer	Wales?	1·28
Sandiger Schiefer	Cornwall	1·25
Gaultton	Cambridge	1·01
Ton	Essex	0·86
Roter Sandstein	East Lothian	0·84
Feiner Kies	Essex	0·71
Roter Kalk	Hunstanton	0·53

¹⁾ Philosophical Magazine, 6. Ser., Bd. CLI (1907), pag. 231.

Feuerstein . .	Essex .	0·53.10 ⁻¹²
Weißer Marmor	Indien . . .	0·27 "
Marmor	East Lothian	0·26 "
Kalk, Schacht unten	Cambridge	0·39 "
" Schacht oben	"	0·12
Trentonkalk, kristallin	Montreal	0·92
" " verwittert .	"	0·91
Ledatön .	"	0·78
Saxicavasand	"	0·16

Aus diesen Messungen geht klar hervor, daß der Emanationsgehalt der Quellwässer ohne Schwierigkeit von den Nebengesteinen geliefert werden kann. Die stärkere Radioaktivität der Granitwässer entspricht dem im Vergleich zu den anderen untersuchten Gesteinen höheren Radiumgehalt der Granite. Bei dem langsamen Zerfall des Radiums¹⁾ könnten nach den vorangehenden Zahlen etwa 12.000 m^3 Granit, also eine Granitmasse von 100 m Länge, 120 m Höhe und 1 m Dicke, hinreichen, um die Emanation, welche die Grabenbäckerquelle zu Gastein in ihrem Wasser aufgelöst zutage fördert, lange Zeit hindurch andauernd zu liefern. Es ist sogar verwunderlich, daß unter den Granitwässern wie überhaupt unter den Quellwässern höhere Radioaktivitätsgrade nicht verbreiteter sind. Es liegt dies offenbar daran, daß nicht alle Emanation in dem frischen Gestein frei wird, sondern zum Teil in den Mineralen okkludiert bleibt, sowie daran, daß viel mehr Emanation zur Tagesoberfläche entweicht oder sich weiter zerlegt, als vom Wasser aufgelöst wird.

Strutt²⁾ hat einen Granit mit schweren Lösungen fraktioniert und dabei gefunden, daß mit dem Eisenerz und Glimmer die stärksten aktiven Bestandteile ausfallen. Nun ist ja bekannt, daß Zirkon, Eudialith, Orthit und Apatit, die nach den vorstehenden Angaben Träger hoher Radioaktivität sind, die ältesten Mineralausscheidungen in körnigen Tiefengesteinen sind. Sie bilden darum meist Einschlüsse in den nächstälteren Ausscheidungen, dem Biotit, Pyroxen und Amphibol.

Außer dieser Erklärung für die hohe Radioaktivität der schweren und dunklen Fraktion des Granits ist es denkbar, daß noch chemische Beziehungen in Frage kommen. So will Magri³⁾ bei der Analyse von Quellsedimenten von Lucca bemerkt haben, daß die radioaktiven Bestandteile vor allem mit dem Blei, nächst dem aber mit Eisen, Aluminium und Mangan ausfallen.

Auch Bamberger⁴⁾ konstatierte bei Fraktionierung des Mühlviertler Granits, daß die Aktivität desselben größtenteils durch die Einsprenglinge von Biotit und Erzen bedingt ist. Endlich stimmt mit den Untersuchungen Strutts auch die an den Gesteinen des Simplons gemachte Beobachtung Gallos⁵⁾ überein, daß die Radioaktivität in den zirkon- und titanitführenden Gesteinen am größten ist.

¹⁾ Halbe Zerfallszeit 2600 Jahre.

²⁾ Proc. royal Soc. Ser. A. Vol. 78 (1906), pag. 153.

³⁾ Rendic. Lincei XV (1906), pag. 699.

⁴⁾ Sitzungsber. Akad. Wien, math.-naturw. Kl., Bd. CXVII, Abt. II α , Juli 1908.

⁵⁾ Rendic. Ac. Lincei Roma XVII, 2 (1908), pag. 209.

Auf Grund dieser Wahrnehmungen darf man erwarten, bei Quellen, die aus Elaeolithsyeniten hervortreten, höhere Aktivitätswerte zu finden. Es fehlt leider an Untersuchungen in dieser Richtung. Ebenso wäre es von Interesse, die Radioaktivität von Quellen in größeren Gabbromassiven kennen zu lernen.

Alle die hier erwähnten Versuche wurden mit frischen Gesteinen angestellt. Aber nicht nur diese, sondern auch ihre Verwitterungsprodukte enthalten radioaktive Stoffe, nach einzelnen Beobachtungen sogar in höherem Maße als das frische Gestein¹⁾, so daß man annehmen kann, daß die Verwitterung die radioaktiven Substanzen aufzuschließen imstande ist. Frühzeitig wurde erkannt, daß die Luft des Bodens stark radioaktiv ist (Elster und Geitel). Das Wasser der atmosphärischen Niederschläge belädt sich also sehr bald mit Emanation. Da sich auch in der Atmosphäre Radiumemanation vorfindet, kommt sogar schon der Regen aktiv am Boden an. Allerdings ist noch einzuschalten, daß in der Erde und der Luft die Aktivität der Thoriumreihe eine anscheinend bedeutendere Rolle spielt.

