

Zur Kenntnis der Radioaktivität der Mineralquellen. II.¹⁾

VON ERICH EBLER UND A. J. VAN RHYEN.

Schon in einem frühen Stadium der Erforschung radioaktiver Substanzen wandte sich das allgemeine Interesse dem Vorkommen dieser Stoffe in Mineralquellen zu. Die Ursachen dieses Interesses waren dreierlei.

1. Versprach man sich von der Untersuchung aus großen Tiefen kommender Quellen Kunde von tiefer lagernden radiumreichen Gesteinen.

2. Erkannte die medizinische Forschung in den natürlichen stark radioaktiven Wässern neue wertvolle Heilmittel.

3. Versprach sich die geologisch-chemische Forschung Aufschluß über besondere chemische Vorgänge in großen Tiefen.

Diese ursprünglich sehr weit gestellten Hoffnungen haben sich in keinem dieser drei Punkte in besonderem Ausmaß erfüllt.

Bezüglich des Vorkommens größerer Mengen radioaktiver Stoffe in großen Tiefen ist man auf Grund thermischer Berechnungen sogar zu der Annahme berechtigt, daß der Gehalt der Gesteine an radioaktiven Substanzen in größeren Tiefen durchschnittlich viel kleiner sein muß, als der mittlere Radiumgehalt der Gesteine der Erdoberfläche.

Bezüglich des zweiten Punktes ist zu erwähnen, daß der Gehalt aller Mineralquellen an radioaktiven Substanzen ein außerordentlich geringer ist, wenn man die absolute Gewichtsmenge der radioaktiven Substanzen betrachtet.

Dieser Teil der radiochemisch-balneologischen Forschung hat lange Zeit an dem Übelstand gelitten, daß man mit unzuweckmäßigen und zum Teil ungenügend definierten elektrischen Maßeinheiten arbeitete, die dem chemischen und physikalischen Laien keinen unmittelbaren Begriff der wirklich vorhandenen Menge an radioaktiver Substanz gaben. Die Erscheinung der „Radioaktivität“ ist auch für eine Mineralquelle keine Bezeichnung für einen besonderen

¹⁾ I. Abhandlung. E. EBLER und M. FELLNER, *Z. anorg. Chem.* 72 (1911), 233.

physikalischen Zustand, sondern „radioaktiv“ sein bedeutet, bestimmte Stoffe (eines oder mehrere Radioelemente) in bestimmter Menge zu enthalten. Man muß daher nach dem heutigen Stande der Wissenschaft und Meßtechnik verlangen, daß die Radioaktivität von Mineralquellen, wenigstens soweit es sich um Radium und Radiumemanation handelt, in dem jedem Menschen verständigen Gleichgewichts- oder Gewichtsmaß angegeben wird. Allerdings wird man dabei, worauf schon früher hingewiesen wurde¹⁾, bestenfalls auf Gehalte von der Größenordnung 10^{-10} g Radiumelement pro Liter Wasser kommen. Es entzieht sich unserer Beurteilung, ob man derartig kleinen Konzentrationen überhaupt noch eine Wirkung zusprechen kann. Die Abneigung balneologisch interessierter Kreise gegen die allgemeine Einführung des Gewichtsmaßes für die Radiumgehalte der Quellen hängt mit der Kleinheit der tatsächlichen Radiumkonzentrationen zusammen. Die Mehrzahl der radiochemischen Untersuchungen von Mineralquellen haben weiterhin aus dem Grunde einen stark verminderten Wert, weil sie sich auf Bestimmungen der Radiumemanation beschränken, und die Bestimmung des Radiums selbst außer acht lassen. Der Gehalt eines Wassers an Radiumemanation ist aber wegen deren raschen Zersetzlichkeit und ihrer gasförmigen Natur von allerhand sekundären Einflüssen abhängig. Der Gehalt an Radium selbst ist in der Regel zwar ein viel kleinerer,²⁾ aber dafür eine konstante Größe.

Allerdings bereitet die quantitative Bestimmung des Radiums selbst wesentlich mehr Schwierigkeiten und erfordert mehr Zeit und Arbeit, als die Bestimmung des Emanationsgehaltes allein.

