

Über das radioaktive Verhalten des Wassers von Graz und seiner Umgebung

von

Dr. Albert Wellik.

Aus dem physikalischen Institut der k. k. Universität in Graz.

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. November 1908.)

J. J. Thomson¹ hat, geleitet von der Erkenntnis, daß die Leitfähigkeit gewöhnlicher Luft beträchtlich zunahm, wenn er sie durch Cambridger Leitungswasser hindurchpreßte, als erster schon im Jahre 1902 gezeigt, daß man durch Erhitzen des Wassers zum Sieden oder mittels Durchperlen der Luft die radioaktive Emanation in Freiheit setzen kann. Seitdem wurden die Untersuchungen des Emanationsgehaltes von vielen Autoren in Angriff genommen, unter anderen 1902 von H. S. Allen² und Lord Blythswood in England, 1904 von P. Curie und A. Laborde³ in Frankreich, in demselben Jahre in Deutschland von Himstedt,⁴ Elster und Geitel,⁵ Dorn⁶ und Schenk,⁷ ferner 1904/1905 eine Reihe von Untersuchungen des Emanationsgehaltes in den Quellen der bedeutendsten österreichischen Bäder von H. Mache und St. Meyer.⁸

¹ J. J. Thomson, Phil. Mag., Sept. 1902.

² H. S. Allen und Lord Blythswood, Nature, 68, p. 343 (1903); 69, p. 247 (1904).

³ C. R., 138, p. 1150 (1904).

⁴ F. Himstedt, Ann. d. Phys., 13, p. 573 (1904).

⁵ J. Elster und H. Geitel, Physik. Zeitschr., 5, p. 321 (1904).

⁶ E. Dorn, Abhandl. d. Naturf. Ges. Halle, 25, p. 107 (1904).

⁷ R. Schenk, Inauguraldiss. Halle 1904.

⁸ H. Mache, Wiener Sitzungsber., 113, Abt. IIa, p. 1329 (1904); H. Mache und St. Meyer, ebenda, 114, Abt. IIa, p. 355 und 545 (1905); H. Mache, St. Meyer und E. v. Schweidler, Wiener Anz. vom 16. Februar 1905.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit war, die radioaktiven Eigenschaften einiger Quell- und Brunnenwässer von Graz und seiner Umgebung zu untersuchen, und zwar:

1. quantitativ vergleichbare Messungen des Emanationsgehaltes zu liefern;
2. den Charakter dieser Emanation durch Beobachtung der Abfallskonstante festzustellen;
3. die Abklingungskurven der erregten Aktivität bei allen Quellen, soweit nicht der geringe Betrag derselben eine genauere Messung illusorisch machte, zu bestimmen;
4. schließlich die eventuelle Anwesenheit radioaktiver Muttersubstanz in den hier untersuchten Wässern festzustellen.

An dieser Stelle sei ausdrücklich hervorgehoben, daß es bei den folgenden Untersuchungen nur möglich war, langlebige Emanationen direkt nachzuweisen. Da die Untersuchungen im Laboratorium durchgeführt wurden und von der Probeentnahme bis zur Messung größtenteils mehrere Stunden verstrichen waren, mußten sich die kurzlebigen Emanationen, wie Aktinium- und Thoremation, naturgemäß der Beobachtung entziehen, es sei denn, daß sie in sehr beträchtlichen Mengen vorhanden sind. Nur rasch durchgeführte Messungen an Ort und Stelle mit einem transportablen Apparat können über das Vorhandensein derartiger Emanationen Aufschluß geben.

In zwei Fällen — wie später berichtet wird — in denen nach den ersten Messungen Thoriumemanation im Wasser anwesend zu sein schien, wurden auch mit einem Fontoskop an der Stelle der Probeentnahme die Versuche wiederholt.

I. Methode der Untersuchung.

Der Emanationsgehalt des Wassers wurde nach der jetzt allgemein üblichen, von Elster und Geitel¹ zuerst eingeführten Methode gemessen. Die Versuchsanordnung war der Mache'schen nachgebildet.

Auf einer Glasplatte war eine Blechplatte aufgelegt; darauf stand ein Exner'sches Elektroskop mit parallaxenfreier Spiegelablesung von Elster und Geitel. Die Eichung desselben wurde

¹ J. Elster und H. Geitel, Physik. Zeitschr., 3, p. 574 (1902).

mit Akkumulatoren vorgenommen, deren elektromotorische Kraft vorher mit einem Voltmeter genau bestimmt war. Als Zerstreungskörper wurde nach einem Vorschlage E. v. Schweidler's ein Messingteller mit herabhängenden Stiften verwendet, um im ganzen Glockenraume gleichmäßig Sättigungsstrom zu erzielen. Darüber war eine große zylindrische Glasglocke, deren Innenwand mit einem dicht anschließenden Messingdrahtnetz ausgekleidet war, gestülpt, mit ihrem abgeschliffenen Rande auf die Glasplatte aufgesetzt und mit Vaselinefett vollständig abgedichtet. Das Elektroskop wurde durch ein Fenster aus Spiegelglas abgelesen und mittels eines die Glasplatte isoliert durchsetzenden, mehrfach rechtwinklig gebogenen Drahtstückes, welches durch Drehen an einem isolierenden Griffe mit den am Messingteller angelöteten Stiften zum Kontakt gebracht werden konnte, mit Trockensäule geladen. In der Glasplatte und in einer Öffnung der Glasglocke waren je ein Hahn luftdicht eingesetzt, so daß durch ein mittels eines Motors betriebenes Kautschukgebläse die in der Glasglocke befindliche Luft durch den einen Hahn angesaugt, hierauf in kräftigem Luftstrom durch das zu untersuchende Wasser getrieben, endlich über eine Chlorcalciumvorlage durch den zweiten Hahn wieder eingeführt werden konnte. Durch diesen in sich geschlossenen Luftstrom wird dem emanationshaltigen Wasser die Emanation entzogen und in den Meßraum ein-geblasen, wo der Sättigungsstrom gemessen wird.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß die unten mitgetheilten Versuche sich nur auf die im Wasser absorbierte Emanation, nicht aber auf Quellgase erstrecken, weil bei keiner der aufgefundenen Quellen ein Aufsteigen freien Gases wahrgenommen wurde. Da die untersuchten Wässer auch nur geringe Mengen absorbierten Gases enthielten, konnte durchwegs die Verwendung der von H. Mache und St. Meyer eingeführten Vorschaltflasche unterbleiben; aus demselben Grunde wurde auch von dem Quecksilberabschluß Mache's und Meyer's Abstand genommen. Um aber dennoch eine eventuelle Undichtigkeit der Apparate unschädlich zu machen, wurde vor Beginn des Durchpressens etwas Luft aus der Glasglocke aspiriert, wodurch schon von Anfang an in

derselben und in den Verbindungsschläuchen ein geringerer Luftdruck herrschte, als dem jeweiligen Barometerstand außerhalb entsprach. Geringe Mengen absorbierten Gases, das beim Prozeß des Durchquirlens der Luft frei wird, hatten dann keine bedeutende Drucksteigerung im Apparat zur Folge. Nach Beendigung des Versuches wurde dann unmittelbar vor dem Abheben der Glasglocke der obere Hahn geöffnet und in der Tat fast immer ein schwaches Einströmen von Luft bemerkt, ein Beweis, daß im Glockenraume keine Drucksteigerung erfolgt war.

Zur Verwendung gelangten zwei Apparate, deren Dimensionen sich wesentlich unterschieden. Der Glassturz des ersten Apparates hatte ein Volumen von $27 \cdot 3 \text{ dm}^3$, jener des zweiten ein solches von $14 \cdot 3 \text{ dm}^3$. Das Volumen des Drahtnetzes war im ersten Falle $22 \cdot 2 \text{ dm}^3$, im zweiten $10 \cdot 4 \text{ dm}^3$. Die nach der Methode von Harms¹ bestimmten Kapazitäten der beiden Systeme betragen für die erste Anordnung $18 \cdot 0 \text{ cm}$, für die zweite $17 \cdot 2 \text{ cm}$.

Die Zeit bis zum Erreichen des Gleichgewichtes der Emanation zwischen Wasser und Luft war selbst für das gleiche Wasserquantum niemals gleich; denn da kleine Reibungsunterschiede einen verschieden schnellen Gang des Motors bewirkten, war für die Fördermenge der Luft nicht die Zeit seiner Einschaltung maßgebend, sondern die Anzahl der stattgehabten Pressungen des Gummigebläses. Es wurde daher ein Zählwerk angebracht, welches nach jedesmaliger Pressung des Kautschukgebläses um eine Einheit vorwärts sprang. Bei einer Fördermenge von $7 \cdot 0 \text{ l}$ Luft in 100 Pressungen war dann — die stets verwendete Wassermenge betrug $7 \cdot 5 \text{ l}$, um auch bei schwach aktiven Wässern gut meßbare Effekte zu erzielen — der Gleichgewichtszustand in 6000 Pressungen erreicht, welche in der Regel in einer Zeit von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden erfolgten. Aus mehrmaligen Versuchen nach dem Vorschlage von H. Schmidt² ergab sich, daß bei der verwendeten Versuchsanordnung nach 1000 Pressungen, d. i. bei einer Fördermenge von 70 l Luft durch $7 \cdot 5 \text{ l}$ Wasser $83 \cdot 6\%$ des

¹ Physik. Zeitschr., 5, p. 47 (1904).

