

Über die Verwendung des Fontaktoskops zur Bestimmung des Emanationsgehalts von Quellwässern.

Von

W. Hammer und Fr. Vohsen.

Führt man in eine Ionisierungskammer reine Radiumemanation ein, so beobachtet man einen zeitlichen Anstieg des Sättigungsstromes infolge der entstehenden festen Zerfallsprodukte Ra A, B und C, der nach etwa 3 — 4 Stunden ein Maximum erreicht. H. W. SCHMIDT¹⁾ hat nun eine Tabelle berechnet, aus der man entnehmen kann, welchen prozentualen Anteil am gesamten Sättigungsstrom die Emanation allein zu einer Zeit t nach ihrem Einbringen in die Kammer hat. Die beiden ersten Kolumnen von Tab. I geben diese Tabelle wieder, ergänzt um den Wert für das Gleichgewicht ($t = \text{ca. } 180 \text{ Min.}$), die dritte Kolumne gibt an, wie groß der Gesamtstrom zur Zeit t in Prozenten des Gleichgewichtswertes ist.

Bei den nach dem Fontaktoskopprinzip ausgeführten Apparaten wird Wasser, das Emanation gelöst enthält, in die Kammer gefüllt und geschüttelt, um die Emanation auszutreiben. Beobachtet man in einem solchen Gefäß den zeitlichen Anstieg der Ionisation, so weicht die Kurve besonders in den ersten Minuten erheblich von der theoretischen ab. Die Beobachtungen wurden mit einem Fontaktoskop von der von dem einen von uns²⁾ angegebenen geschlossenen

1) H. W. SCHMIDT, Phys. Z. 1905 p. 561.

2) W. HAMMER, Phys. Z. 1912 p. 943. Das Instrument wurde inzwischen noch etwas verändert.

Form gemacht, bei welchem sich mittels Quecksilberabdichtung Emanationsverluste durch Hinausdiffundieren gänzlich vermeiden

Tabelle I.

| t Min. = Zeit nach dem Eintritt einer Ra-Emanation in die Ionisierungs-kammer | Anteil der Emanation allein am Gesamtstrom in Prozenten des Gesamtstroms | Anteil der Emanation allein am Gesamtstrom in Prozenten des Maximalwertes |
|---|--|---|
| 0 | 100 | 47 % ¹⁾ |
| 1' | 88,3 | 53,3 |
| 1'30 | 84,5 | 55,6 |
| 2' | 81,0 | 58,0 |
| 3' | 76,1 | 61,8 |
| 4' | 72,7 | 64,4 |
| 5' | 70,3 | 66,8 |
| 6' | 68,6 | 68,5 |
| 7' | 67,1 | 70,0 |
| 8' | 66,2 | 71,0 |
| 9' | 65,3 | 72,0 |
| 10' | 64,7 | 72,6 |
| 11' | 64,0 | 73,4 |
| 12' | 63,5 | 74,0 |
| 13' | 63,2 | 74,4 |
| 14' | 62,8 | 75,2 |
| 15' | 62,5 | 75,2 |
| — | — | — |
| — | — | — |
| — | — | — |
| ca. 180' | 47 ¹⁾ | 100 |

lassen, so daß man das Anklingen über mehrere Stunden hin beobachten kann. Es wurden eine Anzahl von Beobachtungsreihen aufgestellt, von denen 6 in gekürzter Form in Tab. II wiedergegeben sind: die erste Kolumne jeder Messungsreihe gibt die Zeit nach Beginn des Schüttelns in Minuten, die zweite den beobachteten Sättigungsstrom in willkürlichen Einheiten. Die dritte Vertikalreihe gibt diese Größe in Prozenten des gleich 100 gesetzten beobachteten Sättigungsstromes, nachdem das radioaktive Gleichgewicht eingetreten war. Die vierte Reihe sagt aus, wie groß zu der betreffenden Zeit dieser Prozentatz gemäß der theoretischen Tab. I hätte sein sollen. In der letzten Reihe endlich findet sich der Wert für die Emanation allein,