Jaufmann²⁾ fand, daß der Regen ungleich aktiv ist. Zu Beginn eines Regens ist die Aktivität höher als nach längerer Dauer. Der Emanationsgehalt von Gewitterregen ist besonders reichlich. Die Aktivität des Schnees, auf die gleiche Menge Wassers bezogen, übertrifft diejenige des Regens um das Zwei- bis Fünffache. Die Aktivität der Schneedecke wird durch ein eingetretenes oder vorausgegangenes barometrisches Minimum gesteigert. Auch in Brunnen, die zugefroren sind, steigt der Emanationsgehalt des Wassers.

Es sind also Fälle denkbar, wo das Wasser seine Radioaktivität vor allem nahe an der Tagesoberfläche empfängt und es kann demnach eine Quelle dann um so aktiver sein, je stärker an ihr ein in geringer Tiefe sich ansammelndes Grundwasser partizipiert. Es sind wiederholt Beobachtungen angestellt worden, um zu ermitteln, inwieweit der Emanationsgehalt mit dem Luftdruck und dem Grundwasserstande übereinstimmende Schwankungen zeigt. Zuerst hat Hauser³⁾ an den Thermen von Teplitz-Schönau solche Messungen längere Zeit hindurch angestellt. Er fand, was von Einzelbeobachtungen anderer Quellen her schon bekannt war, nicht unbeträchtliche Schwankungen. Beziehungen zum Luftdruck konnte Hauser bei seinen Messungen, die ein Minimum für den Juli ergeben hatten, nicht feststellen. In diesem Falle aber sind die Beobachtungen nicht mit hinreichender Regelmäßigkeit und nicht über genügend lange Zeit hindurch angestellt worden. Man darf von über ein Jahr oder jahrelang fortgesetzten Aktivitätsmessungen, wenn sie mit Beobachtungen über die Ergiebigkeit und den Salzgehalt der Quelle und mit meteorologischen Beobachtungen verbunden sind, wichtige Aufschlüsse über die Herkunft der Emanation erwarten. Man wird aber solche Beobachtungen in erster Linie an Quellen anstellen müssen, deren Mechanismus gut

¹⁾ Beispielsweise bei den Gesteinen von Wiesbaden. G. H e n r i c h, Zeitschr. für Elektrochemie 1907.

²⁾ Meteorol. Zeitschr., XXII (1905), pag. 102.

³⁾ Physikalische Zeitschrift, VII (1905), pag. 593.

bekannt ist. Das Minimum, das die Teplitz-Schönauer Quellen zeigten, muß ja nicht mit gleichzeitig sich abspielenden meteorologischen Erscheinungen zusammenhängen. Seine Ursache kann in einer zurückliegenden Witterungsperiode liegen, wobei ich allerdings nicht meine, daß in einer weiter zurückliegenden Witterungsperiode weniger Emanation gelöst worden sein kann. Dies ist unmöglich, weil nach rund vier Tagen die Emanation zu Hälfte zerfallen ist.

Sehr wichtige Beobachtungen über periodische Schwankungen des Emanationsgehaltes und ihre Beziehungen zum Grundwasserstande und zum Salzgehalt der Quellen veröffentlichten Dienert und Bouquet¹⁾ von der Quelle von Rivière, einer im Turon entspringenden, zur Pariser Wasserleitung gehörenden Quelle. Die Kurve, die die Schwankungen der Aktivität veranschaulicht, zeigt auffallenden Parallelismus zu den Kurven des Grundwasserstandes und des Widerstandes bei der elektrischen Leitfähigkeit. Mit steigendem Grundwasser fällt also der Salzgehalt des Wassers und steigt der Emanationsgehalt. Es müssen also auch dort die oberflächlichen Bodenschichten mehr Emanation liefern als die tieferen.

Bei Quellen im Taunus konnte Schmidt²⁾ beobachten, daß in einem Falle die Aktivität mit der Ergiebigkeit, in einem anderen Falle mit dem Quotienten aus Ergiebigkeit und Temperatur wächst. Es scheint auch in diesen Fällen der günstige Einfluß des Wassers, das in geringer Tiefe zirkuliert, zum Ausdruck zu kommen.

Für einen derartigen Einfluß des Verwitterungsbodens brauchen keineswegs chemische Zersetzungen der radiumhaltigen Mineralien als notwendig betrachtet werden. Die mechanische, lockernde Wirkung der Verwitterung allein ist hinreichend, um diesen Einfluß zu erklären. Viele von den radiumreicheren Mineralien sind schwer zersetzbar. Damit sie aber zur Wirkung kommen, ist es notwendig, daß ihr Wirt (es handelt sich ja meist um in kleinen Kristallen vorkommende Übergemengteile) zerstört wird.

