

Ob
1367
/50





M 1387
50

133207
1913

GESELLSCHAFT FÜR PALÄSTINA-FORSCHUNG

4. Veröffentlichung

BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN UND
PHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNG

DER

THERMEN PALÄSTINAS

VON

DR. ALEXANDER FRIEDMANN



BERLIN
S. CALVARY & CO.
1913.



GESELLSCHAFT FÜR PALÄSTINA-FORSCHUNG

4. Veröffentlichung

BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN UND
PHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNG

DER

**THERMEN
PALÄSTINAS**

VON

DR. ALEXANDER FRIEDMANN



BERLIN

S. CALVARY & CO.

1913.



VERLAG VON ...

...

...

...

Nachdruck nur mit Genehmigung des Verfassers gestattet.

...

...

...

...

...



Plan der Arbeit.

	Seite
I. Vorwort	V
II. Geschichte der Thermen	1
III. Lage der Thermen	15
a) Die Thermen von Tiberias	15
b) Die Thermen von El Hammi	19
IV. Physikalische und chemische Untersuchung der Thermen von Tiberias und El Hammi	25
A. Physikalische Untersuchung	25
1) Temperaturbestimmung	25
2) Radioaktivitätsbestimmungen	29
B. Die chemische Untersuchung der Thermen von Tiberias	39
a) Das Wasser des „Neuen Bades“	39
b) Das Wasser des „Alten Bades“	58
c) Das Wasser der offenen Quelle am „Alten Bade“	66
C. Die chemische Untersuchung der Thermen von El Hammi am Jarmuk	74
a) Hammat-Selim	74
b) Hammat ed Dscharab	80
c) Hammat er-rih	85
V. Schlußbetrachtung	91
VI. Literatur	92



Plan der Arbeit

1. Einleitung

2. Die Bedeutung der Arbeit

3. Die Aufgaben der Arbeit

4. Die Organisation der Arbeit

5. Die Durchführung der Arbeit

6. Die Ergebnisse der Arbeit

7. Zusammenfassung

8. Literaturverzeichnis

9. Anhang

10. Schlusswort



Vorwort.

Die vorliegende Arbeit will Beiträge zur richtigen Wertschätzung der interessanten und schon seit altersher berühmten und geschätzten Heilquellen von Tiberias und El Hammi in Palästina geben auf Grund längerer Vorbereitungen und dreimonatlicher Studien im Lande selbst.

Obwohl diese Naturwunder auf eine Tradition von 2000 Jahren hinweisen können und sie immer wieder von den Besuchern des Landes rühmlich erwähnt, in wissenschaftlichen Werken und Aufsätzen behandelt wurden, so findet man genaue Angaben über ihre chemische und physikalische Natur nur sehr spärlich. Nur die Temperatur wird des öfteren angegeben, und auch hierin gehen die Angaben der Autoren auseinander. Längere Beobachtungen und Studien sind aber überhaupt noch nicht gemacht worden. Die letzten chemischen Untersuchungen sind vor ungefähr 50 Jahren ausgeführt und von den Analytikern selbst als unzulänglich bezeichnet worden. Zum Teil liegen auch schon von früheren Forschern Angaben vor, die aus verschiedenen Zeiten stammen und wertvolle Anhaltspunkte zur Vergleichung liefern, keine jedoch ist bis auf die selteneren Bestandteile durchgeführt worden.

Fördernd auch für die chemische Untersuchung dieses Gebietes wirkte die geologische Forschung, die dank der Bemühungen ihrer hervorragenden Vertreter Russegger (1835), Blanche (1847), Anderson (1848), Fraas (1865 und 1875), Lartet (1865), Hull (1884), Diener (1886), Noetling (1886) große Fortschritte gemacht.

Besondere Verdienste um die Geologie Palästinas hat sich der deutsche Forscher M. Blanckenhorn erworben,

der oft das Land besuchte und eine ganze Reihe grundlegender Arbeiten veröffentlichte¹⁾.

Seiner Schule verdanken wir auch eine Arbeit chemischer Natur²⁾.

Kann uns die chemische Analyse der Gesteine, die selten auf der langen Reise Zersetzung erleiden, große Dienste leisten, so ist das bei der chemischen Untersuchung der Gewässer meistens nicht der Fall. Dies zeigt uns sehr deutlich die Geschichte der chemischen Erforschung des Toten Meeres und des Jordans. Man kann sich trotz der vielen Analysen, die wir von diesen Gewässern haben, ausgeführt von den besten Vertretern der analytischen Chemie, kein Bild über die genaue chemische Beschaffenheit dieser Gewässer machen, so verschieden gestaltet sich das Bild der Analysen.

Genaue Kenntnis des Ortes, der Umliegenschaft, der Wasserentnahme, der Temperatur sind eben unbedingt notwendig, wenn die Analyse abgeschlossen sein soll, und die entsprechenden Arbeiten gehören zu der Aufgabe des Analytikers.

In der Geschichte der Wasseruntersuchungen spielen ebendiese Tatsachen eine sehr wichtige Rolle. Die Balneologie ist schon lange zu dieser Erkenntnis gekommen, und mit Recht bezeichnet der Balneologe Kisch³⁾ die ganz genaue chemische Analyse als den Ausweispaß für die therapeutische Wirkung der Gewässer.