Was drittens die geochemischen Verhältnisse der Mineralquellen in bezug auf Radium und Radiumemanation anbelangt, so werden diese vom Radiumgehalt der die Quellenwege bildenden Gesteine und von der Gegenwart adsorbierender Substanzen bestimmt.

Abgesehen von den besonderen Fällen, daß eine Quelle direkt ein Uran-Radium-Erzlager auslaugt, haben die bisher vorliegenden Ergebnisse aller Forscher keinerlei Andeutung dafür gegeben, daß in größeren Tiefen größere Radiummengen vorhanden sind. Allerdings ist die Zahl der Quellen, in denen das Radium selbst bestimmt wurde, nicht groß, da sich die Mehrzahl der Forscher in

¹⁾ E. EBLER u. W. BENDER, *Z. angewandte Chem.* 28 (1915), 31.

²⁾ „Kleiner“, nur im radioaktiven Gleichgewichtsmaß gemessen. Im absoluten Gewichtsmaß gemessen dagegen ein größerer; denn 1 Curie Radiumemanation wiegt nur $6 \cdot 10^{-6}$ g.

ihren Untersuchungen auf die Bestimmung der Radiumemanation beschränken. Der Radiumgehalt von aus großen Tiefen kommenden Wässern übersteigt nicht die Größenordnung 10^{-10} g Radiumelement pro Liter Wasser. Dies ist etwa der mittlere Radiumgehalt von Hundert Gramm granitischem Gestein. Eine wegen ihrer Zusammensetzung besonders typische juvenile Mineralquelle — die Maxquelle in Bad Dürkheim a. d. Hardt — wurde von E. EBLER¹⁾ früher eingehend untersucht und ihr Radiumgehalt zu $0,97 \cdot 10^{-10}$ g Radiumelement in ein Liter Quellwasser bestimmt.²⁾

Wesentlich größer³⁾ ist die von der Quelle gleichzeitig zutage geförderte Menge Radiumemanation, denn diese wurde im Mittel zu $36,8 \cdot 10^{-10}$ „Curie“ pro Liter Wasser und $146,7 \cdot 10^{-10}$ „Curie“ pro Liter Quellgas ermittelt.⁴⁾

Da diese Quelle in einer Minute 70 Liter Wasser und 30 Liter Gas schüttet, beträgt die Gesamt Emanationsmenge die von einem Liter Quellwasser und der dazugehörigen Gasmenge ($\frac{3}{7}$ Liter Gas) gefördert wird = $119,7 \cdot 10^{-10}$ „Curie“ Radiumemanation. Man sieht, daß die geförderte Emanationsmenge rund hundert (genau $1,23 \cdot 10^2$) Mal größer ist, als die dem vorhandenen Radium entsprechende Gleichgewichtsemanationsmenge.

Dies Verhalten ist für die Mehrzahl der bisher untersuchten Mineralquellen typisch, und zeigt, daß in den Quellwegen verhältnismäßig mehr Radium vorhanden ist. Der verhältnismäßig geringe Gehalt der Quellwässer an gelöstem Radiumsalz erklärt sich durch die Gegenwart adsorbierender Substanzen, die das Radium zurückhalten. Diese Wirkung sieht man besonders schön bei der Sedi-

¹⁾ E. EBLER und M. FELLNER, *Z. anorg. Chem.* 72 (1911), 233 u. f.

²⁾ Die Radium- und Radiumemanations-Gehalte wurden in der angegebenen Arbeit aus dem Wert des Sättigungsstroms auf Grund der von CURIE und DUANE⁶⁾ gegebenen Zahlenwerte ermittelt, indem die Sättigungsstromstärke (korrigiert) von 1 E.S.E. = $18,87 \cdot 10^{-7}$ „Curie“ Emanation gleichwertig gesetzt wurde. Es wurde damals schon bemerkt (l. c. 256), daß dieser Wert wahrscheinlich etwas zu groß sei. Mangels zuverlässigerer Zahlen konnte jedoch damals nicht anders vorgegangen werden. Heute nimmt man als Umrechnungsfaktor für 1 E.S.E. = $3,55 \cdot 10^{-7}$ bzw. $3,65 \cdot 10^{-7}$ „Curie“ Radiumemanation pro Liter an (St. MEYER und E. v. SCHWEIDLER „Radioaktivität“ Leipzig-Berlin 1916, 335.) Danach würden die in der erwähnten Arbeit von E. EBLER und M. FELLNER angegebenen Radium- und Radiumemanations-Mengen zwar in der Größenordnung stimmen, aber etwa 5mal kleiner sein.