Die mechanische Beeinflussung der Gesteine erklärt uns auch die höheren Aktivitätsgrade vieler Thermen, nämlich solcher, die an tektonische Linien gebunden sind und nicht auf postvulkanische Erscheinungen zurückgeführt werden. Thermalwässer sind stärker radioaktiv, weil sie aus größerer Tiefe kommen und deshalb einen längeren Weg im Gestein zurückgelegt haben, weil sie auf diesem Wege eher die Möglichkeit fanden, mit Tiefengesteinen oder kristallinen Felsarten, die im Vergleich zu vielen Sedimentär-gesteinen Träger eines höheren Radiumgehaltes sind, in Berührung zu kommen, und weil sie vorwiegend auf bedeutenden Dislokationen aufsteigend mechanisch deformierte Gesteine durchströmen konnten. Gerade der Glimmer, in dem Zirkon, Apatit und andere radioaktive Minerale mit Vorliebe eingelagert sind, wird durch Gebirgsdruck leicht und zuerst zerrieben. Die Zerklüftung des Gesteins macht es dem Wasser zugänglicher, sie ermöglicht aber zugleich der sich bildenden Emanation zu entweichen. Diese ist offenbar relativ

¹⁾ Comptes rendues, Bd. CVL (1907), pag. 894.

²⁾ Physikal. Zeitschrift 1907, pag. 109.

leicht löslich, so daß sie von Akratothermen, denen die zur Aufschließung der Gesteine notwendige Kohlensäure etc. fehlt, aufgenommen werden kann, ohne daß gleichzeitig Salze aus den Gesteinen gelöst werden. Es liegen Versuche von Eve und McIntosh¹⁾ vor, die beweisen, daß aus einem gepulverten Gestein ein Teil der Emanation durch Wasser aufgenommen wird.

Die höhere Aktivität der Thermen könnte zur Vermutung führen, daß in größeren Tiefen dem Wasser mehr Emanation zur Verfügung steht. Die Beobachtung aber, daß die Gesteine der Erdkruste bedeutend mehr (nämlich 28 mal so viel) Radium enthalten, als zur Deckung des Wärmeverlustes durch Ausstrahlung notwendig ist, und daß überdies noch die Strahlung der anderen radioaktiven Elemente in Betracht kommt, veranlaßte Strutt zur Annahme des Gegenteiles, nämlich daß in größerer Tiefe ein Zerfall des Radiums nicht stattfindet. Zurzeit ist der Einfluß der Temperatur auf die radioaktiven Umwandlungen noch nicht genügend bekannt. Während manche Autoren einen, wenn auch kleinen Temperaturkoeffizienten bemerkten, wird ein solcher durch Versuche anderer geleugnet. Nach der letzten, von H. W. Schmidt und Cermak²⁾ herrührenden diesbezüglichen Veröffentlichung ist die Temperatur ohne Einfluß. Betreffend die Einwirkung des Druckes fanden Schuster, Eve und Adams, daß selbst 2000 Atmosphären die Strahlung des Radiums nicht ändern. Es muß erst der Fortgang der einschlägigen physikalischen Untersuchungen abgewartet werden, um richtig beurteilen zu können, ob Änderungen in dem Verhalten der radioaktiven Substanzen in den nicht bedeutenden Tiefen anzunehmen sind, welche für die Thermen in Betracht kommen.

Die obenstehende Zusammenstellung von Messungen an radioaktiven Quellen zeigt, daß in Gebieten mit jungvulkanischen Eruptionen relativ häufig hochradioaktive Quellen beobachtet wurden, so daß die Nähe solcher Eruptionen günstig auf die Radioaktivität wirken muß. Sobald ausgedehntere Depots solcher Eruptivgesteine oder deren Tuffe vorhanden sind, kann die Aktivität in diesen vom versinkenden Wasser der Niederschläge aufgelöst werden. So gelang es Nasini³⁾ in neuerer Zeit in dem erdigen Trachyttuff, in dem die Quellen von Fiuggi bei Anticoli (Campagna) entspringen, Spuren von Uran chemisch nachzuweisen, so daß die Erklärung der Provenienz der Emanation dort keine Schwierigkeit mehr bereitet. Wenn aber, wie es für die Thermen des Taunus, die Quellen von Andersdorf und anderen Orten gilt, nur vereinzelte Basaltberge in der Gegend liegen, fällt es schwer, die Emanation von diesen ableiten zu wollen und es fragt sich dann, ob nicht ebenso wie für die Kohlensäure oder das juvenile Wasser auch wenigstens für einen Teil der Emanation ein vulkanischer Ursprung gesucht werden kann. Durch Erhitzen kann, wie Mme. S. Curie⁴⁾ gefunden hat, die in

¹⁾ L. c. pag. 237.