² Physik. Zeitschr., 8, p. 107 (1907).

maximalen Sättigungsstromes erreicht waren. Es hätte demnach der Messungsvorgang wesentlich abgekürzt werden können; der Umstand jedoch, daß für die induzierte Aktivität oftmals ein zu geringer Betrag erhalten worden wäre, der eine genauere Beobachtung des zeitlichen Abklingens derselben vereitelt hätte, war bestimmend, von diesem abgekürzten Verfahren außer bei Kontrollversuchen und einigen fortlaufenden Aktivitätsmessungen des Grazer Leitungswassers keinen Gebrauch zu machen.

Die Untersuchung der Zerfallsprodukte der Emanation geschah in folgender Weise: Nach Beendigung der Messung des Sättigungsstromes wurde Glassturz und Drahtnetz abgehoben und durch kräftiges, aber vorsichtiges Ausblasen gelüftet, damit nicht die äußerst dünne Haut des aktiven Beschlages abbröckelt. Hierauf wurde Drahtnetz und Glassturz wieder aufgesetzt und durch einige Stunden das Abklingen der induzierten Aktivität beobachtet. Aus der hierfür erhaltenen Kurve wurde der Wert für die Zeit des Abhebens extrapoliert.

Es sei noch bemerkt: Bei der Elster-Geitel'schen Anordnung steht ein offenes Elektroskop im Inneren der Glasglocke; während der ganzen Zeit des Durchpressens der Luft durch das emanationshaltige Wasser diffundiert durch die vom Messingstift durchsetzte Öffnung des Elektroskopes Emanation in das Gehäuse hinein, die auch beim Lüften des Apparates durch Ausblasen durchaus nicht vollkommen entfernt wird. Die Folge davon wird sein, daß durch die im Elektroskop nachher noch vorhandene geringe Spur der Emanation die Abfallszeit der induzierten Aktivität verlangsamt wird. Dieser Übelstand wurde zum Teil dadurch beseitigt, daß auf die Elektroskopöffnung ein kleiner Paraffinblock dicht aufgedrückt wurde. Allerdings stieg dann der ursprüngliche Strom um einige Hundertel Volt pro Minute. Derselbe blieb aber nach wie vor nahezu konstant. Die geringe Leitfähigkeit, die Paraffin unter der Einwirkung der Strahlen der Radiumemanation annimmt, brauchte naturgemäß nicht berücksichtigt zu werden.

Der Zerstreungsteller wurde bei allen Messungen nur positiv geladen, um das Ansetzen des aktiven Niederschlages stets in der gleichen Weise am Drahtnetz zu erzielen.

Zur Methode der Untersuchung sei Folgendes bemerkt:
Es bedeute

i_0 die ursprüngliche, am Elektroskop abgelesene Zerstreuung,
 i den nach erreichtem Gleichgewicht gemessenen Sättigungsstrom,

i_i den auf die Zeit des Abhebens der Glasglocke extrapolierten Wert der induzierten Aktivität, vermindert um den auf den Reststrom entfallenden Teilbetrag i_0 ;

ferner bedeute:

R das Volumen des Meßraumes,

V das gesamte, für den Versuch abgeschlossene Luftvolumen,

v das untersuchte Wasserquantum und

E den zu bestimmenden Emanationsgehalt in der Volumeinheit Wasser;

endlich sei

α der Teilungskoeffizient des Wassers für Emanation.

Drückt man die Tatsache, daß die gesamte, vor Beginn der Messung in der Versuchsanordnung enthaltene Emanationsmenge gleich jener nach dem Erreichen gleichmäßiger Verteilung im ganzen Kreise ist, durch eine Gleichung aus, so gilt:

$$v \cdot E = \frac{i - i_0 - i_i}{R} (V + \alpha v);$$

setzt man zur Abkürzung $i - i_0 - i_i = i'$, dann erhält man den zu bestimmenden Betrag des Emanationsgehaltes in der Volumeinheit Wasser:

$$E = \frac{V + \alpha v}{Rv} \cdot i'.$$

Darin bedeutet α , wie erwähnt, den Teilungskoeffizienten des Wassers für Emanation. Er gibt für das Emanationsgleichgewicht das Verhältnis der in der Volumeinheit des Wassers enthaltenen Emanationsmenge zu der in der Volumeinheit Luft vorhandenen Emanationsmenge

$$\alpha = \frac{E}{v} : \frac{e}{V}.$$

Man wird für den Wert von α in genügender Übereinstimmung mit den von v. Traubenberg¹ für Freiburger Leitungswasseremanation, von Mache² für Gasteiner Emanation und R. Hofmann³ für künstlich aktiviertes Wasser bei Zimmertemperatur gefundenen Zahlen unbedenklich etwa $\frac{1}{3}$ setzen dürfen.

In der obigen Formel ist auch die Korrektur, welche angebracht werden muß, um denjenigen Betrag der Emanation in Rechnung zu ziehen, der in der Chlorcalciumvorlage, den Schlauchverbindungen, im Gebläse, ferner im Luftraum oberhalb des Drahtnetzes und des Versuchswassers, endlich auch noch im Wasser nach erreichtem Gleichgewichte zurückbleibt und zum Sättigungsstrom im Meßraume R selbst nichts beiträgt, schon enthalten.

Was die Wahl der Dimension der Gefäße anlangt, so ist theoretisch bei gegebenem Wasserquantum bei unendlich großem Meßraume der größte Sättigungsstrom zu erwarten, wie sich aus der obigen Formel ergibt:

$$i' = E \frac{R \cdot v}{V + \alpha v} = Ev \frac{1}{1 + \frac{v' + \alpha v}{R}},$$

wobei v' das oberhalb des Meßraumes im Glassturze, in der Trockenvorlage, im Gebläse und in den Schlauchverbindungen enthaltene Luftquantum bedeutet, so daß $v' = V - R$ ist.

Aus dieser Formel ersieht man, daß bei den gewählten Dimensionen das ideale Maximum bis auf 31·5% bei der ersten, auf 46·5% bei der zweiten Anordnung erreicht war. Mit Rücksicht auf die Dauer der Versuche wurde das Wasserquantum aus praktischen Gründen nicht größer als 7·5 l gewählt, das, wie es sich zeigte, auch hinreicht.

II. Durchführung der Messungen.

Aufsuchung und Probeentnahme des Wassers.
Bei der vorliegenden Arbeit wurden vornehmlich die Quellen

¹ Physik. Zeitschr., 5, 130 (1904).

² Wiener Sitzungsber., 113, p. 1329 (1904).

³ Physik. Zeitsch., 6, 337 (1905).

und Brunnen jenes Niederschlagsgebietes in Betracht gezogen, das von den gegen das Grazer Becken hin abfallenden Lehnen der Hügel und Berge gebildet wird, welche die Stadt Graz am rechten Murufer von Straßgang bis Judendorf und am linken Murufer von Weinzödl bis Raaba einrahmen.

Mit Ausnahme des ausgedehnten Schöcklgebietes wurden die Lehnen mit Aufmerksamkeit begangen und unter Zuhilfenahme von Erkundigungen fast sämtliche Quellen besucht, so daß jedenfalls mehr als 50% aller in diesem Gebiete zutage tretenden Quellen in Untersuchung gezogen erscheinen, während dies beim östlichen Gehänge des Schöckls nur bezüglich eines kleinen Bruchteiles der vorhandenen Quellen der Fall ist.

Obschon es sich empfehlen würde, eine wiederholte Probeentnahme und Untersuchung der Quellwässer vorzunehmen, weil die Quellen nur aus dem Wasser der meteorischen Niederschläge entstehen und je nach der Absorptionsfähigkeit des Bodens für Niederschlagswasser viele derselben während der Regenzeit stärker fließen als während trockener Zeiten, demnach eine Veränderlichkeit ihres Emanationsgehaltes mit der Jahreszeit nicht ausgeschlossen ist, so mußte ich mich doch in den meisten Fällen auf eine einmalige Probeentnahme beschränken.

Hingegen wurde beim Füllen der Wasserprobeflaschen mit großer Vorsicht zu Werke gegangen, um unter Vermeidung einer Durchrüttlung oder Berührung des Probewassers mit Luft ein Entweichen der Emanation möglichst zu verhindern.

Die Flaschen wurden stets vollständig gefüllt, um auch beim Transport eine Luftdurchmischung des Wassers zu vermeiden, und durch Kautschukstöpsel luftdicht abgeschlossen. Um dann die Zirkulation des Blasenstromes zu ermöglichen, wurden von den 8 l enthaltenden Flaschen, ohne den Verschluss zu entfernen, durch Öffnung der beiden Hähne und mittels Heberwirkung eines an die lange Röhre angesetzten Schlauches 0.5 l abgelassen.