Aus den hier angeführten Gründen schien mir ein eingehendes Studium dieser Thermen, die auch für die wirtschaftliche Hebung des Landes von Bedeutung sein könnten, sehr wünschenswert, und ich beschloß daher, diese Untersuchungen an Ort und Stelle vorzunehmen. Die Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens waren mir bewußt, doch gelang es mir, sie zu überwinden. Froh war ich, hierbei Unterstützung bei wissenschaftlichen Gesellschaften und

1) Die verschiedenen, auf die Geologie Palästinas bezüglichen Schriften dieses Autors finden sich aufgezählt in dessen „Grundzüge der Geologie und phys. Geographie von Nord-Syrien“. Kassel 1891.

2) Sachse, „Gestein-Analysen“, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver. 20. Jahrgang.

3) Kisch, „Grundzüge der Balneologie“.

Privatpersonen zu finden, die mich mit Rat und Tat förderten und zum Teil auch die großen Ausgaben, die solche Reise und Untersuchungen beanspruchten, haben tragen helfen.

Es sind dies insbesondere:

Die Gesellschaft für Palästina-Forschung, Berlin,

Das Palästina-Industrie-Syndikat, Berlin,

Herr Dr. John Becker, Berlin,

Herr Regierungsbaumeister A. Hulisch, München.

In Palästina selbst unterstützten mich durch ihren stets bereitwilligst erteilten Rat und viele sonstige Freundlichkeiten die Herren:

Dr. A. Ruppin, Jaffa, Vorsteher des Palästina-Amtes,

Herr Agronom Golde, Leiter der Versuchsfarm Kinereth,

Herr Agronom Glikin, Leiter der Farm Medschdel.

Die Herren Professoren O. Warburg und M. Blanckenhorn haben mir in lebenswürdiger Weise Auskunft über die einschlägigen Verhältnisse erteilt. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle diesen allen meinen besten Dank auszusprechen.

Der Herausgeber.

IV



Geschichte der Quellen.

Die Rolle, die das Wasser im heißen Palästina immer gespielt hat, macht es begreiflich, daß man ihm schon recht früh große Aufmerksamkeit schenkte. Da regelmäßige Waschungen durch die Vorschriften der alten Gesetzgeber Moses und Mohammed zu einer religiösen Handlung erhoben wurden, so hatte man bald die wohltuende Wirkung des Wassers für den menschlichen Körper erkannt¹⁾. Allgemein orientalische Sitte war es auch, sich zu waschen und zu baden, bevor man einen Höheren besuchte²⁾. Ob die alten Juden schon die Heilkraft der warmen Quellen von Tiberias und El Hammi oder, wie die letzteren oft genannt werden, Gadara, kannten und gebrauchten, ist nicht mit Sicherheit festzustellen³⁾.

Die richtige Erkenntnis der wohltätigen Wirkung der Thermen wird wohl in Palästina von den Griechen verbreitet worden sein, wie es überhaupt das Verdienst Griechenlands war, die verschiedenen Thermen in den Heilschatz eingeführt und die Fundamente für eine richtige Erkenntnis der Entstehung derselben festgestellt zu haben⁴⁾. Für diese Behauptung spricht auch die Tatsache, daß das hebräische Wort für Bademeister בַּלְנֵי von dem griechischen *ὁ βαλανεύς* entnommen wurde⁵⁾.

Aber erst mit der Herrschaft der Römer in Palästina bricht sich die Hochschätzung der Thermen Bahn, denn überall, wohin die Römer auf ihren Eroberungszügen kamen, lehrten sie die Wohltat der warmen Bäder, und wo sie

1) Reg. II. 5. 10. ff.

2) Ruth III. Judith X. 3.

3) Benzinger, Hebräische Archäologie 1894 p. 108.

4) Valentiner, Handbuch der Balneo-therapie, Würzburg 1863.

5) Valentiner, l.c.

auf ihren Zügen mineralhaltigen Quellen begegneten, suchten sie sie zu verwerten¹⁾. So zeigt eine Münze, die in Tiberias gefunden wurde, auf der einen Seite die Hygieia mit der Schlange auf einer Anhöhe sitzend, woraus mehrere Quellen entspringen²⁾. Auch im Talmud wird erzählt, daß die Bäder des Landes nach römischem Muster eingerichtet waren³⁾. Besonderer Berühmtheit und Beliebtheit erfreuten sich nach Plinius die Bäder von Tiberias und Gadara⁴⁾. Die Sitte der römischen Könige, durch Prachtbauten und Stiftungen gemeinnütziger Anstalten den Ruhm ihres Namens zu befestigen, die sich wie ein roter Faden durch die römische Geschichte zieht, veranlaßte den Tetrarchen Herodes, der um die Gunst des römischen Hauses buhlte, am Kinerethsee eine durch wunderschöne Bauten und Paläste sich auszeichnende Stadt zu gründen, der er dem König Tiberius zur Ehre den Namen Tiberias beilegte^{5·6)}.

Mit dem Ausbau der Stadt schlug auch eine glückliche Stunde für die in den Kinerethsee sich ergießenden heißen Quellen. Der Sinn für schöne Bauten, der Herodes II. den Namen des „baulustigen Fürsten“ einbrachte, erwies sich als Erbstück seines Vaters Herodes Antipas⁷⁾. Mit ausgesprochener Verschwendung an Materialien wie an Raum wurden in der Nähe der Thermen Prachtbauten aufgeführt. So soll ein Amphitheater in der Nähe 30000 Menschen gefaßt haben⁸⁾. Durch diese äußeren Reize und durch den Ruhm, den die Quellen schon im Volke genossen, wurden aus den weit entlegensten Gegenden Badegäste herangelockt, und es entwickelte sich in Tiberias ein großartiges Baderleben⁹⁾.