²⁾ Verh. d. Deutschen phys. Gesellsch., Bd. X (1908), pag. 675.

³⁾ Gaz. chim. ital., Bd. LVIII/1 (1908), pag. 190.

⁴⁾ Untersuch. über radioakt. Substanzen, übersetzt von Kaufmann, pag. 115; Braunschweig 1904.

festen Körpern okkludierte Emanation freigemacht werden. Durch eruptive Injektionen muß also aus den Nebengesteinen Emanation entwickelt werden. Denselben Effekt müßte das Einsinken von Schollen in die Tiefe bewirken. Eve und Intosh¹⁾ fanden, daß durch Erhitzen gepulverter Gesteine 10–55 % der Emanation entwickelt werden. Auf alle Fälle, auch der Kurzlebigkeit der Radiumemanation wegen, kann auf diese Weise die anhaltend hohe Radioaktivität von Quellen nicht erklärt werden, denn dieser Effekt des Erhitzens ist ein vorübergehender, der nur die innerhalb einer gewissen Zeit aufgespeicherte Emanation freimacht.

Martinelli²⁾ untersuchte Puzzolane, Tuffe, Lava und Trachyte aus der Umgebung von Rom, konnte aber keine auffallend höheren Aktivitäten feststellen. Lava von der Vesuveruption 1904 erwies sich nach Tommasina³⁾ schwach aktiv. Die gleiche Wahrnehmung machte Henrich⁴⁾ mit Vesuvlava vom Jahre 1905. Da anzunehmen ist, daß die flüssige Lava infolge der Dampfentwicklung Emanation verliert, prüfte Henrich nochmals nach längerem Lagern, aber gleichfalls ohne höhere Werte zu finden. Nach Scarpa⁵⁾ scheinen ältere Eruptionen allerdings etwas aktiver zu sein. Immerhin aber fand auch dieser Autor, daß die Aktivität von Laven eine nur geringe ist. Die von der Lava ausgestoßenen Gase sind meines Wissens noch nicht auf ihren Emanationsgehalt untersucht worden. Daß aber vulkanische Exhalationen bedeutende Mengen von Emanation dem Boden entführen, beweisen sowohl Prytz und Thorkelsons⁶⁾ Beobachtungen an isländischen Geysiren, deren Gase pro Stunde 4800–51.500 Volt Potentialabfall aufweisen und nachweisbare Mengen von Helium und Argon führen, wie auch die an den toskanischen Boraxquellen gemachten Untersuchungen Nasinis, Anderlinis und Levis⁷⁾, die in den Gasen das Vorhandensein erheblicher Emanationsgehalte ergeben haben, und zwar derart, daß die borsäurereichsten Quellen auch die emanationsreichsten sind (bis $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$ Emanation pro m^3 Gas). Überdies wurde in den Gasen ein ansehnlicher Heliumgehalt nachgewiesen. In der Hundsgrotte bei Neapel dagegen konnten Nasini und Levi⁸⁾ keinen auffallend hohen Emanationsgehalt erweisen.

Alle diese Wahrnehmungen lassen die Möglichkeit zu, daß in Gebieten mit jungvulkanischen Eruptionen eine lebhaftere Entbindung von Emanation stattfindet.

Freilich ist auch zu denken, daß der Einfluß dieser Eruptionen ein nur indirekter sein kann. Alle die in Frage kommenden Quellen sind reich an CO_2 , die oft unter ansehnlichen Druck steht. Auch die Fumarolen und Mofetten weisen lebhaft Gasentwicklung auf.

¹⁾ Phylos. Magazine, 6. Ser., Bd. XIV (1907), pag. 236.

²⁾ Lincei Rendic., Bd. XIII (1904), pag. 441.

³⁾ Physik. Zeitschr., Bd. VI (1905), pag. 707.

⁴⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 1907.

⁵⁾ Lincei Rendic., Bd. XVI 1 (1907), pag. 44.

⁶⁾ Overs. k. Danenska Vidensk. Sels. Förh. 1905, pag. 317.

⁷⁾ Lincei Rendic., Bd. XIV (1905), pag. 70.

⁸⁾ Lincei Rendic., Bd. XVII 2 (1908), pag. 553.

Es findet also selbst in der Tiefe eine intensivere Durchlüftung der Gesteine statt, welche die Emanation der Gesteine, die sonst nur spärlich oder gar nicht entweichen kann, fortführt und schließlich mit dem Wasser der eventuell vorhandenen Quellen in Berührung bringt. Es kann also auch sein, daß in diesen Gebieten nichts anderes als die Gesteinsaktivität allerding in erhöhtem Maße zur Geltung kommt. Gewiß wird diese Wirkung auch noch unterstützt durch die chemische Aufschließung der Gesteine, infolge der postvulkanischen Exhalationen. Daß sich Erdgase auf diese Art im Gestein mit Emanation beladen können, ist einleuchtend und wird auch durch die Beobachtungen von dem Bornes am Neunkirchener Naturgas, das ursprünglich gewiß emanationsfrei war, bewiesen.