³⁾ Im radioaktiven Gleichgewichtsmaß („Curie“) ausgedrückt (vgl. Fußnote 2 auf S. 136).

⁴⁾ E. EBLER und M. FELLNER, l. c. 284.

⁵⁾ Jahrbuch der Rad. u. Elektr. 7 (1910), 500.

mentierung des Dürkheimer Wassers. Dieses klare Quellwasser läßt unter dem Einfluß der Luft eine geringe Menge eines Sediments fallen; es bildet sich zwar nur ein Gramm Sediment aus 5 Liter Wasser¹⁾, doch reißt diese kleine Menge je nach den Umständen 52—77% des im Quellwasser gelösten Radiums mit.²⁾

E. EBLER hatte die Gelegenheit in der „Neuen Selterser Mineralquelle“ bei Stockhausen (Lahn) Bestimmungen des Radiums und der Radiumemanation in der weiter unten angegebenen Weise auszuführen.

Diese ergaben einen Radiumgehalt von $6,57 \cdot 10^{-12}$ g Radiumelement pro Liter Wasser und $3,36 \cdot 10^{-10}$ „Curie“ Radiumemanation pro Liter Wasser. Man sieht hier bedeutend kleinere Radium- und Radiumemanation-Konzentrationen als im Dürkheimer Wasser, aber das Verhältnis Radium zu Radiumemanation ist auch hier wieder von der Größenordnung $1:10^2$ (genau $1:1,3 \cdot 10^2$).

Gelegentlich der von der Stadt Heidelberg im Jahre 1913 unternommenen Bohrungen nach Thermalwasser ergab sich eine besonders günstige Gelegenheit die Beziehungen zwischen Radium-, Radiumemanation-Gehalt, Tiefe, und geologischen Verhältnissen festzustellen.

Zur Bestimmung des Emanationsgehaltes wurden mit einer im Laboratorium evakuierten mit 2 Hähnen versehenen Pipette an der Quelle in der Weise Wasser entnommen, daß man durch Öffnen des einen Hahns das Wasser in die Pipette einströmen ließ. Die Pipette wird voll gewogen und zur Emanationsbestimmung etwa 300 g Wasser in den Kolben des von E. EBLER³⁾ beschriebenen Auskochapparates ausfließen gelassen. Die genaue ausgeflossene Menge wurde durch Rückwägen der Pipette ermittelt. Auf diese Weise werden Emanationsverluste bei der Entnahme und Einwage vollständig vermieden. Die vom Augenblick der Entnahme an der Quelle bis zur Auskochung verstrichene Zeit (die möglichst kurz zu halten ist) wurde genau notiert.

Der nach der Messung erhaltene Emanationswert wurde auf Grund der bekannten Zersetzungsgeschwindigkeit der Radiumemanation ($\lambda = 2,085 \cdot 10^{-6}$ Sek.⁻¹) auf die Zeit der Entnahme extrapoliert.

Die weitere Bestimmung geschah durch Auskochen der gelösten Emanation, genau wie von E. EBLER beschrieben.⁴⁾

¹⁾ E. EBLER und M. FELLNER, l. c. 243. Analyse des Sediments, S. 263.

²⁾ l. c. 292.

³⁾ Z. anorg. Chem. 26 I (1913), 658—661. Chem.-Kal. II Abschnitt „Die radioaktiven Substanzen“.

⁴⁾ l. c.