Auch die Thermen von Gadara am Ufer des sich in den Jordan ergießenden Jarmuk scheinen um diese Zeit

1) Lerch, Geschichte der Balneologie Würzburg 1863 p. 29.

2) Wessely, Österr. Monatshefte f. Lit. u. Kunst 1844.

3) Talmud, Brachoth 33a.

4) Plinius, V. 15.

5) Wichmannshausen, De Thermis Tiberiensibus MDCCXI p. 5.

6) Grätz, Geschichte der Juden; vgl. Tiberias.

7) Kurt Merkel, Die Ingenieurtechnik im Altertum, Berlin 1899.

8) Ritter, Die Erdkunde im Verhältnis zur Natur. Drittes Buch p. 318.

9) Ritter, l. c.

ausgebaut worden zu sein¹⁾. Das Lob dieser Quellen war noch größer als das von Tiberias, und die Römer schrieben ihnen dieselbe Wirkung wie den auf dem Misenischen Vorgebirge gelegenen, mit allen Reizen der Natur ausgestatteten Baiäe zu, die 1538 durch ein Erdbeben völlig zerstört wurden. Daß aber Gadara des Vergleiches auch würdig war, wird noch heute jeder Besucher dieser wildromantischen Gegend zugeben. Selbst die Verwüstung und Verlassenheit, die sich hier in diesem Tale ganz besonders breit machen, haben diesen herrlichen Flecken Erde seiner Schönheit nicht berauben können. Die trauernden Überreste eines groß angelegten Theaters, sowie einige geknickte Säulen zerstörter Hallen lassen erkennen, daß Gadara zu den ersten Badeplätzen zählte.

Die Urteile, die die alten Schriftsteller über diese Thermen fällen, klingen in ein großes Lob aus. So bezeichnet Plinius das Wasser der Quelle von Tiberias als „*aquae calidae salubres*“. Sein Zeitgenosse Josephus spricht auch von der Heilkraft der Quellen, indem er sagt: „Es ist bei Amais (Tiberias) eine sehr heilkräftige Quelle von warmem Wasser.“

Die Quellen von Gadara werden von Eunapius von Sardes sehr gelobt. Nur Strabo (XVI) stellt ihnen ein schlechtes Zeugnis aus, weil das Vieh durch den Genuß des Wassers Haare, Hörner und Klauen verliere.

Doch mit der Eroberung des Landes durch die Araber beginnen all diese durch Menschenhand der Natur abgewonnenen Reichtümer zu verfallen. Lange Zeit dringt keine Nachricht zu uns. Antonius Martyrius bringt die erste kurze Notiz: „*Deinde veniemus ad mare Tiberiadis in civitatem Tiberiadem in qua sunt thermae salutare*“²⁾.

Interessant sind die Aussagen arabischer Schriftsteller über dieses Thema. Obwohl ihre Schilderungen recht kurz sind, so geben sie doch durch die Eigenart ihrer Vergleiche, wodurch sie das Gesagte vervollständigen, dem Naturforscher viele wichtige Anhaltspunkte. So erzählt Mukaddasi in seiner im Jahre 375 (985/6) verfaßten Beschreibung der

1) Josephus Ant. XVII. 11. 4.

2) *Itinera Hierosolymitana et descriptiones terrae sanctae*, ed. Fabler et Molliner, Genev. 1879 p. 94.

islamitischen Länder, daß sich in Tiberias acht warme Quellen befinden, die keiner Heizung bedürfen¹⁾. Jakubi, der als Regierungsbeamter durch das Land zog (278) (891/2), bewundert die Eigenart dieser Quellen, im Winter wie im Sommer ohne Feuerung heiß zu sein²⁾. Istarchi erzählt, daß Felle in diesem Wasser ihre Haare verlieren, und es will nach diesen Schilderungen scheinen, als ob man das Thermalwasser zu Gerbezwecken benutzte. Wichtig ist die Angabe Edrisis, wonach das Wasser so heiß gewesen wäre, daß man ein Ei darin hätte kochen können. (Es ist die erste genauere Temperaturangabe.)

In der Literatur des 15. und 16. Jahrhunderts werden die Thermen von vielen Reisenden aufgesucht, ohne daß diese neue Angaben gemacht hätten. Es sind meistens Schilderungen erzählender Natur, die in ihrer Art den Leser unterhalten wollen.

Eine wichtige Notiz bringt Rehland³⁾. Nach diesem Berichterstatter haben die Thermen von Tiberias im Jahre 1710 infolge eines heftigen Erdbebens gestockt.

Der erste Analytiker des Wassers der Thermen von Tiberias ist Hasselquist, ein Schüler von Linné, der eine sehr gute Beobachtungsgabe hatte und in seinem Werke dem Naturforscher sehr viel Neues und Zuverlässiges bringt⁴⁾. Seine Resultate seien hier kurz erwähnt. Er berichtet über die Bäder von Tiberias folgendes:

1. Der Ursprung ist am Fuße eines Berges ungefähr einen Pistolenschuß vom Ufer des Sees Genezareth entfernt und eine Viertelstunde von der Stadt Tiberias.

2. Der Berg besteht aus einem schwarzen, etwas brüchigen, schwefelhaltigen Gestein, das man bloß in den Bergen der Gegend von Tiberias findet.

3. Die einzige Ader, die aus dem Berge fließt, ist von Armesdicke.

4. Das Wasser hat einen solchen Grad von Hitze, daß

1) Zeitschrift d. Deutsch. Palästina-Ver. VII. p. 144.

2) Zeitschrift d. Deutsch. Palästina-Ver. VI. Übersetzung von Gilde-meister.