Ausführung der Messungen. Beobachtet wurde zunächst i_0 ; hierauf wurde das Wasserquantum in den geschlossenen Luftkreis eingeschaltet und die Luft durch das zu untersuchende Wasser bis zur Erreichung des Emanations-

gleichgewichtes, d. i. 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden, gepreßt. Dann wurde i durch Beobachtung ermittelt. Da die in den Meßraum R einblasene Emanation auf die Wände des Gefäßes induzierend eingewirkt hat, wurde nach Beendigung des Durchpumpens Glassturz und Drahtnetz abgehoben und der Apparat kräftig gelüftet; nachdem beide wieder aufgesetzt waren, konnte i_i , das ist der auf die Induktion entfallende Teilbetrag des Sättigungsstromes, beobachtet werden. Dieser wurde dann auf die Zeit des Abhebens der Glasglocke extrapoliert. V , R , v konnte durch Messung ermittelt werden. Setzt man die in einem speziellen Falle für i_0 , i und i_i gefundenen Werte in die obige Gleichung ein, so ergibt sich daraus der zu bestimmende Emanationsgehalt in der Volumeinheit Wasser.

III. Beschreibung der Lage der untersuchten Quellen.

Um zur Feststellung einer eventuellen Veränderlichkeit des Emanationsgehaltes der hier in Bearbeitung gezogenen Quellen ein späteres Auffinden zu ermöglichen, folgt nachstehend eine kurze Beschreibung derselben:

A. Rechtes Murufer: Niederschlagsgebiet des nördlichen Gehänges des Florianiberger, östlichen Gehänges des Buchkogels, östlichen und westlichen Gehänges des Ölberges, östlichen Gehänges des Kollerberges und Mühlberges, östlichen, westlichen und nördlichen Gehänges des Plabutsch (Fürstenstand) und nordöstlichen Gehänges des Frauenkogels.

17. Quelle am nördlichen Abhang des Florianiberger, ungefähr 700 *m* östlich¹ von Straßgang (sogenanntes »Kasparbründl«), vom Friedhof Straßgang ostwärts durch einen schwach ansteigenden Waldweg erreichbar. Die Quelle fließt in ein betoniertes Becken, das als Wasserbehälter für einen Teil der Straßganger Wasserleitung dient.

19. Quelle am nördlichen Abhange des Florianiberger, 1800 *m* östlich von Straßgang.

¹ Alle angegebenen Entfernungen beziehen sich, wenn nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt wird, auf die Horizontalprojektion und auf die Mitte der zunächst liegenden Ortschaft als Ausgangspunkt.

33. Quelle, beziehungsweise Reservoir am Südabhänge des Buchkogels, im Kehlberg gelegen. Von ihr führt eine 1·6 *km* lange Holzröhrenleitung in den Schloßhof St. Martin. An der Mündung derselben wurde die Flasche gefüllt.

42. Quelle »Beim Bründl«, südlich der Ackerbauschule Grottenhof, am nordöstlichen Fuße des Steilabhanges des Buchkogels entspringend, durch reiche Wassermenge ausgezeichnet. Die Füllung erfolgte aus dem vor der Mündung sich bildenden Becken.

32. Leitungswasser der steiermärkischen Landesackerbauschule Grottenhof. Aus dem oberhalb des Direktionsgebäudes gelegenen Reservoir konnte die Probeentnahme aus hygienischen Gründen nicht erfolgen, sondern geschah am Ende einer an dasselbe angesetzten, etwa 100 *m* langen Eisenröhrenleitung.

22. Quelle, 50 *m* westlich und oberhalb der Ortschaft Krottendorf, am südöstlichen Fuße des Ölberges (Sanatorium Schweizerhof); bei den am 10. Juni 1907 vorgenommenen Grabungen am Bergabhänge füllte sich eine 1·5 *m* tiefe Grube aus mehreren kleinen Zuflüssen stets in kurzer Zeit mit Wasser. Die Grube wurde mittels einer Feuerspritzpumpe vollständig entleert und von dem innerhalb 5 Minuten in die Grube nachgeflossenen Wasser die Probe direkt in die Flasche gepumpt.

59. Quelle bei der Militärschießstätte am Feliferhof. Von den vielen unterhalb der großen Schießhalle innerhalb 4 *km*² entspringenden Quellen wurde aus der am leichtesten fangbaren Quelle geschöpft.

71. Quelle in der Einöde, 620 *m* südwestlich von Wetzelsdorf, am Ostabhänge des Ölberges. Eine zirka 100 *m* lange Röhrenleitung ist von der eigentlichen Quelle, die nicht zugänglich ist, bis zum Bade Einöd gelegt. An der Ausflußstelle erfolgte die Probeentnahme.

36. Leitungswasser der Hubertusvilla (Lindenhaus) in Wetzelsdorf (Rechbauerweg Nr. 35). Das Reservoir befindet sich etwa 1 *km* westlich ober Wetzelsdorf. Die Probeentnahme geschah am Ende der Leitung im Parke der Villa.

34. Wasserreservoir, 800 *m* westlich von Wetzelsdorf nach Thal, am Zusammenstoß des Südabhanges des Kollerberges

und des Nordabhanges des Ölberges gelegen. Das aus dem Reservoir überfließende Wasser wurde eingefüllt.

43. Quelle, beziehungsweise Wasserbehälter des Schlosses Eggenberg, südöstlich des Gaisberges, oberhalb der Ortschaft Baidorf gelegen; das aus dem Reservoir überfließende Wasser macht die Größe eines kleinen Baches aus. Die Probeentnahme erfolgte an der Ausflußstelle aus dem Behälter.

65. Richardquelle im Parke der Kuranstalt Eggenberg (Fassung 1899). Der Quellursprung ist durch einen 30 *m* langen Stollen zu erreichen. Die Quelle selbst ist nach starkem Regen ziemlich wasserreich; zur Zeit großer Trockenheit vermindert sich ihre Ergiebigkeit bedeutend. Die Probeentnahme erfolgte an der Mündung der ungefähr 50 *m* langen Röhrenleitung.

64. Wasserbecken, 100 *m* unterhalb der Einsiedelei in Eggenberg, südöstlich der Selmaquelle (Sickerwasser). Der Zufluß in das Becken erfolgt unterhalb des Wasserspiegels. Er steht mit der Selmaquelle wahrscheinlich in keinem Zusammenhange. Die in der Nähe befindliche sogenannte Selmaquelle liefert während eines großen Teiles des Jahres überhaupt kein Wasser. Auch in den Monaten Juni bis Oktober des Jahres 1907 war sie gänzlich versiegt.

66. Wasserbecken (Sickerwasser), wenige Schritte oberhalb der sogenannten Selmaquelle gelegen. Ein Zusammenhang mit der Einsiedeleiquelle ist nicht ausgeschlossen.

67. Einsiedeleiquelle, oberhalb des Kurhauses Eggenberg, am Südgehänge des Mühlberges. Der Quellursprung ist am Ende eines 80 *m* langen, künstlich getriebenen Stollens, woselbst das Wasser aus der Höhe von 2 *m* wasserfallartig herabstürzt. Auch diese Quelle ist nach Zeiten großer Trockenheit sehr wasserarm. Bis zum eigentlichen Ursprung kann man wegen des dort stark sich verengenden Stollens nicht gelangen. Die Probeentnahme erfolgte oberhalb des 2 *m* hohen Wasserfalles.

65, 64, 66, 67 sind keine Quellen im eigentlichen Sinne; sie entspringen aus der Eggenberger Breccie, einem durch Umlagerung entstandenen Trümmergestein, das der Bildung von Quellen überhaupt ungünstig zu sein scheint.

27. Quelle, beziehungsweise Wasserreservoir, 450 *m* nordwestlich der Kirche Eggenberg, am südöstlichen Gehänge des Mühlberges, oberhalb der neuerbauten Villa Schaffer gelegen. Vom Reservoir führt zu dieser eine 500 *m* lange Röhrenleitung, an deren Mündung die Füllung der Flasche erfolgte.

39. »Floraquelle«, südwestlich von Gösting, am Westabhange des Bauernkogels (Fürstenstandes), etwa 0·8 *km* oberhalb der Straße, die von Gösting nach Thal führt.

23. Quelle, 200 *m* westlich der Ortschaft Plabutsch, am Südrande des sogenannten Steinbruchweges (Göstingerstraße Nr. 19). Von dem Ursprung der Quelle, der nicht zugänglich ist, führt eine 150 *m* lange Eisenröhrenleitung zum Steinbruchplatze. Die Füllung geschah am Ende dieser Leitung.

21. Quelle, 300 *m* westlich der Ortschaft Plabutsch, am Nordrande des sogenannten Steinbruchweges entspringend (Reservoir der Kesselfabrik Saiz). Man steigt in einen 4 *m* tiefen Schacht, von dem aus der Ursprung der Quelle durch einen 6 *m* langen unterirdischen Gang erreichbar ist. Dort wurde die Probe entnommen.

20. Quelle unterhalb des Wasserbehälters des k. u. k. Monturdepots, zirka 850 *m* nordwestlich der Ortschaft Plabutsch, am Ostfuße des Bauernkogels an der Göstingerstraße. Die Quelle ist primitiv gefaßt. Die Probeentnahme wurde an der Mündung der Röhre vorgenommen.

28. Wasserbehälter des Plabutscher Schlosses, 1000 *m* nordwestlich der Ortschaft Plabutsch, am östlichen Abhange des Bauernkogels, im Parke oberhalb des Schlosses gelegen. Fünf Quellen, die nicht getrennt aufgefangen werden konnten, fließen in ein großes Sammelbecken, aus dem die Probe entnommen wurde.