Zur Bestimmung des im Wasser gelösten Radiumsalzes wurden größere Mengen Wasser (10—20 Liter) in geräumigen Schalen eingedampft. Im Laufe des Eindampfens wurde soviel Chlorbarium hinzugefügt, daß dessen Menge genügte, um alles in dem Wasser enthaltene Sulfat zu fällen. Gegen Schluß des Eindampfens wurde mit Salzsäure angesäuert und der Rückstand auf dem Wasserbade zur Trockne gebracht. Der trockene Rückstand wurde mit verdünnter heißer Salzsäure ausgezogen, filtriert und etwas nachgewaschen. Das Salzsäurefiltrat wurde beiseite gestellt. Der Rückstand wurde mit Filter verascht und mit Soda-Pottasche geschmolzen. Die Schmelze wurde mit Wasser bis zum Verschwinden der Sulfatreaktion ausgezogen und der Rückstand in verdünnter Salzsäure gelöst. Diese Salzsäurelösung wurde mit der zuerst beiseite gestellten Salzsäurelösung vereinigt. Die vereinigten Lösungen wurden in den Kolben des oben beschriebenen Auskochapparates übergespült. Zur Bildung der Gleichgewichtsemanationsmenge wurden die Lösungen stets mindestens 30 Tage vor dem Auskochen im geschlossenen Auskochkolben ruhig stehen gelassen. Dann wurde die gebildete Emanation in der oben erwähnten Weise ausgekocht und zur Messung des Sättigungsstromes in eine Ionisierungskammer übergeführt. Der soeben erwähnte Zusatz einer genügenden Menge Bariumchlorid schon während des Eindampfens ist sehr wesentlich. Dadurch wird nämlich erreicht, daß das Radium sich vollständig in den Bariumsulfatniederschlag begibt, während sich ohne diese Maßregel gewisse Radiummengen in die Unebenheiten und kleinen Risse der Porzellanschalen verkriechen. Der Zusatz von Bariumchlorid gewährt weiterhin den Vorteil, daß man die salzsaure Auflösung des Bariumsulfatniederschlags mit der zuerst beiseite gestellten Lösung vereinigen kann, ohne daß ein Niederschlag entsteht. Dadurch läßt sich die eigentliche Radiumbestimmung durch eine einzige Auskochung der Emanation bewerkstelligen, wodurch die Fehlerquellen auf ein Minimum eingeschränkt werden.

Die Eichung der Ionisierungskammern geschah sowohl mit einer Auflösung einer abgewogenen Menge St. Joachimsthaler Pecherz, dessen Urangehalt zuvor genau bestimmt wurde, als auch durch 2 kleinere Radiumstandardlösungen, die mit einem Standard des Wiener Instituts für Radiumforschung verglichen waren. Diese Eichungen ergaben ein Mittel für zwei Kammern:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Nr. 4071} \\ 201/52a \end{array} \right\} 1 \text{ Volt/Min.} = 1,22 \cdot 10^{-10} \text{ g Radium-Element.}$$

und

Nr. 4072 } 1 Volt/Min. = $1,36 \cdot 10^{-10}$ g Radium-Element.
201/52 a }

Die Meßgenauigkeit unter jeweiliger Berücksichtigung des Spannungsverlustes durch die normale Ionisierung der Luft betrug $\pm 0,005$ Volt/Minuten, so daß die Genauigkeit einer einzelnen Bestimmung $\pm 0,6 \cdot 10^{-12}$ „Curie“ Emanation bzw. g Radiumelement beträgt.

Bei Verarbeitung von 20 Litern Quellwasser konnte man also mit Sicherheit noch $6 \cdot 10^{-13}$ g Radiumelement pro Liter Wasser feststellen. Die Tabelle 1 zeigt die erhaltenen Resultate.

Zum Vergleiche wurden in derselben Weise auch einige Radium- und Radiumemanations-Bestimmungen in Wässern, die aus Granit und Sandstein kommen und im diluvialen Grundwasser der Rheinebene ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen, sowie die Radium- und Emanations-Gehalte der oben erwähnten früher untersuchten Dürkheimer und Selterser Mineralquellen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Man sieht aus den in Tabellen 1 und 2 zusammengestellten Ergebnissen folgendes:

1. Der Radiumemanationsgehalt des Wassers der Heidelberger Thermalbohrung hält sich in allen Phasen konstant auf der Größenordnung 10^{-10} „Curie“ Emanation pro Liter Wasser. Die Tiefe der Herkunft des Wassers hat bis zu 600 m keinen erkennbaren Einfluß auf den Gehalt an Radiumemanation. Unter den Vergleichswässern in Tabelle 2 fällt auf, daß das aus Granit stammende Wasser des Löwenbrunnens einen erheblich (um eine Größenordnung) höheren, und das aus Buntsandstein stammende Wasser der Felsenmeerquelle einen erheblich (um eine Größenordnung) kleineren Emanationsgehalt hat, als das Wasser aus der Thermalbohrung. Dieser Befund steht im Einklang mit dem verhältnismäßig hohen Radiumgehalt granitischer Gesteine und dem niedrigen Radiumgehalt der Sandsteine und Kiese.