Außer dieser Möglichkeit und der vorher besprochenen Aktivierung der Quellwässer infolge des Radiumgehaltes der Gesteine gibt es noch eine dritte Quelle der Radioaktivität der Wasser, nämlich Lagerstätten von Uranerzen. Da reichere Uranerzvorkommnisse anscheinend selten sind (außer dem böhmisch-sächsischen Erzgebirge kommt für eine nachhaltige Uranerzproduktion gegenwärtig vielleicht nur noch Gilpins County in Colorado in Frage), so sind nur wenige Quellen auf Uranlagerstätten zurückzuführen. Außer einigen Quellen des sächsischen Erzgebirges, die aber keine bedeutenden Radioaktivitäten aufweisen, kommen hier vor allem

die radioaktiven Quellen von St. Joachimstal

in Betracht, deren Emanationsgehalt alle anderen Quellwässer weit übertrifft. Es ist klar, daß durch Uranminerale Wasser leicht stark aktiviert werden kann. Einige diesbezügliche Versuche sind von Boltwood¹⁾ veröffentlicht worden. Es fehlt aber, was uns am meisten interessieren würde, an Versuchen, die zeigen würden, wie viel Uranpecherz in verschiedener Korngröße notwendig ist, um einem stetig darüber fließenden Wasserströme zum Beispiel von 1 s/l einen bestimmten Grad von Radioaktivität zu verleihen.

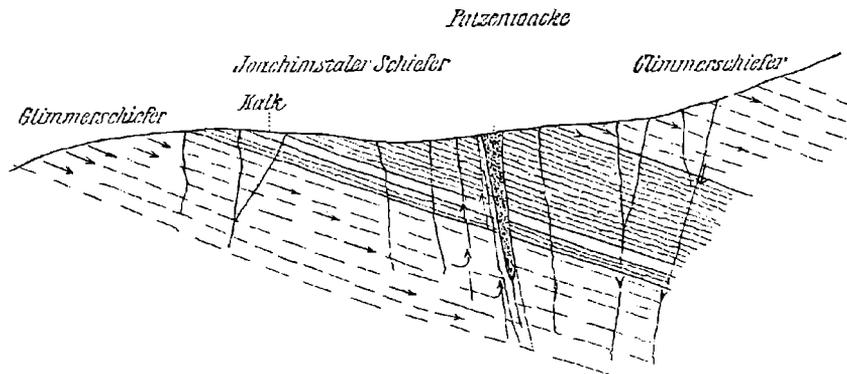
Die geologischen Verhältnisse von Joachimstal sind aus den Arbeiten von Jokely, von Laube und neuerdings von Becke und Stěp hinreichend bekannt geworden. Unter den feinschuppig bis dichten Joachimstaler Schiefer fallen Kalkglimmerschiefer, Amphibolit und Glimmerschiefer ein. Durchsetzt werden diese Schichtenpakete von mehr oder weniger saigeren Gängen, den Morgengängen und den uranföhrnden Mitternachtsgängen. Außerdem setzen Porphyrgänge auf, die einen N S- bis NW-SO-Verlauf haben. Ostwestlich bis NO-SW streicht die Putzenwacke, eine Spaltenausfüllung von Basaltuff, die reich an Gesteinsbrocken ist. Die Ausfüllung dieser Gangspalte erfolgte von oben, wie das Vorkommen von fossilem Holz in der Tiefe beweist.

Der Joachimstaler Schiefer, der in der Grube überall ansteht, ist weit weniger durchlässig als die Glimmerschiefer etc., die unter ihn einfallen und die auch weiter nördlich sich auf ihn legen. In

¹⁾ Amer. Journ. of science, Bd. XVIII (1904), pag. 378.

den unterlagernden Glimmerschiefern, Kalken und Amphiboliten sickert das Wasser zum Teil auf den Schichtflächen in die Tiefe. Es steigt aber, da es gleichzeitig unter dem Überdruck des Wassers steht, welches die von den Höhen des Erzgebirges herabkommenden Klüfte erfüllt, auf den Klüften im Bereich des Joachimstaler Schiefers wieder auf. Solche Klüfte begleiten natürlich die Gangspalte der Putzenwacke; solche Klüfte stehen auch im Porphyry zur Verfügung. So kommt es auch, daß im Porphyry oben auf der Höhe zwischen der Stadt und dem Elias-Schacht eine Quelle zutage tritt. Wo nun solche Klüfte, also die Putzenwacke oder Porphyrgänge, die Mitternachtsgänge schneiden, da findet sich hochradioaktives Wasser.

Das beistehende Profil veranschaulicht diese Verhältnisse. Die Mitternachtsgänge und die Porphyrgänge sind nicht eingetragen, weil sie in der Richtung des Schnittes verlaufen.