1) BERNDT (Ann. d. Phys. B- 38, 1912, p. 985) findet 46 %.

berechnet aus dem Gleichgewichtswerte (47 % des Gleichgewichtswertes), ferner dieselbe Größe aus den 9–13 Min. nach dem

Tabelle II.

| 1 $t = \text{Zeit nach dem Schütteln in Minuten}$ | 2 beob. J _t =beobachteter Strom in willkürlichen Einh. | 3 J _t in % von J _g (J _g Strom im Gleichgewichtszustand) | 4 J _t in % von J _g (theoretischer Wert) | 5 J _o = Strom zur Zeit t=0 |
|--|--|---|--|--|
| I | | | | |
| graphisch extrapoliert | 0' 1' 15" 10' 240' | 77,3 80,0 103 143 | 54 56 72 100 | 47 54 72,6 100 |
| | | | | 77,3 69 66,6 67,2 |
| II | | | | |
| | 0' 1' 20" 9' 30" 170' | 48 52,6 64,5 86,6 | 55,4 66,8 74,5 100 | 47 54,8 72,3 100 |
| | | | | 48 45,3 41,9 40,7 |
| III | | | | |
| | 0' 2' 30" 14' 30" 200' | 59 71,4 87,3 111,1 | 60,6 64,4 78 100 | 47 59 75 100 |
| | | | | 59 56,4 54,6 52,2 |
| IV | | | | |
| | 0' 1' 40" 13' 15" 130' | 66,6 64,4 74 100 | 60,6 64,4 74 100 | 47 59 74,5 100 |
| | | | | 60,6 51,2 46,8 47 |
| V | | | | |
| | 0' 1' 40" 13' 110' | 27,5 30,4 37,1 50 | 55,5 55,8 74,2 100 | 47 56 74,4 100 |
| | | | | 27,5 25,3 23,4 23,5 |
| VI | | | | |
| | 0' 2' 13' 180' | 167,4 181,2 216 300 | 55,8 60,4 72 100 | 47 58 74,4 100 |
| | | | | 167,4 147 136 141 |

Schütteln gemessenen Zahlen nach Tab. I ermittelt. Wie man sieht, stimmen diese Werte recht gut überein. Berechnet man aber den Wert für die Emanation aus den in den ersten 3 Min. gemessenen

Zahlen (2. Horizontalreihe jeder Messung), so fällt er stets erheblich zu groß aus. Die Werte für $t=0$ (I. Horizontalreihe jeder Messung) sind extrapoliert aus den in den ersten 10 Min. gefundenen Zahlen und liegen noch beträchtlich höher. Ähnliche Beobachtungen sind schon von verschiedener Seite¹⁾ gemacht worden: TITOW nennt die Ursache dieser Unregelmäßigkeiten „Parasitoionisation“ und weist auf einen Zusammenhang mit der Stärke und Dauer des Schüttelns hin. SOKOLOW glaubt, daß sich die aus der Flüssigkeit ausgeschüttelten Gase bei ihrem Freiwerden ionisieren. Wenn diese durch „Wasserfallelektrizität“ (LENARD-Effekt) entstehenden Ionen die alleinige Ursache der Störungen wären, so müßte sich auch unmittelbar nach dem Schütteln von indifferentem Wasser eine schnell abklingende Leitfähigkeit im Fontaktoskop zeigen; dies war bei unseren Versuchen nicht in nennenswertem Umfang der Fall.

Die im folgenden zu beschreibenden Versuche weisen darauf hin, daß diese Erscheinung sich wohl in folgender Weise befriedigend erklären läßt: Im allgemeinen wird sich die Emanation schon mehr als 3 Stunden in dem zu untersuchenden Wasser befinden, sie steht dann mit ihren Zerfallsprodukten Ra A, B und C im Gleichgewicht. Beim Schütteln befreit man nicht nur Emanation aus dem Wasser, sondern auch einen Teil der Zerfallsprodukte, die an Wasserblaschen geheftet sich an der Ionisierung der Luft beteiligen. Der Sättigungsstrom ist zur Zeit $t=0$, d. h. unmittelbar nach dem Schütteln, röhrt also nicht allein von der Emanation J_e her, sondern auch von diesen mit ausgeschüttelten Ra A, B und C-Teilchen.