Der Emanationsgehalt des aus dem Diluvium stammenden Grundwassers in der Rheinebene ist von derselben Größenordnung wie der Emanationsgehalt des Wassers der Thermalbohrungen. Erheblich größer zeigt sich der Radiumemanationsgehalt der zum Vergleich angeführten „juvenilen“ Maxquelle in Bad-Dürkheim a. d. Hardt.

Tabelle 1.

Versuchs- bezeichn. 201	Bezeichnung des Wassers	Tiefe in m	Zeit der Entnahme	Angewandte Menge Wasser	Rad. El. in g pro Liter Wasser	Ra. Eman. in Curies pro Liter ¹⁾	Bemerkungen
48	Wasser I aus		21. X. 13	213,3 g		$4,6 \cdot 10^{-10}$	Neckarkies, Sand und Tone Diluvium
49	Bohrloch I Cementwerk Platz	100	25. XI. 13	188,8 g 8 Lit.	$2,9 \cdot 10^{-12}$	$4,7 \cdot 10^{-10}$	
47	Wasser II aus Loch II Neuenheim	80	9. XII. 13	350 g 360 „ 10 Lit. 8 „	$3,8 \cdot 10^{-12}$ $4,3 \cdot 10^{-12}$	$1,7 \cdot 10^{-10}$ $1,2 \cdot 10^{-10}$	Neckarkies, Sand und Tone Diluvium
49	Wasser III aus Loch III Cementwerk Platz ¹⁾	59 160 — 170	2. II. 14 2. III. 14	10 Lit. 8 „ 216 g 220 „	$1,0 \cdot 10^{-12}$ $2,4 \cdot 10^{-12}$	$0,5 \cdot 10^{-10}$ $0,51 \cdot 10^{-10}$	Neckarkies, Neckarschutt; mehr Sand und Tone wie oben (Diluvium).
54	Bohrloch III ²⁾	400	24. VI. 14	360 g		$1,6 \cdot 10^{-10}$	Pliocene Tone und feiner Sand. Es bleibt die- selbe Formation bis 600 m Tiefe
56	„	400	29. VI. 14	300 „		$1,8 \cdot 10^{-10}$	
59	„	405	8. VII. 14	315 „		$1,6 \cdot 10^{-10}$	
56	„	405	27. VI. 14	350 „		$1,49 \cdot 10^{-10}$	
54	„	410	24. VI. 14	360 „		$1,16 \cdot 10^{-10}$	
54	„	410	24. VI. 14	842 „		$1,22 \cdot 10^{-10}$	
58	„	410	1. VII. 14	327 „		$1,73 \cdot 10^{-10}$	
57	„	500	27. VI. 14	20 Lit.	$1,26 \cdot 10^{-12}$		
60	„	500	8. VII. 14	360 g		$1,8 \cdot 10^{-10}$	
63	„	573	7. XI. 14	262 „		$1,15 \cdot 10^{-10}$	
62	„	590	29. X. 14	196 „		$1,8 \cdot 10^{-10}$	
61	„	590	29. X. 14	20 Lit.	$0,97 \cdot 10^{-10}$		

¹⁾ Das Wasser stand mindestens 24 Stunden im Bohrloch. Wurde bei der Entnahme aufgewirbelt und war sehr ölig.

²⁾ Das Wasser stand 80 Stunden ruhig im Bohrloch. Eine Stunde vor Probenahme wurde etwa 40 m Wasser nachgezogen. Das Wasser war sehr trübe.

³⁾ Die Wasserentnahme erfolgte während des Pumpens. 3 m unter dem Wasserspiegel, nachdem ununterbrochen 12 St. gepumpt worden war. Das Wasser war klar.

⁴⁾ Vor der Wasserentnahme wurde das Bohrloch ausgepumpt; während des Pumpens wurde aus 5 m Tiefe das Wasser entnommen. Das Wasser war etwas trübe.