3) Rehland, Palaestina ex monumentis veteribus illustrata 1714.

4) Hasselquist, „Reise nach dem Morgenlande“ von 1749—52 Rostock 1761.

man die Hand hineinstecken kann, ohne sie zu verbrennen; jedoch muß man sie gleich wieder zurückziehen.

5. Der Geruch war sehr schweflig.

6. Der Geschmack war bitter, und er war dem Kochsalze etwa gleich.

7. Der Bodensatz, der sich angesetzt hatte, wo das Wasser abgelaufen war, roch stark nach Schwefel und war schwarzdick wie ein Brei, überzogen mit zwei Häutchen, wovon das untere von einer schönen dunkelgrauen Farbe war, das obere aber von einer hellen Rotfarbe. Am Anfange des Auslaufes, wo das Wasser einen kleinen Fall über Steine machte, zeigte sich nur die erste und glich einem Meeresgrase so vollkommen, daß man das, was zum Steinreiche gehörte, für ein Gewächs sollte gehalten haben. Daneben war ein elendes Haus zum Baden aufgebaut, aber es war verfallen, hier, wo man die Geschenke der Natur nicht benutzt.

Diese qualitative Untersuchung bildet das erste Glied in der Reihe der Untersuchungen, die in dieser Zeit beginnen. Obwohl die Analyse keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen kann, ist sie doch für den Chemiker von großer Wichtigkeit.

Über den Absatz, den die Quellen nach Hasselquist bilden sollten, der auch von späteren Reisenden oft erwähnt wird, bemerkt Schreiber mit Recht, das Hasselquist hier ein kleiner Fehler untergeschlüpft sei. Das grüne Häutchen, welches von Hasselquist für ein Produkt des Mineralreiches gehalten wird, gehört offenbar der Flora zu und ist nichts anderes als die *Tremella Thermalis* des Herrn Hofrat Springsfeld, die er in den *Mémoires de l'Acad. R.* 1754 p. 104 schon beschrieben hat. Springsfeld hat sie in den warmen Quellen über den St. Bernhardfelsen gefunden, wie sie von Hasselquist beschrieben sind¹⁾.

Anders verhält es sich mit den Untersuchungen, die Pococke anstellte. Er hat die Thermen bei Tiberias besucht und bemüht sich auch, eine Art Analyse zu geben, die aber ganz wertlos ist. Pococke will gefunden haben, daß die Thermen eine „ziemlich große Menge von grobem

1) Rock, Beschreibung von Palästina, p. 101.



dichten Vitriol, etwas Alaun und Mineralalkali“ enthalten¹⁾. Auch Korte beschreibt die Thermen von Tiberias: „Am Ende der alten Stadt Tiberias ist eine mineralische Quelle. Das Wasser kommt etwas heißer aus der Erde, als man es leiden kann. Es ist nicht nur salzig, sondern hat einen bitteren, derben Geschmack, fast wie das Wasser des Toten Meeres. Es wird für gesund gehalten, darin zu baden“²⁾.

Die späteren Forscher, wie Mariti³⁾, Volny⁴⁾, Buckingham⁵⁾, Richardson⁶⁾, glauben als Bestandteile der Quelle angeben zu können: schwefligsaures Eisenoxyd, Soda, Mittelsalze und Hydrogengas. Auf Grund dieser Beobachtungen findet man sehr oft die Thermen von Tiberias und El Hammi mit den Thermen berühmter europäischer Badeorte verglichen. So werden oft Vergleiche mit Wiesbaden und Aachen angestellt. Auch durch die Wirkung der Bäder bei verschiedenen Krankheiten wird ein Schluß auf die Gleichheit in der chemischen Zusammensetzung dieses Thermalwassers mit denen der oben genannten gezogen. So soll auch das Bad bei Tiberias vorzugsweise gegen schmerzhaftige Geschwülste, Rheumatismen und Gicht wirken.

Die Temperatur wird von fast allen Forschern als sehr heiß angegeben, so daß man die Hand drin nicht halten könne, ohne sie zu verbrennen.

Der erste Forscher, der mit einem Thermometer die Temperatur der Quellen gemessen hat, ist Buckingham. Er gibt die Temperatur auf 130° F an (in der Übersetzung Wiemar 1827 steht nur 86°).

Eine Zeitlang setzen die Forschungen auf diesem Gebiete aus, und erst im Jahre 1839 erscheint die erste wissenschaftliche Abhandlung über dieses Thema. Wilhelm Egel, ein Schüler des bekannten Forschers C. G. Gmelin, be-

1) Vgl. Harleß, Heilquellen und Kurbäder, Berlin 1864, p. 299.

2) Vgl. Systematische Beschreibung aller Gesundbrunnen und Bäder, Jena u. Leipzig 1799, p. 218.

3) Mariti, Palästina.

4) Volny, Reise durch Syrien und Ägypten, Jena 1788.

5) Buckingham, Travels in Palestine, London 1821.

6) Richardson, Travels along the Mediterra nean and part adjacent during the years 1816—1818, London 1822.

arbeitet als Dissertation das Thema „Chemische Untersuchung der heißen Quellen von Amais am Galiläermeere“. C. G. Gmelin, der sich auch um die chemische Erforschung des Toten Meeres wohlverdient gemacht hat¹⁾, besorgte seinem Schüler das Wasser durch Herrn Dr. A. Veit aus Bartenstein, der eine Reise nach dem Heiligen Lande gemacht hatte. A. Veit, der Überbringer des Wassers, legte seiner Wasserprobe folgendes Begleitschreiben bei: „Die Heilquellen liegen ganz nahe am See von Tiberias (Galiläermeer) und sprudeln, kaum einige Schritte vom Wasser des Sees entfernt, im Sande hervor. Die Temperatur derselben konnte ich, da mir mein Thermometer zerbrochen war, nicht genau bestimmen. Jedoch glaube ich dem Gefühle nach, dieselbe wohl auf 50—55° R angeben zu dürfen.