30. Quelle 500 *m* südöstlich von Gösting, am nordöstlichen Fuße des Bauernkogels, oberhalb des Brauhauses Gösting. Sie ergießt sich zunächst in ein großes Reservoir; da der Zufluß unter dem Wasserspiegel erfolgt, wurde der Zeitpunkt abgewartet, bis das Reservoir zwecks Reinigung ausgepumpt wurde; dann war die Mündung der Quelle zugänglich und es konnte die Probeentnahme erfolgen. Am Ende einer an dieses Reservoir angesetzten

31. Röhrenleitung (200 *m* lang) wurde eine weitere Probe entnommen. Bei dem großen Fassungsraume des Reservoirs steht das Wasser längere Zeit, bis es zum Auslaufe gelangt. Die am Ende der Leitung entnommene Probe zeigt einen Verlust des Emanationsgehaltes von $18 \cdot 3\%$ von der am Ursprung der Quelle enthaltenen Emanationsmenge.

38. Quelle, beziehungsweise Wasserreservoir, 300 *m* südwestlich des Schlosses Gösting (Villa Dr. K. Laker). Der Quellursprung war nicht erreichbar. Aus dem 2 *m* tiefen Becken fließt das Wasser nur langsam ab. Der für den Sättigungsstrom erhaltene Wert ist daher als untere Grenze zu betrachten. Durch Pumpen mittels einer bis auf den Grund des Reservoirs reichenden eisernen Saugpumpe wurde die Probe entnommen.

8. Quelle, 200 *m* südlich und unterhalb der Ruine Gösting. Von der »Villa Annenheim« führt ein schmaler Waldweg westwärts zur Quelle hinab. Dieselbe versiegt zeitweise und ist nicht gefaßt, sondern fließt aus vielen kleinen Kanälchen in ein aus Trockenmauerwerk hergestelltes Becken, aus dem die Probeentnahme erfolgte.

26. »Johannenquelle« (K. J. Schwarz' Hochquellenwasserleitung), etwa 500 *m* nordwestlich der Ortschaft Raach, am Nordostabhänge des Steinberges. Die Probe wurde nicht aus dem Reservoir entnommen, sondern am Ende einer an dieses angesetzten, etwa 200 *m* langen Eisenröhrenleitung. Die Quelle selbst ist derart ergiebig, daß das über das Reservoir überfließende Wasser die Größe eines kleinen Baches ausmacht.

37. Wasserreservoir, 600 *m* südwestlich von Judendorf, 400 *m* östlich der Kirche Straßengel am Waldrande. Da das Reservoir mit einer Steinplatte vermauert war, geschah die Entnahme der Probe am Ende einer etwa 80 *m* langen Röhrenleitung.

41. Quelle der »sieben Bründl« zwischen Raach und Judendorf, 1 *km* östlich der Eisenbahnstation Judendorf. Von der Quelle führt eine 10 *m* lange Holzröhrenleitung, an deren Ende sieben Ausflußröhren angesetzt sind, unterhalb des Bahndammes zur Straße. An der Mündung einer der Röhren wurde die Probeentnahme vorgenommen.

B. Linkes Murufer: Südliches Gehänge des Kanzlkogels und Rohrerberges, westliches Gehänge des Kohlernickkogels, südwestliches Gehänge des Schöckls, südliches Gehänge der Platte, Nordlehne des Mariatroster Tales, West- und Südlehne des Ruckerlberges und Westlehne des Höhenrückens bis Raaba, endlich die Schöpfbrunnen des Grazer Wasserwerkes in der Talsohle und einige Brunnen von Graz.

24. Quelle, 400 *m* nördlich der Ortschaft Weinzödl, am Südabhänge des Admonterkogels. Die sehr ergiebige Quelle, die auch zur Zeit großer Trockenheit nicht wasserärmer wird, entspringt in unmittelbarer Nähe der Villa Dr. Metz am Waldrande. 10 *m* von ihr entfernt, entspringt eine noch reichlicher fließende Quelle, die aber nicht zugänglich war.

35. Quelle, 750 *m* nördlich des Schlosses St. Gotthard, am Ostabhänge des Kanzlkogels (Admonterkogels). Die Quelle fließt aus einer Felsspalte in ein kleines, natürliches Becken, aus dessen Grunde die Probeentnahme erfolgte.

62. Quelle am Rohrerberg, 1000 *m* nördlich von St. Veit, nicht gefaßt.

40. Ursprung des Pailbaches, dessen Mündung in die Mur 1·8 *km* oberhalb der Weinzödlbrücke erfolgt, nördlich des Dynamitmagazins des k. u. k. Artilleriezeugsdepots in Schattleiten.

9. Andritzursprung, am Fuße der nach Südwest steil abfallenden Kalchleiten. Die Quellen des Ursprunges der Andritz fließen in ein großes natürliches Bassin von 2 bis 3 *m* Tiefe. Nahe dem Zufluß, der unter dem Wasserspiegel erfolgt, führt über dasselbe ein schmaler Steg. Von diesem aus konnte die Füllung vorgenommen werden.

Von den am Südostfuße des Schöckls in und oberhalb Radegund entspringenden Quellen wurden folgende untersucht:

1. Melaniequelle (Fassung 1864), westlich Radegund, am Hohenwartsteig ($t = 9\cdot2^{\circ}$ C.).

4. Theresienquelle, nördlich des Kurhauses Radegund entspringend ($t = 8\cdot7^{\circ}$ C.).

3. Bertaquelle, nordöstlich des Polensteines, oberhalb der Douchequelle gelegen ($t = 7\cdot8^{\circ}$ C.).

5. Schindlerquelle (Fassung 1864), östlich der Bertaquelle ($t = 8 \cdot 5^\circ \text{ C.}$).

2. Rosaquelle (Fassung 1903, $t = 9 \cdot 3^\circ \text{ C.}$).

6. Source des paresseux, nördlich des Teiches von Radegund, auf dem Wege vom Kursaal zur Rosaquelle gelegen ($t = 10 \cdot 8^\circ \text{ C.}$).

7. Eremitenquelle (Fassung 1870), entspringt an der Südseite der Kirche von Radegund ($t = 8 \cdot 7^\circ \text{ C.}$).

Sämtliche untersuchten Radegunder Quellen sind sehr gut gefaßt.

8. Annenquelle in Mariatrost. Dieselbe entspringt am rechten Ufer des Kroisbaches, unterhalb der Brücke in Mariatrost. Der Ursprung der Quelle liegt nur wenig höher als das Niveau des Baches.

50. Leitungswasser auf der Anhöhe der Mariatrosterkirche, dessen Reservoir auf der sogenannten »Fasslhöhe« gelegen ist. Die Länge der Röhrenleitung beträgt $2 \cdot 4 \text{ km}$.

11. Quelle am Südwestabhange der Platte, unterhalb des Gehöftes »Lechbauer«. Die Quelle fließt in vielen kleinen Äderchen in ein aus Trockenmauerwerk angelegtes Becken. Auf den Grund desselben wurde ein Schlauch eingeführt und die Flasche gefüllt.

52. Quelle nordöstlich der Ziegelbrennerei in Unterandritz, 750 m östlich von Unterandritz, am Unterweizbache.

12. Ulrichsquelle (Ulrichsbrunnen), nordöstlich des Steinbruches Andritz, südlich von Unterandritz, in der Kirche St. Ulrich. Die Quelle entspringt hinter dem Hochaltar der Kirche St. Ulrich (Ulrichsquelle) und fließt zunächst in ein gefaßtes Becken. Da weder Mündung der Quelle noch Becken zugänglich war, wurde die Probe am Ende der an das Becken angesetzten, etwa 150 m langen Holzröhrenleitung entnommen (»Ulrichsbrunnen«).

45. Quelle im Keller des Hauses Quellengasse Nr. 86 am Rosenberg. Die Quelle fließt in ein gemauertes, 3 m^3 fassendes Becken. Da die Quelle, deren Zufluß unter dem Wasserspiegel erfolgt, wenig ergiebig ist, dürfte das Wasser schon längere Zeit gestanden haben, so daß der für den Emanationsgehalt gemessene Wert jedenfalls als untere Grenze zu betrachten ist.

61. Quelle im Mariagrünerwalde, 1200 *m* nordwestlich von Kroisbach. Dieselbe ist gut gefaßt und leicht zugänglich.

13. Quelle am Südabhange des Rainerkogels, 200 *m* unterhalb der Rainerwarte gelegen. Das Wasser fließt in vielen kleinen Äderchen in ein 1 *m*³ Wasser fassendes Becken. Dasselbe wurde vorerst mittels der Heberwirkung des Schlauches entleert. Nachdem in 15 Minuten das Wasser wieder bis zum oberen Rande gestiegen war, geschah die Probeentnahme vom Grunde des Beckens.