⁵⁾ Das Wasser wurde während des Pumpens 3 m unter Wasserspiegel entnommen. Das Wasser war sehr klar.

⁶⁾ Das Wasser wurde während des Pumpens 5 m unter dem Wasserspiegel entnommen.

⁷⁾ Es wurde 12 Stunden ununterbrochen gepumpt, dann 2 Stunden stillgelassen, dann mit Schlammbüchse auf 400 m Tiefe gegangen. Dann Schlammbüchse rasch (in 5 Minuten) hochgezogen und das Wasser aus der Schlammbüchse entnommen. Das Wasser war wenig trübe.

⁸⁾ Das Wasser wurde aus der Schlammbüchse entnommen. Es war sehr trübe.

⁹⁾ Vor der Entnahme wurde 18 Stunden ununterbrochen mit einer Geschwindigkeit von 3 Liter pro Sekunde gepumpt. Das Wasser wurde 5 m unter dem Wasserspiegel entnommen. Das Wasser war wenig trübe, enthielt aber etwas feinen Quarzsand, roch etwas nach Schwefelwasserstoff und entgaste etwas.

^{*} Am 27. Mai 1921 fand in Freiberg i. S. auf Anregung des dortigen Bergamts eine Tagung statt, bei der u. a. als Emanations Konzentrations-Einheit für Wasser das „Eman“ vorgeschlagen wurde. 1 „Eman“ = 1×10^{-10} „Curie“. (Umschau 25 (1921), 396.)

Tabelle 2.

Versuchs- bezeichn. 210	Bezeichnung des Wassers	Zeit der Entnahme	Angewandte Menge Wasser	Rad. El. in g pro Liter	Ra. Eman. in Curies pro Liter ^{*)}	Bemerkungen
49	Löwen- brunnen in Schlierbach	22. I. 14	14 Lit. 10 „ 214 g 211 „	$1,8 \cdot 10^{-12}$ $0,96 \cdot 10^{-12}$	$1,04 \cdot 10^{-9}$ $0,95 \cdot 10^{-9}$	Granitwasser
48						
47	Felsenmeer bei Heidel- berg ¹⁾	22. I. 14	246 g 10 Lit. 8 „	$4,8 \cdot 10^{-13}$ $6,7 \cdot 10^{-13}$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	Buntsandstein
52	Grundwasser aus der Rhein- ebene. (Wasserwerk Friedrichsfeld.)	3. III. 14	248 g 274 „ 14 Lit	$6,9 \cdot 10^{-13}$	$1,04 \cdot 10^{-10}$ $1,35 \cdot 10^{-10}$	diluviales Grundwasser
2)	Dürkheimer Maxquelle	1906— 1910		$0,97 \cdot 10^{-10}$	$119,7 \cdot 10^{-10}$ a)	juveniler arsen- haltiger Koch- salzsäuerling
5/46 5/41	Neue Selterser Mineralquelle		1 Lit 20 „	$6,75 \cdot 10^{-12}$	$3,36 \cdot 10^{-10}$	Kochsalz- säuerling
	Meerwasser Brambach ³⁾ Gasteiner Elisabeth- quelle ⁴⁾ Baden-Baden Büttquelle ⁵⁾			etwa 10^{-12}	$7,2 \cdot 10^{-7}$ $4,48 \cdot 10^{-10}$ $360 \cdot 10^{-10}$	

a) Emanationsgehalt bezieht sich auf Quellwasser plus Quellgas.

¹⁾ Die Quelle sprudelte stark. Das Wasser war sehr kalt.

²⁾ E. EBLER und M. FELLNER, *Z. anorg. Chem.* 72 (1911), 233.

³⁾ M. WEIDIG, Radioaktive Wasser in Sachsen, 4. Teil, Freiburg i. S. (1912).

⁴⁾ MACHE und ST. MAYER, *Wiener Berichte* 114, 355.

⁵⁾ C. ENGLER und H. SIEVEKING, *Z. anorg. Chem.* 53 I (1907).

^{*)} Vgl. Fußnote zu Tabelle 1 auf S. 141.