Nachdem nämlich das Wasser von den Quellen ein paar hundert Schritte weit in steinernen Kanälen bis zum kleinen Badehause des Ibrahim Pascha geleitet wird, wo es in einem $\frac{1}{2}$ —2 Zoll dicken Strahl ausströmt, ist es noch so heiß, daß man momentan die Hand drin halten kann. In diesem Bade sowohl, wo es sich in einem großen Bassin ansammelt, als auch an den Quellen entwickelt das Wasser einen leichten Schwefelwasserstoffgeruch; man merkt jedoch nirgends an Steinen und dergleichen Schwefel abgesetzt.

Ich schöpfte das Wasser an den Quellen am 6. April 1838. Als ich es vor einigen Wochen bekam, waren beide Flaschen vollkommen eingefroren, wodurch die Stöpsel derselben bis zur Hälfte hervorgetrieben waren. Ich öffnete sie vollends und ließ sie in einem ungeheizten Zimmer auftauen. Bald darauf, nachdem kaum eine Linie des Eises im Halse der Flasche flüssig geworden war, entwickelte sich im Zimmer ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff, stärker, als ich ihn an der Quelle selbst wahrgenommen hatte, der sich aber bald wieder verlor und auch bei fort-dauerndem langsamen Auftauen sich nicht wieder zeigte.

Bartenstein, den 15. Januar 1839.“

1) A. Friedmann, Die chemische Erforschung des Toten Meeres, Zeitschrift Palästina 1911 Heft 4 und 5.



Daß Gmelin das so behandelte Wasser überhaupt noch einer Analyse unterwarf, wird sich wohl durch die Schwierigkeit erklären lassen, mit der man sich überhaupt zu jener Zeit Wasser aus den heißen Quellen von Tiberias hat verschaffen können. Gleichzeitig kann man daraus ersehen, welche Bedeutung er diesem Wasser zuschrieb.

Die Annahme, daß der Reichtum des Salzgehaltes des Toten Meeres auf die ihm durch den Jordan zugeführten Salze der Thermalquellen beruht, scheint auch Gmelin vorgeschwebt zu haben, wie aus der Schlußfolgerung der Arbeit zu ersehen ist.

Die Arbeit ist sehr methodisch durchgeführt und das Resultat genau beschrieben.

I. Spezifisches Gewicht 1,022775; das des destillierten Wassers bei $9\frac{3}{4}^{\circ}$ R = 1 gesetzt.

II. Das Wasser bläut Lackmuspapier erst beim Erhitzen, was seinem Gehalte an salzsaurer Bittererde, welche beim Einkochen des Wassers teilweise zersetzt wird, zugeschrieben wird.

III. Wird das Wasser mit einer Lösung von Stärkemehl in verdünnter Schwefelsäure versetzt, so entsteht keine blaue Färbung.

IV. Chlorpalladium bringt in dem Wasser keine Trübung hervor (Abwesenheit von Brom und Jod).

Für die Analyse werden folgende Zahlen angegeben: In 100 Teilen Wasser sind enthalten:

Chlornatrium	1,70167 Teile
Chlorkalium	0,04304 „
Chlorkalzium	0,81876 „
Chlormagnesium	0,22558 „
Schwefelsaurer Kalk	0,12433 „
	<hr/>
	2,91338 Teile.

Glührückstand } scharf getrocknet: 2,94905 Teile
 } bis zum Glühen: 2,86453 „

Im Jahre 1852 ging unter Führung von Lynch eine Expedition nach dem Toten Meere ab. Es war dieses das erste bedeutungsvolle Unternehmen in der wissenschaftlichen Erforschung Palästinas¹⁾.

1) Lynch, Expedition to the Dead Sea 1852.



Ihren Aufenthalt in Tiberias benutzten die Forscher zur Untersuchung der heißen Quellen von Tiberias. Booth und Mucklé führten eine Analyse der Chloride mittels Titration durch, woraus sie den Salzgehalt des Thermalwassers von Tiberias berechneten. Nach dieser Analyse enthält das Wasser von Ammaus am Galiläermeer in 100 Teilen:

Chlornatrium	1,727 Teile
Chlorkalzium	0,896 „
Chlormagnesium	0,195 „
Schwefelsaurer Kalk	0,108 „
	<hr/>
	2,926 Teile

Als Grund für das Plus des Rückstandes von 2,926 zu 3,056 wird die Schwierigkeit angegeben, mit der Chloride wasserfrei zu erhalten sind.

Eingehendere Untersuchungen scheinen diese Forscher nicht vorgenommen zu haben. So erklärt sich auch, daß Anderson, der Geologe dieser Expedition, das Wasser nach seiner Rückkehr nochmals der Analyse unterwarf und sich nicht begnügte mit den Arbeiten seiner Reisebegleiter Booth und Mucklé. Die Temperatur des Wassers fand Anderson bei 143,3° F. An zwei Tagen hatte er drei Temperaturmessungen vorgenommen. Der Geruch nach Schwefelwasserstoff war seinen Angaben nach deutlich wahrzunehmen. Nach langem Stehen setzt sich in der Flasche ein gelblichweißer Niederschlag ab. Der Schwefelwasserstoffgehalt wurde nicht bestimmt. Anderson macht darauf aufmerksam, daß sich in dem Wasser auch Spuren von Brom befinden; doch ließ die Menge Wasser, die ihm zur Verfügung stand, eine Bestimmung nicht zu. In einer späteren Arbeit wollte er über die Resultate seiner Bromuntersuchungen Mitteilung machen. Doch konnte ich, so sehr ich in der Literatur nach dieser Arbeit suchte, keine Notiz darüber finden. Sachse¹⁾ beruft sich nur auf die Angabe des Rep. Exped. to the Dead Sea. Anderson gelingt es, Kohlensäure und Schwefelsäure in größeren Mengen nachzuweisen, als sie in der Analyse von Gmelin zu finden sind.