14. Quelle am Südwestabhange des Rainerkogels, 150 *m* unterhalb der Rainerwarte. Charakter der Quelle wie 13.

10. Quelle nordöstlich des Karmelitenklosters an der Grabenhofstraße. Dieselbe stellt sich dar als ein etwa 5 *m* tiefes, aus Trockenmauerwerk hergestelltes Sammelbecken, in das das Wasser des anliegenden durchtränkten Bodens sowohl seitlich wie von unten innerhalb der durch die konstante Wasserstandshöhe von 2 *m* gegebenen Zone durch die feinen Erdkapillaren eindringt. Da die Quelle somit direkt nicht fangbar ist, wurde das Reservoir zunächst rasch mit einer starken Saugpumpe entleert und, nachdem in 10 Minuten sich dasselbe wieder bis 2 *m* gefüllt hatte, die Probeentnahme durch direktes Pumpen in die Flasche vorgenommen.

57. Quelle am Westabhange des Rosenberges, an der Quellengasse gelegen, entspringt in einer ausgemauerten Vertiefung.

68, 69, 70, 73. Quellen Nr. I, II, III, IV des sogenannten »Quellengartens« am Südwestfuß des Rosenberges (Körblerstraße Nr. 43, ehemals Sanatorium Gondola), sämtliche sind gut gefaßt. Ein Zusammenhang zwischen 69 und 70 ist nicht ausgeschlossen. Die Probeentnahme erfolgte bei allen vier Quellen durch Ansetzen des Schlauches an die Ausflußröhre und Einführung desselben auf den Boden der Flasche.

25. Türkenbrunnen am Grazer Schloßberg. Der Brunnen ist 95 *m* tief, der Grund desselben also 1 *m* unter dem Niveau der Mur. Der Zufluß des Wassers erfolgt am Grunde von vier Seiten, so daß sicher nicht die gesamte Wassermenge von der Mur herrührt. Die Schöpfung erfolgte durch Hinabsenken eines 80 *l* fassenden Eimers.

58. Wasserreservoir des Haller Schlosses am Westabhange des Ruckerlberges. Das Wasser fließt durch einen Kanal in ein großes, mit Holzverkleidung überdachtes Bassin. Da die Quelle selbst nicht erreichbar ist, erfolgte die Probeentnahme vom Spiegel des Bassins mit Schöpfer und Einfüllung in die schräg gehaltene Flasche.

47. Quelle in Waltendorf (Hauptstraße Nr. 36), 500 *m* nordöstlich von Waltendorf. Die Quelle ist der Zufluß des hinter dem genannten Hause gelegenen Teiches, der im Sommer abgelassen ist. Die Quelle war daher zugänglich.

48. Quelle, 600 *m* nördlich Raaba, an der westlichen Lehne des Bergrückens Messendorf—Raaba. Die Probeentnahme der ergiebigen Quelle erfolgte wegen sehr geringen Gefälles des abfließenden Wassers mit Schöpfer und Einfüllen in die schräg gehaltene Flasche.

75—81. Das Grazer Wasserwerk. Eine ausführliche Angabe der Lage der Schöpfstellen und ihrer Entfernung von der Mur findet sich am Anfang der diesbezüglichen Abhandlung Dr. H. Hammerl's.¹

Daraus sei die gegenseitige Entfernung der Brunnen entnommen; sie beträgt:

Vom Hauptbrunnen zum Hofbrunnen	35 <i>m</i>
» Hofbrunnen zum I. Wiesenbrunnen	143
» I. Wiesenbrunnen zum II. Wiesenbrunnen	140
» II. » » III. »	140
» III. » » IV. »	120

Außerdem ist seit 1896 eine weitere Schöpfstelle, das Andritzer Schöpfwerk, angelegt, welches in der Richtung nach Norden, 2·4 *km* vom IV. Wiesenbrunnen entfernt, liegt.

¹ Archiv für Hygiene, XXVII. Bd., 1896, p. 264. »Das Wasserwerk der Stadt Graz vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet«, von Dr. H. Hammerl.

Die Distanz der einzelnen Schöpfstellen von der Mur ist:

Von der Mur zum Hauptbrunnen	44 <i>m</i>
» Hofbrunnen	37
» I. Wiesenbrunnen	19
» II. »	20
» III. »	30
» IV. »	35
zur Andritzer Schöpfstelle	100

IV. Messungsergebnisse.

1. Emanationsgehalt des Wassers.

In folgender Tabelle sind die Resultate der Messungen zusammengestellt.

Die erste Kolumne enthält den Emanationsgehalt der untersuchten Wässer, ausgedrückt in absoluten elektrostatischen Stromeinheiten, bezogen auf einen Liter Wasser. Diese Zahlen sind der Bequemlichkeit halber mit 10^3 multipliziert und bedeuten somit die tausendfache Stärke desjenigen Sättigungsstromes in elektrostatischen Einheiten, den die in einem Liter Wasser enthaltene Emanation unterhalten kann; sie sind von den Dimensionen des benutzten Apparates unabhängig, bilden ein absolutes Maß des Emanationsgehaltes und sind mit den von H. Mache und St. Meyer (l. c.) für die wichtigsten österreichischen Bäder gefundenen analogen Daten direkt vergleichbar.

Die Zahlen enthalten die bereits oben angegebene Korrektur wegen der Aktivierung durch Induktion sowie auch wegen des nicht zur Beobachtung kommenden Betrages der in den Vorlagen und im Wasser selbst nach erreichter homogener Verteilung zurückbleibenden Emanation. Auch sind hierin alle Angaben mittels der Abfallskonstanten der Emanation auf die Zeit der Probeentnahme (zweite Kolumne) reduziert.

Da ein Zusammenhang der Größe des Emanationsgehaltes mit dem geologischen Aufbau des wasserführenden Bodens

sich unverkennbar kundgibt, ist die Aneinanderreihung der untersuchten Quellen und Brunnen in der tabellarischen Zusammenstellung der Messungsergebnisse nach dem Alter des Gesteins, aus dem die Quellen an der Erdoberfläche zutage treten, durchgeführt. Bezüglich der in diesen Tabellen bei einzelnen Gruppen der vorerwähnten Annahme scheinbar widersprechenden Aktivitätsgrößen wird unter Hinweis auf die geologische Karte von Prof. R. Hörnes (Geologische Manuskriptkarte von Graz und Umgebung, 1 : 14.000) auf die Wahrscheinlichkeit aufmerksam gemacht, daß die betreffenden Wässer längere Zeit mit einer Gesteinsart in Berührung gewesen sein dürften, welche größere Mengen radioaktiver Emanation an das Wasser abgibt als jene Bodenart, die an der Stelle des Wasseraustrittes sichtbar ist. Die Angaben in Tabelle I, die Aktivität des Grazer Wasserwerkes betreffend, sind nur als Annäherungen zu betrachten, da die Aktivität sehr variabel ist.¹

¹ Siehe A. Wellik, die Radioaktivität des Grazer Trinkwassers und ihre Abhängigkeit vom Stande der Muß. Mitt. des nat. Ver. für Steiermark, 1909.

Tabelle I.
Zusammenstellung der quantitativen Messungsergebnisse der auf Radioaktivität untersuchten Quell-
und Brunnenwässer von Graz und Umgebung.

Nr.	Bezeichnung der Quellen, beziehungsweise Brunnen	Oberflächlich liegende Bodenarten	$i \cdot 10^3$ in e. s. E.	Korrektionszeit in Stunden	(HC) des III. Stad. der Induktion in Minuten	$i \cdot 10^6$ in e. s. E. der nach- gebildeten Emanation	Milligramm radioaktiver Substanz in 10^8 l Wasser	Anmerkung
1	Melaniequelle	Gneis v. Radegund Urgerstein	12·9	27 1/4	28	23·4	7·8	
2	Rosaquelle		12·5	18 1/2	35	48·8	16·3	
3	Bertaquelle		11·6	14	36	27·3	9·1	
4	Theresienquelle		10·3	24	32	15·3	5·1	
5	Schindlerquelle		9·41	17	33	8·9	3·0	
6	Source des paresseux		8·82	31 1/4	28	6·7	2·2	
7	Eremitenquelle		6·24	12	34	9·6	3·2	
8	Annenquelle in Mariatrost	Silur	0·88	16 1/2	29	3·1	1·0	
9	Andritzsprung		0·08	48	30*	—	—	
10	Quelle NE des Karmelitenklosters an der Grabenhofenstraße		2·58	19 1/2	38*	—	—	
11	Quelle am SW-Abhang der Platte		0·83	18	36*	—	—	

12	Ulrichsbrunnen NE des Steinbruches Andritz	Stüt	0.62	48	36*	0	0	0
13	Quelle am Südabhang des Rainerkogels		0.60	4 ¹ / ₄	—	0	0	0
14	Quelle am SW-Abhang des Rainerkogels (Villa Margot)		0.23	25 ¹ / ₄	36*	—	—	—
15	Brunnenwasser von der Platte (Stephaniewarte)		0.12	5 ¹ / ₄	28	5.7	1.9	0
16	Brunnenwasser westl. des Schlosses Gösting (Gösting Nr. 87) ..		1.34	24	28	0	0	0
			c) Bythotrophischiefer					
17	Quelle am Nordabhang des Florianiberges (*Kasparbründl*) ..	Unterdevon	2.33	5	30	0	0	0
18	Quelle unter der Ruine Gösting (Villa Annenheim)		1.57	18	34	9.6	3.2	3.2
19	Quelle am NW-Abhang des Florianiberges		1.52	5	30	10.1	3.4	3.4
20	Quelle unterhalb des Wasserbehälters des k. u. k. Monturdepots ..		1.48	17 ³ / ₄	28	0	0	0
21	Quelle an der Göstingerstraße oberhalb des Steinbruchweges ..		0.58	17 ¹ / ₂	28	0	0	0
22	Quelle westlich von Krottendorf (Sanatorium Schweizerhof) ..		0.49	18 ¹ / ₂	28	5.4	1.8	1.8
23	Quelle am Südrand des Steinbruchweges (Göstingerstraße 19) ..		0.48	18	33	8.2	2.7	2.7
			a) Quarzit und Dolomit					