2. Der Gehalt an gelöstem Radiumsalz ist bei dem Wasser der Thermalbohrungen stärkeren Schwankungen als der Emanationsgehalt unterworfen; hält sich aber durchschnittlich in der Größenordnung 10^{-12} g Radiumelement pro Liter Wasser. Eine Ausnahme bildet der Radiumgehalt des aus der größten von uns untersuchten Tiefe (590 m) stammenden Wassers mit $0,97 \cdot 10^{-10}$ g Radiumelement pro Liter Wasser.

Dieses interessante Ergebnis stammt, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, vom 29. Oktober 1914. Leider mußte damals infolge

des Krieges diese und auch die Bohrarbeit eingestellt werden. Der gesteigerte Radiumgehalt des Wassers aus dieser Tiefe, der in der Größenordnung dem Radiumgehalt der Dürkheimer Maxquelle gleichkommt, berechtigt zu der Vermutung, daß beim Tieferbohren Wasser mit noch höherem Radiumgehalt erschlossen wird.¹⁾

Aus der Vergleichstabelle 2 ist als besonders interessant der außerordentliche niedrige Radiumgehalt der aus dem Buntsandstein stammenden Felsenmeerquelle und des Grundwassers aus dem Diluvium der Rheinebene zu entnehmen.

Das aus dem Granit stammende Wasser des Löwenbrunnens, das sich durch einen verhältnismäßig hohen Emanationsgehalt auszeichnet, zeigt dagegen keine entsprechende Steigerung des Radiumgehaltes. Dieser Befund steht im besten Einklang mit der stark Radium adsorbierenden Wirkung der Zersetzungsprodukte granitischer Gesteine. Zur Beurteilung der angegebenen Zahlen diene auch noch der Hinweis, daß der durchschnittliche Radiumgehalt des Meerwassers von verschiedenen Forschern in der Größenordnung 10^{-12} g Radiumelement im Liter gefunden wurde.²⁾ Zum Vergleich sind in der Tabelle 2 auch die als sehr emanationshaltig bekannten Quellen von Brambach, Bad Gastein und Baden-Baden angeführt.

Bestimmungen des Radiums selbst liegen bei diesen Quellen nicht vor. Beim Vergleich radioaktiver Quellen verschiedener Stärke darf man natürlich nur die Emanationsgehalte oder die Radiumgehalte unter sich vergleichen. Es läßt sich sehr wohl der Fall denken, daß von zwei Quellen die eine einen höheren Gehalt an Emanation und die andere einen höheren Gehalt an gelöstem Radiumsalz aufweist. Man kommt in einem solchen Falle mit den in der Balneologie üblichen allgemeinen Radiaktivitätsbezeichnungen nicht mehr aus, weil man nicht weiß,

¹⁾ Die Bohrung ist während des Krieges in Heidelberg wieder aufgenommen worden. Die Direktion der Städtischen Wasserwerke in Heidelberg hat nach der Wiederaufnahme der Bohrarbeiten Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. P. LENARD mit der Untersuchung des weiter erbohrten Wassers betraut. Herr Geh.-Rat LENARD wird seine Untersuchungen, wie er mir mitteilt, gesondert veröffentlichen. Die Absicht, die in dieser Arbeit beschriebenen Versuche durch eine Schlußbestimmung des Radiums und der Radiumemanation in dem jetzt zutage geförderten Wasser der Heidelberger Thermalbohrung zu ergänzen, konnte leider nicht ausgeführt werden, da die Verwaltung der Städtischen Wasserwerke in Heidelberg auf Veranlassung von Herrn Geh.-Rat LENARD die Entnahme von Wasser aus der Quelle verweigerte. E. EBLER.

²⁾ MEYER SCHWEIDLER „Radioaktivität“, Leipzig-Berlin 1916, Seite 450.

auf welchen der beiden radioaktiven Bestandteile man die Radioaktivität beziehen soll.

Man sieht auch hieraus, wie wichtig es ist, zur Schaffung klarer Verhältnisse, alle radioaktiven Bestandteile zu bestimmen und sie getrennt im Gleichgewichts- oder Gewichtsmaß anzugeben.

Die Frage, ob in balneologischer Hinsicht der Gehalt an Radiumemanation wichtiger sei als der Gehalt an gelöstem Radiumsalz, muß der medizinischen Forschung überlassen werden.

Frankfurt a. M., Chemisches Institut der Universität.

Bei der Redaktion eingegangen am 1. August 1921.