1) Sachse, Gesteinsanalysen, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver., 20. Jahrg.



Die Resultate seiner Analyse sind folgende:

Chlornatrium	1,715
Chlorkalium	0,016
Chlorkalzium	0,887
Chlormagnesium	0,203
Kalziumsulfat	0,072
Kalziumkarbonat	0,036
Natriumsulfat	0,062
Magnesiumkarbonat	0,009
Magnesiumsulfat	<u>0,016</u>
	3,016

Das spezifische Gewicht gibt Anderson mit 1,02336 an. Organische Substanz wurde nicht bestimmt.

Ludwig August Frankl, der viele Studien in Palästina machte, besuchte im Jahre 1876 Tiberias und gibt uns eine sehr schöne Beschreibung der heißen Quellen. Die Temperatur, mit Thermometer gemessen, zeigte 49° R. Das Wasser schmeckt scharf salzig und bitter und hat einen schwefligen Geruch. Er bedauert, daß es noch keine gründliche Analyse dieses Wassers gibt, und vergleicht die Bäder von Tiberias mit den Thermen von Krapina in Kroatien, die einen gleichen Wärmegrad hätten, und in welchen er, wie in Tiberias, mit dem überraschendsten Erfolg Gichtkranke und Rheumatisleidende Hilfe suchen sah¹⁾.

Eine wertvolle Mitteilung findet sich in einer Arbeit von Frei²⁾. Im „Neuen Bade“ an der Stelle, wo das Wasser ins Bassin kommt, fand Frei die Temperatur 59,5° C. Das Wasser des „Alten Bades“ wies an einer offenen Stelle der Leitung unmittelbar hinter dem Gebäude 58° C. auf. Dagegen hatte in der Nähe eine Quelle, welche starke Blasen trieb, ohne indes viel Wasser abzugeben, 63° C.

In der großen Literatur, die wir über Palästina besitzen, verweilen die Autoren immer wieder bei diesen Naturwundern von Tiberias; jedoch konnte ich tatsächlichere Daten, als die hier angegebenen, nicht finden. Be-

1) Frankl, Nach Jerusalem.

2) Frei, Beobachtungen vom See Genezareth, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver. 1886, p. 93.

merken möchte ich doch, daß fast allen Analysen ein sogenanntes Geleitschreiben beigelegt wird, worin der Analytiker sich bald über die geringe Menge des Wassers, bald über die Behandlung desselben während des Transportes beklagt.

Das Lob der Bäder scheint mehr auf praktischer Erfahrung zu beruhen als auf wissenschaftlicher Erforschung. Genaue Analysen sind in den letzten 50 Jahren, wo die chemische Untersuchung der Mineralquellen und Thermen solch große Fortschritte gemacht hat, nicht ausgeführt worden.

Spärlich sind die Nachrichten und Daten, die wir über die Bäder von Gadara haben. Da sie bis zum Bau der Eisenbahnlinie Haifa—Damaskus ganz abseits lagen, so wurden sie nach ihrem Verfall sehr selten aufgesucht. Der alte Ruhm dieser Quellen, die zur Zeit ihrer Blüte noch viel mehr geschätzt wurden als die Thermen von Tiberias, veranlaßte die Reisenden Rehland¹⁾, Seetzen²⁾ und Burckhard³⁾, sie zu besuchen; aber ihre Mitteilungen sind zu sehr allgemein gehalten, um hier verwertet werden zu können.

Höchstens sind aus den Temperaturmessungen einige Schlüsse zu ziehen. Am schätzenswertesten sind die Beschreibungen von Buckingham. Von den vier Quellen, die er fand, liegen demnach drei auf der rechten Seite des Flusses und eine auf der linken Seite. „Die Schwefelquellen enthalten auch andere Salze, vielleicht auch Magnesia.“ Die Temperatur ist nach ihm verschieden, 43—34° C. Die Quellen haben verschiedenen Salzgehalt, und je nach der Krankheit braucht der Araber bald die eine, bald die andere Quelle. Besonders wirken die Quellen bei Rheumatismus, Arthritis und Krätze.

Merril lobt in seiner Arbeit über die heißen Schwefelquellen in Palästina besonders die Thermen von Gadara. Von den fünf Quellen, die er beobachtete, gibt er folgende Temperaturen an: 115°, 112°, 103°, 92°, 83° F.

Das Baden in der Quelle von 103°, die die größte und

1) Rehland,

2) Seetzen, in Zach's Monatlicher Korrespond. 1808.