Nr.	Bezeichnung der Quellen, beziehungsweise Brunnen	Oberflächlich liegende Bodenarten	$i \cdot 10^3$ in e. s. E.	Korrektionszeit in Stunden	(HC) des III. Stad. der Induktion in Minuten	$i \cdot 10^6$ in e. s. E. der nach- gebildeten Emanation	Milligramm radioaktiver Substanz in 10^8 l Wasser	Anmerkung
24	Quelle nördlich von Weinzödl, am Südabhang des Admonterkogels		0·29	21 $\frac{1}{4}$	—	4·1	1·4	
25	Türkenbrunnen am Crazer Schloß- berg		0·09	31 $\frac{1}{4}$	35	34·1	11·4	
26	Johannenquelle, NW der Ortschaft Raach		0·08	27	36, 11 ^h	31·4	10·5	Außer Ra noch Th
27	Wasserreservoir der Villa Schaffer am Fürstenwartweg in Eggen- berg		0·08	18	30	0	0	
28	Wasserreservoir des Plabutscher Schlosses, NW der Ortschaft Plabutsch	Unterdevon	0·01	17 $\frac{1}{4}$	27	0	0	
29	Brunnenwasser der Villa Dr. Cas- paar in Gösting		0·00	27 $\frac{3}{4}$	—	15·3	5·1	
30	Quelle südlich von Gösting, bei der Schießstätte Gösting	b) Korallenkalk und Schiefer des Korallenkalkes	3·11	4	—	2·7	0·9	
31	Dieselbe am Auslauf der 200 m langen Leitung		2·54	15	28	—	—	

32	Leitungswasser d. steierm. Landesackerbauschule Grottenhof....	2·49	5 ¹ / ₄	27	4·8	1·6	
33	Leitungswasser des Schlosses St. Martin (Quelle im Keilberg)....	2·17	4 ¹ / ₂	31	0	0	
34	Wasserreservoir von Wetzelsdorf an der Einödstraße	1·71	4 ³ / ₄	28	0	0	
35	Quelle am Ostabhang des Admonterkogels	1·58	18	36*	0	0	
36	Leitungswasser der Hubertusvilla am Rechbauerweg in Wetzelsdorf	1·33	4	—	15·0	5·0	
37	Wasserreservoir östlich von Straußengel bei Judendorf	1·14	4	36	0	0	
38	Wasserreservoir SW des Schlosses Gösting (Villa Laker)	1·13	4 ¹ / ₂	—	8·9	3·0	
39	Floraquelle am Westabhang des Bauernkogels	0·64	73	36*	0	0	
40	Ursprung des Paibaches	0·62	7 ¹ / ₄	29	52·6	17·5	Außer Ra noch Th
41	Quelle der »Sieben Bründl« zwischen Raach und Judendorf....	0·29	18 ¹ / ₂	28, 10·6 ^h	0	0	
42	Quelle »Beim Bründl«, südlich der Ackerbauschule Grottenhof....	0·28	4 ¹ / ₂	33	0	0	

Untere von

Nr.	Bezeichnung der Quellen, beziehungsweise Brunnen	Oberflächlich liegende Bodenarten	$\dot{z} \cdot 10^3$ in e. s. E.	Korrektionszeit in Stunden	(HC) des III. Stad. der Induktion in Minuten	$\dot{z} \cdot 10^6$ in e. s. E. der nach- gebildeten Emanation	Milligramm radioaktiver Substanz in 10 ⁸ l Wasser	Anmerkung
43	Wasserreservoir des Schlosses Eggenberg, SE des Gaisberges	Unterdvonn	0·15	15 ¹ / ₂	34	0	0	
44	Brunnenwasser am NE-Abhang des Buchkogels.....		0·003	25	—	3·3	1·1	
45	Quelle im Keller des Hauses Quellengasse Nr. 86 am Rosen- berg	Schotter, Sand und Lehm der Belvedereschichten	2·62	14 ¹ / ₂	28	9·6	3·2	
46	Brunnenwasser nördlich der Eisen- bahnstation Authal		1·79	4 ¹ / ₂	31	0	0	
47	Quelle NW von Waltendorf (Haupt- straße Nr. 36)	Tertiärformation	1·53	6	33	0	0	
48	Quelle nördlich von Raaba, an der westl. Lehne des Bergrückens .		1·22	5 ¹ / ₂	31	0	0	
49	Brunnenwasser Heinrichstraße 109		1·10	29 ¹ / ₄	36*	—	—	
50	Leitungswasser auf der Anhöhe der Mariatrosterkirche.....		0·90	33 ³ / ₄	—	39·2	13·1	
51	Brunnenwasser in Mariagrün Nr. 127		0·90	24	32*	—	—	

52	Quelle NE der Ziegelbrennerei in Unter-Andritz	Schotter, Sand und Lehm der Belvedereschichten	0.88	23	35	4.1	1.4
53	Brunnenwasser oberhalb der ehem. Lehmfabrik bei St. Peter		0.86	6	28	2.5	0.8
54	Brunnenwasser des Schlosses Lustbühl		0.81	5 1/2	30	1.8	0.6
55	Brunnenwasser des Knaben-Erziehungssanatoriums in St. Veit		0.73	21 1/2	28	23.4	7.8
56	Brunnenwasser »zur Waldesruhe« im Mariatrosterwald		0.59	6 1/4	36*	—	—
57	Quelle am Westabhang des Rosenberges (Quellengasse)	Terziärformation	0.54	5 3/4	33*	—	—
58	Wasserreservoir d. Hallerschlosses (Westabhang d. Ruckerlberges)		0.38	12 1/4	—	6.7	2.2
59	Quelle bei der Militärschießstätte am Feilerhof		0.27	22 1/2	—	12.4	4.1
60	Brunnenwasser von Teichhof bei Mariatrost		0.14	6 1/4	31*	—	—
61	Quelle im Mariagrünenwald, westlich von Kroitsbach		0.11	4 1/2	31	8.5	2.8
62	Quelle am Rohrerberg, nördlich von St. Veit		0.08	31 1/4	30*	6.1	2.0
63	Brunnenwasser von der Hilmwarte		0.01	3 1/2	—	—	—

Nr.	Bezeichnung der Quellen, beziehungsweise Brunnen	Oberflächlich liegende Bodenarten	$\dot{z} \cdot 10^3$ in e. s. E.	Korrektionszeit in Stunden	(HC) des III. Stad. der Induktion in Minuten	$\dot{z} \cdot 10^6$ in e. s. E. der nach- gebildeten Emanation	Milligramm radioaktiver Substanz in 10^8 l Wasser	Anmerkung
64	Wasserbecken 50 m unterhalb der Selmaquelle	Eggenberger Kon- glomerat	1.80	5 1/2	30	—	—	
65	Richardquelle (1899) im Parke der Kuranstalt Eggenberg	Quartär	0.52	4 3/4	30	0	0	
66	Wasserbecken unter der Einsiedelei in Eggenberg		0.30	19 1/4	—	3.1	1.0	
67	Einsiedeleiquelle am Südabhang des Mühlberges		0.06	22	—	0	0	
68	Quelle Nr. III } » » I } des chem. Sana- » » II } toriums Gondola (Körblerstr. 48) ..	Diluvium	2.17	20 1/2	—	4.1	1.4	
69			1.83	3 1/2	29	4.1	1.4	
70			1.67	6 3/4	28	1.1	0.4	
71	Quelle südlich Wetzelndorf am Ostabhang des Ölberges		1.36	17 3/4	35	0	0	
72	Brunnenwasser des Hotels Tivoli in Götting		1.24	17 1/2	36	11.5	3.8	

73	Quelle Nr. IV des ehem. Sanatoriums Gondola (Körblerstr. 43).	Dilutum	1·05	4 $\frac{1}{2}$	28	0	0
74	Brunnenwasser vom Hofe des physikalischen Instituts		0·75	6 $\frac{1}{4}$	28*	7·1	2·4
Schöpfstellen des Grazer Wasserwerkes:							
75	VII. Hauptbrunnen	Kiesschotter	1·06	3 $\frac{1}{4}$	—	0	0
76	V. Hofbrunnen		1·38	8 $\frac{1}{2}$	28	0	0
77	I. Wiesenbrunnen		0·85	26	35	10	3·3
78	II. Wiesenbrunnen	Alluvium	0·76	6	29	6·7	2·2
79	III. Wiesenbrunnen		0·79	22	30	2·3	0·8
			0·65	27 $\frac{1}{4}$	30	17·8	5·9
80	IV. Wiesenbrunnen		0·62	28	30	—	—
			0·56	7	30	20·5	6·8
81	VI. Andritzer Schöpfwerk		0·78	4 $\frac{3}{4}$	33*	—	—
		0·69	21	—	0	0	
			1·02	26	32	0	0

2. Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation.