Ich habe unter der sachkundigen Führung des um die Erforschung der radioaktiven Wasser hochverdienten Herrn k. k. Oberbergverwalters J. Stěp die dortigen Verhältnisse kennen gelernt. Seinen gefälligen Mitteilungen verdanke ich manche wertvolle Auskunft.

Auf der umstehenden Seite gebe ich eine Übersicht etlicher St. Joachimstaler Quellen und schließe, um zu zeigen, wie weit die ebenfalls durch Uranerze aktivierten sächsischen Quellen in ihrer Aktivität zurückstehen, auch die diesbezüglich veröffentlichten Zahlen an.

Neben der von Stěp und von H. W. Schmidt gefundenen (nur ganz schwach fließenden) stärksten radioaktiven Quelle wurden von Stěp noch andere sehr emanationsreiche Quellen gefunden¹⁾, die gemeinsam aufgefangen und durch eine fast 4 km lange Rohrleitung zum Bade geführt werden. Zusammen geben diese Quellen 430 hl täglich. Am Stollenmundloche, also fast am Verbrauchsorte, zeigen sie nach Stěp eine Aktivität von 600 Mache-Einheiten.

¹⁾ Vgl. Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1903, pag. 580 und Stěp, das Radium und seine Eigenschaften. Teil I. Joachimstal, Verlag von Friedrich, pag. 16.

Ort	Quelle	i. 10 ³	t	Ergiebigkeit	Geologische Verhältnisse	Beobachter
St. Joachimstal, ärar. Bergwerk	Wassereinlasstollen am Roten Gang	33	5·5°	14·4 hl tägl.	Joachimstaler Schiefer, Urangang	Mache u. Meyer
St. Joachimstal, ärar. Bergwerk	Barbarastollen am Roten Gang	49·5	11°	12·8 hl tägl.	Kontakt von Schiefer und Porphy, Urangang	
St. Joachimstal, ärar. Bergwerk	II. Wernerlauf am Schweizer- gang	135	14°	hl tägl.	Kontakt von Schiefer und Porphy, Urangang	H. W. Schmidt
St. Joachimstal, ärar. Bergwerk	Danieli-Stollen-Sohle, Roter Gang	2050 ¹⁾	13°	za. 30 hl tägl.	Kontakt von Schiefer und Putzenwacke, Urangang	
St. Joachimstal, ärar. Bergwerk	Danieli-Stollen-Sohle, Roter Gang	756	13°	—	Kontakt von Schiefer und Putzenwacke, Urangang	Stép
St. Joachimstal, Sächs. Edelleut- stollen	Glückaufgang	13·4	—	—	Glimmerschiefer, Urangang	H. W. Schmidt
St. Joachimstal, Sächs. Edelleut- stollen	Zeidlergang	41·0	—	—	Glimmerschiefer, Urangang	" "
Johanngeorgenstadt	Frischglück-er Kunstschacht	14·0	—	—	Phyllit, Urangang	Schiffner
Klingental	Himmelfahrtsstollen	56·8 ²⁾	—	—	Granit, Uranpecherz	"

¹⁾ Vergl. die Anmerkung auf pag. 370.

²⁾ Bei Klingental sollen nach einer Anmerkung Schiffners in neuerer Zeit Wasser von 108 und 127 Einheiten gefunden worden sein.

Daß übrigens die hier angeführten emanationsreichsten, aus Uranerzstollen hervortretenden sächsischen Wässer niedrige Werte aufweisen, liegt zum Teil daran, daß sie nicht immer unmittelbar an ihrem Austrittspunkte abgefangen und der Untersuchung zugeführt werden konnten. Auch in Joachimstal weisen nach den Untersuchungen Stéps die Wässer alter Stollen nur niedrige Aktivitäten auf (0.5—15 Einheiten).