3) Burckhard, Reisen in Syrien und Palästina, Weimar 1823.

breiteste ist, ist sehr angenehm, doch die von 115° ist zu heiß. Die Araber jedoch ziehen das Baden in dieser heißen Quelle vor. Er macht den Vorschlag, all die Quellen zusammenzufassen und hier einen Badeort anzulegen: „If El Hamma, as this place is now called, could be rebuilt, it would become not only one of the most attractive resorts in Syria, but one of the most interesting in the whole world. At present it seems a pity, that these delightful and healing waters should flow on for ever without being enjoyed by those, who would both appreciate and be benefited by them¹⁾.“

In seiner gründlichen Arbeit „Beschreibung des Dscholán“ bringt G. Schumacher²⁾ einige sehr wertvolle Angaben über die Thermen von El Hammi. Die Beobachtungen dieses Forschers sind auch aus dem Grunde von großer Wichtigkeit, weil Schumacher jahrelang im Lande lebte und wie selten einer Land und Leute kennt.

„El Hammi entspricht dem zur Zeit der Römer hauptsächlich besuchten Bade ‚Amatha‘ oder den heißen Quellen von Gadara. Aus der heißen Ebene der Quellen werden sich die Badenden häufig nach dem kaum eine halbe Stunde entfernten hochgelegenen Gadara begeben haben, wo sie sich an der kühlen Luft und an der herrlichen Aussicht erfreuen konnten. Aber auch heute noch eilen viele Hunderte von Eingeborenen aus allen Teilen des Landes nach El Hammi. Die des Kindersegens entbehrende arabische Frau sucht in den warmen Fluten Hilfe, und zahlreiche Beispiele werden erzählt, daß das Bad die erwünschte Wirkung gehabt habe. Daher sieht man dort namentlich junge Frauen in Begleitung ihrer Männer oder Verwandten. Nach demselben Autor soll der Gehalt der Quellen dem der Karlsbader zu vergleichen sein.“

Die ersten wissenschaftlichen Angaben über den Salzgehalt dieser Thermen auf Grund ausgeführter Analysen verdanken wir dem Geologen Fritz Nötling, der im Auftrage der Berliner Akademie der Wissenschaften und des Deutschen Palästina-Vereins im Jahre 1885 eine Reise nach

1) Palestine, Exploration Fund. Quart. Statements for 1879.

2) Schumacher, Beschreibung des Dscholán, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver. 1886. p. 294.

Palästina unternahm, um eine geologische Untersuchung des Dscholán durchzuführen. Dieser mit großem Erfolge durchgeführten Reise entstammt eine Arbeit: „Geologische Skizze der Umgebung von El Hammi,“ die wertvolle Angaben zu unserem Thema bringt¹⁾.

Bei dem engen Zusammenhang der physikalisch-chemischen Natur einer Quelle mit dem Innern der Erde, an deren Oberfläche sie hervordringt, ist sie auch für den Geologen, der die Wasserquelle als eine der wichtigsten Erscheinungen der Erde betrachtet, ein Zeugnis der inneren Prozesse derselben²⁾. So hat auch Nötling zunächst versucht, die Temperatur der Thermen festzustellen.

Er fand bei seinen Messungen folgende Temperaturen:

I. Hammet ed Dscharab	40,6 ° C,	Lufttemperatur	27 ° C
II. Hammet Selim . . .	48,75 ° C,	„	27,5 ° C
III. Hammet er-rih. . .	34,0 ° C,	„	27 ° C
IV. 'Ain s'ad el-fār . . .	28,7 ° C,	„	27 ° C
V. 'Ain būlus	25 ° C,	„	27 ° C

Er gibt auch eine Beschreibung der Lage der Quellen, auf die ich im Kapitel „Lage der Quellen“ zurückkommen werde. Die Temperaturbeobachtungen sind nicht längere Zeit durchgeführt worden.

Das mitgebrachte Wasser überließ Nötling Dr. Bärwald³⁾ zur Untersuchung. Die Analysen sind leider nicht ganz durchgeführt, und auf dem Transport wurden die Pfropfen vom Wasser sehr angegriffen, so daß sich in den Gefäßen ein flockiger Bodensatz bildete. Über die physikalische Beschaffenheit des Wassers erfahren wir sonst nur sehr wenig. Das spezifische Gewicht wird nicht angegeben. Schwefelwasserstoff konnte nicht nachgewiesen werden, obwohl Nötling ihn an der Quelle mit Bestimmtheit wahrgenommen hat. Nötling macht folgende Bemerkung: „Herr Dr. Bärwald betont ferner, daß es ihm

1) Nötling, Geologische Skizze der Umgebung von El Hammi, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver. 1886.

2) Jagzewsky, Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung der physikalischen Natur der Wasserquellen aus dem Jahrbuch der Kgl. Ung. Geol. Reichsanstalt, Budapest 1911.

3) Nötling, Geologische Skizze der Umgebung von El Hammi, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Ver.

nicht möglich gewesen sei, in einer der Wasserproben auch nur eine Spur von Schwefelwasserstoff nachzuweisen. Dies scheint mir beachtenswert; aber ich bin nicht geneigt, an die Möglichkeit einer Täuschung meinerseits zu glauben, wenn ich bei der Beschreibung der Quellen sagte: „Das Wasser riecht und schmeckt nach Schwefelwasserstoff“. Die Analysenresultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

	Hammet Selim	Hammet ed Dscharab	Hammet er-rih	'Ain s'ad el-far	'Ain bulus
Temperatur in °C .	48,75	40,6	34,0	28,7	25,0
Magnesiumkarbonat	0,16	0,14	0,15	0,12	—
Kalziumkarbonat .	—	0,09	0,01	0,10	—
Kalziumsulfat . . .	0,25	0,17	0,12	0,05	—
Chlornatrium . . .	0,44	0,29	—	—	—
Kieselsäure . . .	0,02	0,03	0,02	0,02	—
	1,16	0,87	0,65	0,44	0,44

Bei der Gründlichkeit, mit der Nötling sonst dieses Thema behandelt, nimmt es einen wunder, daß er auf Grund dieser Analysen, in denen das Kalium übersehen, die Chloride oft nicht bestimmt und der Schwefelwasserstoff weggelassen wurde, Schlüsse über die Salzabgabe dieser Thermen an das Tote Meer ziehen will.