Man muß also setzen:

$$J_o = J_e + J_s$$

wo J_s der von diesen Teilchen verursachte Anteil am Gesamtstrom ist. Diese schwebenden Produkte zerfallen nun oder sinken mit ihren Trägern, den Wasserblaschen, zu Boden und tauchen wieder im Wasser unter, jedenfalls ist ihre Wirkung nach ca. 3 Stunden unmerklich, da dann auch die nicht untergetauchten zerfallen sein müssen. Deshalb röhrt der maximale Wert der Ionisation lediglich von der ausgeschüttelten Emanation und von den von ihr im Gasraum

1) SOKOLOW, Journal d. Russ. Phys. chem. Ges. Phys. Abt. 37, 100, 1905.
TITOW, Radiumemanationsgehaltsbestimmung, Phys. Z., 1911 p. 476. S. auch
BERNDT, Ann. d. Phys. Bd. 38 1912 p. 973 Anm. HOLTHUSEN, Über quantitative
Radiumbestimmung durch Emanationsmessung, Heidelberger Akademie
1912 16. Abh.

gebildeten Zerfallsprodukten her, während die kurz nach dem Schütteln beobachteten Werte zu groß sind.

Direkte Versuche bestätigten diese Auffassung über die Ursache der Verzerrungen der Anklingungskurve, im Fontaktoskop: Schüttelte man nämlich in einem Gefäß emanationshaltiges Wasser aus und aktivierte einen negativ geladenen Metallzylinder in dem Gasraum, so klang seine Induktion auch bei ganz kurzer Exposition (10 Sek.) nicht nach der Kurve für Ra A (Halbwertszeit 3 Min.) ab, sondern näherte sich der Kurve für lange Exposition; (- die Halbwertszeit betrug in den ersten 10 Min. etwa 5—6 Min.), ein Beweis für das Vorhandensein merklicher Mengen von Ra B und C. Da sofort nach dem Schütteln aktiviert wurde, konnte sich das Ra B und C noch nicht aus der freigewordenen Emanation gebildet haben, letztere Produkte müssen also aus dem Wasser mit in den Luftraum hinausgeschüttelt worden sein. Es wurde versucht, diese schwebenden Teilchen durch 10 Min. dauerndes Anlegen eines starken Feldes (ca. 100 Volt pro cm) niederzuschlagen, und dann erst den Metallzylinder zu aktivieren. Sein Abklingen zeigt dann zwar eine Verringerung seiner Halbwertszeit, doch blieb noch eine starke Verzerrung der Kurve übrig. Die schwebenden Teilchen folgen also einem Felde nur langsam, wenn sie an schwere Träger gebunden sind oder zum Teil auch gar nicht, falls sie zeitweise ungeladen sind. Erst als das Gas durch ein enggestopftes Wattefilter in einen besonderen Aktivierungsraum getrieben wurde, zeigte der aktivierte Zylinder die für Ra A charakteristische Anklingungskurve.

Der folgende Versuch dürfte die Beweisreihe schließen: $\frac{1}{2}$ Liter stark emanationshaltigen Wassers (Brambacher Sprudel zur Zeit des Versuchs ca. 800 Mache-Einh. ca. 3 Mikro-Curie enthaltend) wurde ausgekocht und schnell durch Eis gekühlt. Dann ist das Wasser frei von Emanation selbst, doch befinden sich kurz nach dem Kochen ihre Zerfallsprodukte noch darin. Schüttelte man dieses Wasser im Fontaktoskop, so nahm die Leitfähigkeit der Luft erheblich zu und zwar stimmte die Größenordnung derselben mit der aus den Störungen der vorher erwähnten Versuche zu erwartenden überein. Nach kurzer Zeit sank sie bis auf die Normalgröße herab, ein Beweis dafür, daß es sich nicht um Emanationsreste handelt. Erneutes Schütteln rief wieder Leitfähigkeit hervor. Darauf wurde das Wasser ca. 30 Stunden im Fontaktoskop belassen, nach dieser Zeit brachte ein wiederholtes Schütteln keinerlei Ionisation mehr

hervor: das Ra, A, Bu. C war zerfallen und das Wasser gänzlich indifferent geworden.