Das Wasser der hochradioaktiven Joachimstaler Quellen dringt aus der Sohle der Stollen hervor oder rieselt an deren Wänden herab. Wenn es also auch sichtlich von unten oder von der Seite in die Stollen eindringt, so kommt es doch nicht aus größerer Tiefe, wie seine Temperatur beweist. Fortlaufende Temperatur-, Ergiebigkeits- und Radioaktivitätsmessungen sind auch hier nicht gemacht worden, wären aber sehr wünschenswert. Infolge der geringen Ergiebigkeit, welche die stärkste Joachimstaler Quelle besitzt, ist die von ihr geförderte Emanationsmenge nicht sehr bedeutend, sie ist, wie H. W. Schmidt¹⁾ hervorhebt, ungefähr gleich derjenigen, welche die Oranienquelle in Kreuznach ($17,4 \cdot 10^{-8}$ E. S. E.) mitführt. Es wäre interessant zu erfahren, wie viel Emanation beständig durch die Grubenwässer und die austreichenden Grubenwetter dem Joachimstaler Bergbau entführt wird. Diese Gesamtmenge würde wahrscheinlich ein bestimmtes Urteil darüber ermöglichen, ob neben dem Uranpecherz noch andere Produzenten von Emanation Bedeutung haben können. Versucht man sich auf Grund der von Mache und Meyer an Pecherz in Stücken gemessenen Strahlung ein Bild zu machen von der Menge Erz, die nötig ist, um die Badequellen ($\frac{1}{6}$ s/l) zu Joachimstal auf 700 Einheiten zu aktivieren, so kommt man auf ein Quantum von ca. 33.000 kg Pecherz, was keineswegs besonders groß ist. Die Menge hängt natürlich außerordentlich von der Korngröße ab und würde bei einem mittelfeinen Pulver nur etwa ein Zehntel betragen. Da aber in der Natur das Erz nicht in Stücken, sondern derb und eingewachsen für die Aktivierung der Quellen in Frage kommt, so würde mit noch größeren Erzmengen für diese Quelle zu rechnen sein. Es können ja solche Rechnungen auch nur dazu dienen, ein Bild von der ungefähren Größenordnung der eventuell in Betracht kommenden Erzmengen zu geben und es genügt zu wissen, daß zur Aktivierung der Quelle ein Erzquantum notwendig wäre, das wir ohne weiteres supponieren können. Wichtig ist noch die Tatsache, daß die Basaltgänge und die Putzenwacke jünger als die Erzgänge sind. So wie das Nebengestein, so muß auch das Erz neben der Spaltenausfüllung der Putzenwacke Klüfte aufweisen, auf denen aus den kompakten Erzen Emanation entweichen und als Gas aufsteigen kann. Es kann sich darum gerade dicht am Salbande der Putzenwacke das Wasser reicher mit Emanation beladen.

Von allen Orten, an denen die Radioaktivität der Quellen untersucht wurde, ist bekannt geworden, daß dicht nebeneinander liegende Quellen außerordentliche Unterschiede in ihrem Emanationsgehalte zeigen können. Diese an sich schon merkwürdige Tatsache

¹⁾ Phys. Zeitschr., Bd. VIII (1907), pag. 5.

ist aber hier, wo es sich nicht um Quellen handelt, die durch verschiedene Fassungsart, verschiedenen Einfluß des Grundwassers etc. beeinflußt sind, sondern um Wasseraustritte, die tief drinnen im Berge, wenige Meter voneinander entfernt, direkt an der Felsspalte, aus der sie hervortreten, aufgefangen wurden, besonders auffallend. Es zeigten sich, wie mir Herr Oberbergverwalter Stöp mitteilte, sehr bedeutende Unterschiede in der Radioaktivität. Wenn wir aber bedenken, wie launisch das wertvolle Erz auf den Gängen verteilt ist und wie leicht es möglich ist, daß ein Wasserfaden eine Kluft trifft, auf der Emanation aufsteigt, ein anderer aber neben einer solchen Kluft seinen Weg findet, so sind diese Unterschiede hier sehr begreiflich, sie sind sogar ein Beweis dafür, daß die Emanation auf diese an Zufälligkeiten reiche Art in das Wasser hineingelangt ist. Würde die Emanation vorwiegend vom Nebengestein abgegeben werden, so müßte sie in den einzelnen Wasserfäden gleichmäßiger verteilt sein.

Es ist aber nicht zu übersehen, daß gerade in Joachimstal der Gesteinsaktivität ein bedeutender Anteil an der Radioaktivität der Quellen zukommen muß. War doch Sandberger¹⁾ in der Lage, im Joachimstaler Schiefer sowohl wie im sogenannten Skapolith-Glimmerschiefer, Uranpecherz chemisch und mikroskopisch als akzessorischen Bestandteil nachzuweisen.

Auch daran ist zu denken, daß der ärarische Bergbau zu Joachimstal noch dicht am Wirkungsbereiche der Kontaktmetamorphose des Karlsbad-Eibenstocker Granits liegt und daß dieser, nach den nördlich in Sachsen liegenden Aufschlüssen zu urteilen, nur allmählich gegen Ost unter seiner Schieferhülle in die Tiefe sinkt, sich gelegentlich sogar wieder erhebt. Granite, und nach den Untersuchungen von dem Bornes speziell derjenige von Karlsbad-Eibenstock, sind aber Träger höherer Radioaktivität. Wenn die Klüfte an der Putzenwacke tief genug reichen, ist es aber sehr wohl denkbar, daß auch aus der Granitmasse Emanation aufsteigt.

Auf jeden Fall reichen die lokalen Verhältnisse vollkommen hin, um die Radioaktivität der Joachimstaler Quellen zu verstehen, und da ein Teil der Emanation von den Gesteinen geliefert werden dürfte, sind die Erze nur für die lokal außergewöhnliche Konzentrierung verantwortlich zu machen.