Es wurde die Abfallsgeschwindigkeit der Emanation einer größeren Anzahl von Wasserproben von verschiedenen Teilen der Umgebung Graz untersucht. Die folgende Tabelle II enthält eine Zusammenstellung der bei den untersuchten Wässern aus den Beobachtungen konstruktiv gewonnenen Werte des τ und der Halbwertsperiode in Tagen. Die Abklingung ist innerhalb der Beobachtungsfehler in vollkommener Übereinstimmung mit dem Exponentialgesetz.

Tabelle II.

Nr. in der Tabelle I	Bezeichnung der Probe	Zeit in Tagen, über welche sich die bezügliche Beobachtungsreihe erstreckt	$\tau = \frac{1}{\lambda}$ in Sekunden	Halbwertsperiode in Tagen	
1	Grazer Leitungswasser (in mehreren Beobachtungsreihen)	8. bis 22. Dezember 1906	$4 \cdot 91 \cdot 10^5$	3·94	
		16. bis 23. Dezember 1906	$3 \cdot 99 \cdot 10^5$	3·21	
		14. Febr. bis 9. März 1907	$4 \cdot 41 \cdot 10^5$	3·54	
2	74	Brunnenwasser im Hofe des physikal. Instituts	17. bis 30. Jänner 1907	$3 \cdot 74 \cdot 10^5$	3·00
3	9	Andritzursprung	21. bis 25. März 1907	$4 \cdot 76 \cdot 10^5$	3·82
4	57	Quelle am Westabhang des Rosenberges (Quellengasse)	24. bis 28. März 1907	$4 \cdot 94 \cdot 10^5$	3·96
5	58	Wasserreservoir des Hallerschlosses am Ruckerlberg	12. bis 19. Juni 1907	$4 \cdot 02 \cdot 10^5$	3·23
6	39	Floraquelle am Westabhang des Bauernkogels bei Gösting	13. bis 20. April 1907	$4 \cdot 63 \cdot 10^5$	3·71

Für die Halbierungskonstante ist in den untersuchten Wasserproben (vom Brunnenwasser im Hofe des physikalischen Instituts abgesehen) 3·21 bis 3·96 Tage erhalten worden.

P. Curie¹ fand dafür 3·99 Tage ($\tau = 4\cdot97\cdot10^5 \text{ sec}^1$), Rutherford und Soddy² 3·71 Tage ($\tau = 4\cdot63\cdot10^5 \text{ sec}^1$), Bumstead und Wheeler³ 3·88 Tage, Sackur⁴ 3·86 Tage ($\lambda = 2\cdot8\cdot10^{-6} \text{ sec}^{-1}$) und die neueste Bestimmung von G. Rümelin⁵ ergibt 3·75 Tage. Ebert und Evers⁶ fanden für das Abfallen der Emanation der Bodenluft 3·2 Tage als Halbwertsperiode und E. Adams⁷ für Brunnengase eine Halbwertsperiode von 3·4 Tagen. Diese niedrigen Halbierungskonstanten sowie die von mir in einzelnen Fällen gefundenen (3·00, 3·21, 3·23, 3·54) pflegen durch Undichtigkeiten des Apparats erklärt zu werden; es scheint jedoch folgende Ursache wahrscheinlicher zu sein: Da geringe Spuren von Vaselin fett, Kautschuk u. dgl. die Emanation zu absorbieren vermögen und vermutlich auch an der Innenwand der Glasglocke Emanationsatome adhäreren, und zwar nach Maßgabe einer vorhandenen Feuchtigkeitsschichte an der Innenwand der Glocke — der Vorgang ist noch nicht genügend aufgeklärt — so geht dadurch der Ionisierungsbereich der adhärerenden α -Partikelchen der Emanation zur Hälfte verloren. Eine Überschlagsrechnung lehrt, daß, falls ein Drittel der vorhandenen Emanationsatome während der Exposition absorbiert würde, statt der Periode von 3·8 Tagen eine von ungefähr 3·00 Tagen erhalten werden müßte. Jedenfalls wird man daher wohl sagen dürfen, daß die Emanation aller hier untersuchten Quellen mit Radiumemanation identisch ist.

Die Frage, ob die im Wasser absorbierte Emanation nach dem gleichen Gesetz abklingt wie in Luft, wurde dadurch entschieden, daß zu gleicher Zeit drei 7·5 l fassende Flaschen mit Proben des Grazer Leitungswassers gefüllt wurden und ihr Emanationsgehalt an verschiedenen Tagen gemessen wurde. Hierbei ist der zuerst erhaltene Wert des Sättigungsstromes

¹ C. R., 135, p. 857, 1902.

² Phil. Mag., April 1903.

³ Amer. Journ. Science, Februar 1904.

⁴ Chem. Ber., 38, 1753 bis 1756, 1905.

⁵ Phil. Mag., 14, 550, 1907.

⁶ Physik. Zeitschr., 4, p. 162, 1902.

⁷ Phil. Mag., Nov. 1904.

unter Zugrundelegung des für $\lambda_{\text{Ra-Em.}}$ geltenden Wertes von der Zeit der Messung auf die Zeit der Entnahme extrapoliert.

Grazer Leitungswasser am 3. Juni 1907, 2^h p.

Zeit in Tagen nach der Probeentnahme	$i \cdot 10^3$ e. s. E.	
	beobachtet	berechnet
0	—	1·37
0·86	1·17	1·17
4·09	0·69	0·65
7·73	0·41	0·34

Innerhalb der Fehlergrenzen zeigt sich also auch im Wasser dieselbe Abfallsgeschwindigkeit der Emanation wie in Luft.

Berechnet man das Volumen der in 1 l der stärkst aktiven Quelle (Nr. 1, Melaniequelle in Radegund) vorhandenen Emanationsmenge, so ergibt sich Folgendes. Nach Versuchen von Ramsay und Soddy erzeugen 60 mg RaBr₂ in 5·3 Tagen 0·035 mm³ Emanation. Es entwickelt demnach 1 mg reines

Radiumbromid in einer Sekunde $\frac{0\cdot035}{86\cdot400\cdot5\cdot3 \times 60}$ mm³ Emanation. 1 mg reines Radiumbromid liefert nach Untersuchungen von Curie und Laborde in 19·7 Minuten einen Sättigungsstrom von 720 e. s. E. Es werden daher x elektrostatische Einheiten pro Sekunde von $\frac{x}{10^{-3}} \cdot 2 \cdot 10^{-10}$ mm³ Emanation erzeugt.

Die stärst aktive Radegunderquelle (Melaniequelle) liefert einen Sättigungsstrom von $12\cdot9 \cdot 10^{-3}$ e. s. E. pro Sekunde. Das Volumen der in 1 l dieser Quelle vorhandenen Emanationsmenge beträgt demnach $2\cdot7 \cdot 10^{-8}$ mm³ Emanation.

3. Zerfallsgeschwindigkeit der Emanationsprodukte.

Entfernt man nach erreichtem Gleichgewicht zwischen Emanation und induzierter (erregter) Aktivität jene durch Abheben und Ausblasen der Glasglocke sowie durch kräftiges

Lüften des Drahtnetzes, so bleibt noch der Betrag der induzierten Aktivität übrig, der im allgemeinen 30 bis 40%₀ des zuletzt gemessenen Sättigungsstromes ausmacht.

Der Abfall der induzierten Aktivität ist wegen seines außerordentlich charakteristischen Verhaltens für Radiuminduktion von besonderem Interesse; es wurden daher die Zerfallskurven der induzierten Aktivität bei vielen Quell- und Brunnenwässern untersucht und sie stimmten in den meisten Fällen sehr gut mit den für Radiuminduktion entsprechenden Kurven überein. Nur die Abfallskurve der Induktion der Quelle der »Sieben Bründl« zwischen Raach und Judendorf (Nr. 41) und der Johannenquelle in Raach (Nr. 26) lassen, soweit der geringe Effekt eine genaue Messung ermöglichte, außer auf Radiumemanation noch auf den Gehalt an Thor schließen (Halbwertsperiode 36 Minuten und 11 Stunden).

Charakteristisch sind die drei aufeinanderfolgenden Umwandlungen. Die Strahlungsintensität sinkt in den ersten 10 Minuten sehr rasch (erstes Stadium). Nach weiteren 5 Minuten hat sie einen Wert erreicht, von dem aus sie im Verlauf der nächsten 20 Minuten nur sehr wenig sinkt, ja sogar, und zwar nach Maßgabe der Expositionsdauer, konstant bleibt (zweites Stadium). Dann folgt eine Periode langsamer Abnahme, die zuletzt nach einem Exponentialgesetz verläuft (drittes Stadium). In diesem dritten Stadium sinkt die Aktivität in 28 Minuten auf den halben Wert.