Diese Beobachtungen zeigen, daß beim Schütteln erhebliche Mengen der festen Zerfallsprodukte mit in den Gasraum gelangen, sie verschwinden daraus teils durch mechanisches Absetzen, teils durch radioaktiven Zerfall, und es fragt sich nun, wie man diesen Umstand bei Emanationsbestimmungen nach einem Schüttelverfahren¹⁾ in Rechnung ziehen muß, und inwieweit dadurch die Meßgenauigkeit beeinflußt wird.

Kommt es auf möglichste Genauigkeit an, so wird man bei Verwendung eines Fontaktoskops geschlossener Form die Messung erst ca. 3 Stunden nach dem Schütteln vornehmen. Dann ist eine Störung durch mitausgeschüttelte feste Produkte ausgeschlossen. Der Anteil an der Ionisierung, der der Emanation allein unmittelbar nach dem Schütteln zukam, beträgt 47%²⁾ des beobachteten Endwerts. Da es aber unbequem ist, immer 3 Stunden mit der Messung zu warten, so wird es im allgemeinen genügen, ca. 13 Min. nach dem Schütteln zu messen, da in diesem Zeitpunkt die erwähnten Störungen schon gering sind, wie Tab. II zeigt, und nach Tab. I 63,2% des Wertes auf Rechnung der Emanation allein zu setzen.

Der Fehler wird bei diesem Verfahren im allgemeinen unterhalb 3—4% bleiben.

ENGLER und SIEVEKING³⁾ geben zwei Methoden zur Verwendung ihres Fontaktoskops an:

I. Man nehme die Messung 10 Min. nach dem Schütteln vor, verjage die Emanation sofort durch Auffüllen des Gefäßes mit indifferentem Wasser, messe dann die übrigbleibende Ionisation, die von den Zerfallsprodukten herröhrt, extrapoliere auf den Zeitpunkt der ersten Messung und ziehe diesen Betrag von der ersten Messung ab, um die Wirkung der Emanation allein zu erhalten.

II. Man kann obige umständliche Korrektion vermeiden, „mit einiger Übung und Geschicklichkeit kann man es dahin bringen, die

1) Es besteht wohl kein Zweifel, daß es exaktere Verfahren gibt als das Schüttelverfahren (Auskochen und Überführen in ein Emanations-elektrioskop), doch erfreut sich das Fontaktoskop wegen seiner einfachen Bedienung und Unabhängigkeit von Laboratoriumseinrichtungen einer großen Verbreitung.

2) Bei dieser Zahl ist schon berücksichtigt, daß die Emanation in den 3 Stunden etwas abnimmt.

3) Phys. Z. 1905 p. 702.

für eine derartige Messung erforderliche Zeit hinreichend abzukürzen, so daß man den Wert der induzierten Aktivität vernachlässigen kann“.

Eine Tabelle, welche für verschiedene Quellen nach beiden Methoden ziemlich dieselben Werte zeigt, soll die Berechtigung der zweiten Methode beweisen. Aber gerade diese Übereinstimmung muß beide Methoden verdächtig machen. Denn Tab. I zeigt, daß schon ca. 1 Min. nach dem Beginn des Schüttelns (und viel schneller wird sich die Messung wohl kaum vornehmen lassen, besonders bei geringen Aktivitäten) der Anteil der Emanation nur 88 % beträgt. Setzt man also den nach 1 Min. gefundenen Wert ein, so wird der Emanationsgehalt um 12 % zu hoch angegeben. Dazu kommt noch, daß sich unmittelbar nach dem Schütteln die Wirkung der mitausgeschütteten Zerfallsprodukte sehr bemerkbar macht, wie Tab. II zeigt, so daß der Fehler noch weiter in demselben Sinne gesteigert wird. Eine Messung derselben Menge emanationshaltigen Wassers nach den Verfahren I bzw. II von ENGLER und SIEVEKING ergab in willkürlichen Einheiten 79 bzw. 77, dagegen nach Tab. I aus den Werten für $t=11$ Min. bzw. 4 Stunden berechnet 66,6 bzw. 67,2, also ca. 12 % weniger. Dabei waren zufällig (die Menge der mitausgeschütteten festen Produkte hängt nämlich von der Stärke und Dauer des Schüttelns ab) bei dieser Messung sehr wenig Ra A, B und C mit augeschüttelt worden (siehe Messung 1, Tab. II), so daß dieser Versuch noch relativ zu günstig für das ENGLER und SIEVEKING'sche Verfahren ist. Bei Messung 2, Tab. II wäre die Differenz z. B. ca. 26 %.