Nur als Kuriosum sei hier eingefügt, daß im letzten Sommer im Erzgebirge ernsthaft die Meinung verbreitet wurde, das radioaktive Wasser von Joachimstal stamme aus dem oberen, sächsischen Erzgebirge. Es ist diese Behauptung nur ein Ausfluß des Unfugs, der in diesem Landstrich dermaßen zunahm, daß das Eingreifen der Legislative nötig wurde. Bekanntlich wurde in Sachsen die Gewinnung radioaktiver Stoffe monopolisiert.

Hier ist es noch am Platze, die Frage zu streifen, ob an den Joachimstaler Quellen etwa thermale Einflüsse zur Geltung kommen, da ja Thermen im allgemeinen höhere Radioaktivität aufweisen und da in den Joachimstaler Tiefbauten Thermalwasser erschlossen wurde. Die Temperatur des radioaktiven Wassers spricht nicht dafür. Über

¹⁾ Untersuchungen über Erzgänge, Bd. II, pag. 219.

die Thermen des Einigkeitsschachtes¹⁾ selbst ist viel zu wenig bekannt, als daß man sie zum Vergleich heranziehen könnte. Der Analyse nach dürfte es eine Akratotherme gewesen sein. Aus ihrem geringen Salzgehalt und aus dem Fehlen der in Karlsbad so reichlichen Kohlensäure kann geschlossen werden, daß das Thermalwasser von Joachimstal in keinem Zusammenhang mit dem Karlsbader Thermalbezirk steht, daß vielmehr ein eigener Thermenkomplex vorhanden ist, wie solche ja auch zu Wiesenbad und Warmbad-Wolkenstein auftreten. Es braucht demnach für die Joachimstaler Quellen auch kein Zusammenhang mit den basaltischen Eruptionen vorausgesetzt zu werden. Daß die Thermen von Karlsbad, die von Joachimstal, von Wiesenbad und Wolkenstein auf einer fast geraden Linie liegen, ist ohne Bedeutung, da sich für diese Linie keinerlei tektonische Beziehung nachweisen läßt.

Literaturnotizen.

L. de Launay. *L'Ordans le Monde. Géologie, Extraction, Économie politique.* Paris 1907, Librairie Armand Colin. 8^o, 265 Seiten.

In dem vorliegenden Buche hat de Launay, einer der hervorragendsten Kenner der Erzlagerstätten, in populärer Form den großen Komplex der Fragen, welche sich in wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Beziehung an das Gold knüpfen, behandelt. Von großem Interesse für den Geologen sind seine Ausführungen über die wichtigsten Arten der primären Goldvorkommnisse, wobei — der Herkunft dieses Metalls entsprechend — in der Gruppierung besonders jene häufigen Typen hervorgehoben werden, welche eine deutliche Beziehung zu Erstarrungsgesteinen erkennen lassen.

A. Eine große Gruppe von Goldlagerstätten ist an granitische Gesteine gebunden. Sehr häufig findet man Gänge, welche verschiedene Leitminerale für endomorphe Kontaktveränderungen in manchen Granitstöcken charakteristischen „Zinnerzgruppe“ führen (zum Beispiel Süd-Appalachen, Ouongebirge in Transbaikalien). Goldführende Arsenkiesgänge (Passagem in Brasilien, Pestarena in den Alpen u. a.) und ebensolche Kupferkiesgänge (Telemarken in Norwegen, Berezowsk im Ural) erscheinen durch eine große Anzahl von Bindegliedern mit den erstgenannten verknüpft.

Eine Reihe goldführender Imprägnationen und Gänge in kristallinen Schiefergesteinen, zum Beispiel in den Alpen und vielen anderen Gebieten, sind in bezug auf Genesis sehr nahe mit den bisher genannten Typen verwandt.

Von weiteren Beispielen sind hervorgehoben die meist an granitische oder porphyrischen Gesteine gebundenen goldhaltigen Antimonitgänge nach Art jener von Magurka, Mileschau.

Weniger deutlich sind in der Regel die Beziehungen zum Muttergestein bei den mehr komplexen Sulfidgängen der Blei-Silber-Gruppe.

B. An junge Eruptivgesteine geknüpft sind die bekannten „Gold-Silber-Gänge“ des Typus Comstock, Schemnitz (mit Übergängen in die „Blei-Silber-Gänge“) und die meisten Telluridgänge, wie Nagyag in Siebenbürgen, Cripple Creek in Colorado. Zu den Ausnahmen gehören einige in metamorphen alten Eruptiv- und Schichtgesteinen auftretende Telluridlagerstätten, wie Kalgoorlie in Westaustralien.

C. Eine besondere systematische Stellung nehmen die pyritisierten Konglomeratlager des Witwatersrandes in Transvaal ein, welche gegenwärtig nahezu ein Drittel der jährlichen Goldproduktion liefern. Die Frage, ob es sich

¹⁾ Vgl. Babanek u. Seifert, Zur Geschichte des Bergbaues und Hüttenbetriebes von Joachimstal in Böhmen. Berg- u. hüttenm. Jahrb., Bd. XLI (1893), pag. 136.