Die bezüglich dieser Stufe für die einzelnen Proben erhaltenen Werte sind in der dritten Kolumne der Zusammenstellung der Messungsergebnisse vermerkt. Als Ursache der größeren Beträge dürfen durchaus nicht Beobachtungsfehler angenommen werden. Die etwas höheren Werte der Halbirungskonstante dieses letzten Stadiums rühren vielmehr nach den von Curie und Danne¹ beschriebenen Versuchen davon her, daß gewisse Substanzen, wie Zelluloid, Kautschuk etc., die Emanation zu absorbieren und zurückzuhalten vermögen. Es ist also durch die Anwesenheit vermutlich ähnlich wirkender Körper, wie Paraffin, Kautschuk, geringer Spuren von Vaseline-

¹ C. R. 136, p. 364, 1903.

fett u. dgl. bewirkt, daß sie, indem sie mit Emanation in Berührung kommen, während der Exposition der Emanation diese an ihrer Oberfläche okkludieren; nach Beendigung der Exposition diffundiert sie dann allmählich wieder heraus, wodurch eine beträchtlich langsamere Abklingung der erregten Aktivität verursacht wird, obwohl im allgemeinen ihre Abklingungsgeschwindigkeit unabhängig von der materiellen Natur der exponierten Körper ist.

Dies erklärt auch die größere Periode von 35 Minuten, zu der Adams¹ für die von der Emanation des Cambridger Leitungswassers und Burton² für die von der Emanation aus Rohpetroleum in Ontario (Kanada) hervorgerufene erregte Aktivität gelangt. Allerdings stellen ihre Werte nur eine Annäherung dar, da sie auch den Gang der Entaktivierung im unregelmäßig verlaufenden ersten und zweiten Stadium mit einbeziehen.

Bei den hier durchgeführten Messungen dürfte, wie bereits erwähnt, der Grund für die höheren Werte der Periode des dritten Stadiums außerdem noch darin liegen, daß während der Exposition Emanation in das offene Elektroskop hineindiffundiert und dann ihrerseits nach dem Lüften und Wiederausammensetzen des Apparats in den Glockenraum gelangt und so eine scheinbar langsamere Abklingung verursacht. Nach Einsetzen eines Paraffinverschlusses in die Elektroskophülse scheint dieser Übelstand einigermaßen beseitigt zu sein. Die noch ohne Paraffinverschluß für die dritte Entwicklungsstufe erhaltenen Werte der Periode sind in der Tabelle I mit einem Sterne versehen. Als Mittel für die Halbierungskonstante ergibt sich 29·5 bei den Werten ohne Stern und 34 bei denen mit Stern.

Der beobachtete Abfall der Induktion wurde bei den meisten Quellen mit dem aus der Rutherford'schen Formel

$$\frac{J_t}{J_0} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_3} e^{-\lambda_3 t} - \frac{\lambda_3}{\lambda_2 - \lambda_3} e^{-\lambda_2 t}$$

¹ Phil. Mag., Nov. 1903.

² Phil. Mag., Okt. 1904.

folgenden verglichen, wobei

$$\lambda_2 = 5 \cdot 38 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$$

und

$$\lambda_3 = 4 \cdot 13 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$$

gesetzt wurde. Die Übereinstimmung erwies sich durchwegs als innerhalb der Beobachtungsfehler gelegen. Als Beispiel mögen die Zahlen der Tabelle III und IV dienen.

Tabelle III.
Bertaquelle in Radegund.

Zeit in Minuten nach beendeter Exposition	Aktivität in Volt/Min.		Δ
	beobachtet	berechnet	
32	21.2	21.0	-0.2
34	20.2	20.5	+0.3
38	19.3	19.4	+0.1
40	18.7	18.9	+0.2
44	17.5	17.5	0.0
47.5	16.4	16.6	+0.2
52	15.4	15.4	0.0
56	14.6	14.4	-0.2
61	13.5	13.3	-0.2
65	12.1	12.4	+0.3
70	11.3	11.3	0.0
75	9.86	10.3	+0.41
83	8.90	8.79	-0.11
89	7.81	7.81	0.0
96	6.99	6.80	-0.19
103	5.84	5.90	+0.06
113	4.89	4.77	-0.12
125	3.83	3.70	-0.13
135	3.00	2.90	-0.03
153	2.17	2.00	-0.17
168	1.49	1.43	-0.06
185	0.97	0.97	0.0
205	0.62	0.61	+0.01

Tabelle IV.
Rosaquelle in Radegund.

Zeit in Minuten nach beendeter Exposition	Aktivität in Volt/Min.		Δ
	beobachtet	berechnet	
33	15·6	15·7	+0·1
39	14·1	14·5	+0·4
43	13·5	13·5	0·0
49	12·3	12·4	+0·1
53	11·7	11·6	-0·1
58	10·7	10·6	-0·1
62	9·52	9·83	+0·31
68	8·42	8·84	+0·42
73	8·20	8·06	-0·14
79	7·08	7·17	+0·09
85	6·52	6·39	-0·13
94	5·39	5·34	-0·05
102	4·66	4·53	-0·13
112	3·74	3·70	-0·04
122	3·14	2·98	-0·16
134	2·34	2·29	-0·05
144	1·97	1·84	-0·13
154	1·45	1·47	+0·02
171	1·15	1·00	-0·15

4. Gelöste emanierende Substanz im Wasser.

Um Aufschluß zu gewinnen, ob emanierende Substanz selbst im Wasser gelöst war, wurden die meisten Proben gut ausgekocht und so die in ihnen vorhandene Emanationsmenge fast vollständig entfernt. Ließ sich nach etwa 30tägigem Stehen in luftdicht verstöpselten Flaschen nach dem Durchperlen der Luft keine Emanation nachweisen, so konnte geschlossen werden, daß keine emanierende Substanz im Wasser gelöst ist. In vielen Fällen trat denn auch nach dem Durchpressen von Luft durch das Wasser keine Steigerung der Leitfähigkeit der

Luft im Apparate ein. Eine größere Anzahl von ausgekochten Wasserproben zeigte jedoch ein wenn auch schwaches Regenerierungsvermögen der Emanation. Dies läßt darauf schließen, daß Muttersubstanz selbst im Wasser gelöst sein muß. Wegen der geringen Menge der gelösten Substanz und des durch sie nachgebildeten Emanationsbetrages konnte das Abklingen der nachgebildeten Emanation und Induktion nicht verfolgt werden; es wurde daher der direkte Nachweis, daß die in den betreffenden Proben gelöste radioaktive Substanz Radium selbst sei, nicht geliefert; doch ist nach allen vorangegangenen Aktivitätsmessungen fast mit Sicherheit anzunehmen, daß die emanierende Substanz mit Radium selbst identisch ist. Unter dieser Voraussetzung dürfte es vielleicht interessieren, die Menge der in den betreffenden Proben gelösten Substanz wenigstens der Größenordnung nach kennen zu lernen.

Nimmt man nach den Versuchen von Curie und Laborde an, daß $0.36 \times 10^{-5} \text{ g RaBr}_2$ im Gleichgewicht mit einer Emanationsmenge sind, die einen Sättigungsstrom von $1 \frac{\text{e. s. E.}}{\text{sec}}$ liefert, so erhält man die in der fünften Kolumne der Tabelle I angegebenen Werte.

V. Zusammenfassung der Resultate.

1. Sämtliche von verschiedenen Teilen der Umgebung Graz untersuchten Quell- und Brunnenwässer enthalten radioaktive Emanation. Die stärksten aktiven Quellen entspringen im Urgestein (Gneis von Radegund) am Südostfuß des Schöckls. Die Aktivität der übrigen Quellen scheint mit dem geologischen Alter des Gesteins zuzunehmen. Näheren Aufschluß könnte erst eine Untersuchung von Gesteinsproben liefern. Die Aktivität ändert sich mitunter sehr bedeutend von einer Quelle zur nächsten, die oft in unmittelbarer Nähe derselben gelegen ist.

2. Bis zu welchem Grade die Aktivität der Quellen konstant ist, konnte nicht ermittelt werden. Eventuelle Schwankungen werden jedenfalls nur hervorgerufen durch meteorologische Einflüsse, wie Barometerschwankungen, Regenmenge etc.

3. Die Emanation sämtlicher Quellen sinkt exponential mit einer Periode ab, die mit jener der Radiumemanation entsprechenden identisch ist. Die Emanation klingt im Wasser nach demselben Gesetz und mit derselben Periode ab wie in Luft.

4. Die beobachteten Abklingungskurven der induzierten Aktivität stimmen sehr gut mit den von Curie für Radium angegebenen entsprechenden Kurven oder mit der von Rutherford für Ra-Induktion theoretisch abgeleiteten Formel überein. Die Abklingungskurven der Induktion der »Quelle der sieben Bründl« zwischen Raach und Judendorf und der »Johannenquelle« nordwestlich der Ortschaft Raach lassen den Gehalt an Thor vermuten; doch läßt sich dieses Resultat wegen des schwachen Effektes dieser Quellen nicht mit voller Sicherheit aussprechen.

5. In vielen Wässern von Graz und Umgebung wurde eine nicht unerhebliche Restaktivität festgestellt, die auf ein im Wasser gelöstes Radiumsalz schließen läßt. Wegen der geringen Menge der gelösten Substanz und des durch sie nachgebildeten Emanationsbetrages konnte das Abklingen der Emanation und ihrer Induktion nicht verfolgt werden. Die vorhergehenden Untersuchungen aller Proben lassen aber den sicheren Schluß zu, daß auch die im Wasser gelöste Substanz mit Radium selbst identisch ist.