Es wäre noch nach einer Erklärung zu suchen, warum das zweite Verfahren von ENGLER und SIEVEKING dieselben zu hohen Werte liefert wie das erste:

Wie oben gezeigt, setzen sich die Zerfallsprodukte ziemlich langsam ab und bleiben z. T. lange schweben. Verdrängte man durch Auffüllen mit indifferentem Wasser den Gasinhalt des Schüttelgefäßes, so verjagte man nicht nur die Emanation, sondern auch den schwebenden Teil des Ra A, B und C.

Bei der Kontrollmessung wird also nur der Teil der induzierten Aktivität gemessen, der sich schon auf den Gefäßwänden niedergeschlagen hatte und somit bei der Berechnung eine zu geringe Größe in Abzug gebracht.

Da ein großer Teil der Emanationsprüfungen von Quellen und sonstigen Flüssigkeiten, besonders soweit sie von medizinischer Seite

8 W. HANMER. BESTIMMUNG DES EMANATIONSGEHALTS VON QUELLWÄSSERN. [104]

erfolgten, nach den Methoden von ENGLER und SIEVEKING ausgeführt sind, so ist der Hinweis vielleicht von Wert, daß alle diese Messungen mindestens um 10 %, meistens wohl um erheblich mehr zu groß gefunden wurden.

Bei dem Apparat von H. W. SCHMIDT wird das Schütteln in einer besonderen Flasche vorgenommen und das Gas dann in die Ionisierungskammer getrieben. Wenn sich auch die festen Zerfallsprodukte z. T. in den Schläuchen absetzen werden, so werden doch Werte zu groß ausfallen¹⁾. Wenn man diese Teilchen durch ein Wattefilter fern hält, so weiß man nicht, wieviel auch von der Emanation dadurch absorbiert wird. Es empfiehlt sich also auch bei diesem Apparat, die Messung frühestens 10 Min. nach der Überführung des Gases in die Ionisierungskammer vorzunehmen.

E r g e b n i s .

I. Bei der Emanationsbestimmung nach einem Schüttelverfahren werden die festen Zerfallsprodukte Ra A, B und C zum Teil mit ausgeschüttelt, setzen sich aber, da sie an Wasserstaub geheftet sind, bald ab oder zerfallen.

II. Das Fontaktoskopprinzip läßt bei sich bei Verwendung eines geschlossenen Typs zu genauen Messungen benützen, wenn man bei voller Abdichtung die Messung ca. 3—4 Stunden nach dem Schütteln vornimmt. Da aber die anfänglichen Störungen nach etwa 10—15 Min. schon gering sind, so genügt es meist, wenn man die Messung in diesem Zeitintervall vornimmt und dann nach Tab. I rechnet. Genauigkeit im letzteren Fall ca. 3—4 %.

III. Die Verfahren von ENGLER und SIEVEKING geben erheblich zu hohe Werte.

Herrn Dr. G. v. HEVESY sind wir für verschiedene Hinweise zu Dank verpflichtet.

Freiburg i. Bad., März 1913.

1) Phys. Z. 1905 p. 561; s. auch Titow l. c.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Hammer Wilhelm, Vohsen Fr.

Artikel/Article: [Über die Verwendung des Fontaktoskops zur Bestimmung des Emanationsgehalts von Quellwässern, 97-104](#)