Jedenfalls sind seine Analysenzahlen die einzigen, die wir über die Zusammensetzung des Thermalwassers von El Hammi haben, soweit ich mich in der Literatur umgesehen habe.



Lage und Entstehung der Quellen.

a) Die Quellen von Tiberias.

Die Thermen, welche am westlichen Ufer des Tiberiassees zur Oberfläche gelangen, liegen auf der schmalen Ebene zwischen dem See und den Bergen im Westen, eine halbe Stunde von der Stadt entfernt.

Auf einer geologischen Exkursion konnte ich feststellen, daß ihre Zahl eine viel größere ehemals war als heute. Viele Überreste und Ausbuchtungen weisen deutlich darauf hin. Auffallend ist es, daß sie alle sich in ihrer Temperatur unterscheiden und selbst die kleinen kalten Quellen, die wir, wie die warmen, fast alle auf derselben Linie in gleichem Abstände vom Tiberiassee antreffen, verschiedene Temperaturen zeigen.

Ob man aus dieser Beobachtung auf die Tatsache schließen darf, daß wir es hier mit erkalteten Thermen zu tun haben?

Die Ablagerungen, die wir in ihrer Nähe wahrnehmen können, bestehen aus Kalziumsulfat, Magnesiumsulfat, Kalziumcarbonat, Spuren von Eisen und Mangan. Sie sind aber hier nicht so charakteristisch ausgebildet wie bei den Quellen von El Hammi am Jarmuk.

Zu Badezwecken werden zurzeit das „Neue Bad“ und das weiter südlich gelegene „Alte Bad“ benutzt. Die Baulichkeiten sind ebenso dürftig wie die Fassung der Quellen. Viele kleinere heiße Quellen laufen unbenutzt in den See Tiberias. Einige Schritte vom „Neuen Bade“ befindet sich eine Quelle, deren Ergiebigkeit sehr klein ist, und die noch Überreste einer runden Ummauerung zeigt. Sie entwickelt sehr stark Schwefelwasserstoff, und die Blasen treten in gewissen Zeitabständen auf. Ihre Tem-



peratur ist höher als die der anderen Quellen. Ich glaube, wir haben hier eine richtige Pulsation, wie sie Süß¹⁾ für „juvenile Quellen“ als charakteristisch bezeichnet. In den Thermen offenbaren sich sehr deutlich die am Jordaneinbruch tätigen vulkanischen Vorgänge. Die Region der Jordanspalte ist als ein für die Tektonik Syriens maßgebender Charakterzug seit langem bekannt²⁾. Die grundlegenden Arbeiten von Oskar Fraas³⁾, Lartet⁴⁾, Hull⁵⁾, Nötling⁶⁾ und Blanckenhorn⁷⁾ haben viel zur Erweiterung unserer Kenntnisse dieses großartigen Bruchsystems beigetragen.

Das Jordantal ist durch seine Überlagerung von Alluvialboden mit Lava Zeuge, daß die Strömungen, welche den Grabenbruch des Orontes, Leontes und des Jordantales bewirkt hatten, noch nicht beendet waren, als durch heftige Erdstöße und heißflüssige Massen noch Formänderungen im Jordangebiete eintraten⁸⁾. Durch eingehende Studien konnte Nötling feststellen, daß der Teil des Jordantales zwischen dem Tiberiassee und dem See Hule von einem Lavastrom erfüllt ist, der, vom Plateau des Dscholán herabkommend, sich am westlichen Talgehänge hoch aufgestaut hat.

Thomson schildert die Gegend von Tiberias mit folgenden Worten: „Dieses unermeßliche vulkanische Feld besteht überall aus unregelmäßigen Haufen von Basaltlava und abgerissenen Schlacken mit gigantischen Anhöhen kegelförmigen Basalts.“ Während Russeger meint, daß die vulkanische Wirkung sich in der Nähe der Thermen von Tiberias durch den ganzen Habitus dieses Terrains

1) Süß, Über heiße Quellen, Naturw. Rundschau Nov. 1902.

2) C. Diener, Die Struktur des Jordanquellgebietes. Sitzg.-Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. 1885 p. 633.

3) Osk. Fraas, Aus dem Orient, Stuttgart 1867.

4) Lartet, Essai sur la géologie de la Palestine. Annal. des sciences géol. 1869 I. p. 1—116.

5) Hull, The survey of western Palestine, 1889.

6) Nötling, Entwurf einer Gliederung der Kreideformation in Syrien. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1886. p. 824.

7) Blanckenhorn, Abriß der Geol. Palästinas. „Altneuland“, Mon.-Schr. für die wirtsch. Erschließung Palästinas, I. Jahrg., Berlin Okt. 1904.

8) Vgl. auch Blanckenhorn, Geologie der näheren Umgegend von Jerusalem. Zeitschr. d. D. Pal.-Ver. 1905.

viel deutlicher ausprägt, als es am Toten Meere der Fall ist. „Die Anwesenheit wirklich vulkanischer Gesteine (Basaltströme im Jurakalk und Juradolomit), die Frequenz heftiger Erdbeben und das Vorhandensein der heißen Quellen bilden die unumstößlichen Kriterien nicht nur für die einst hier stattgefundenen tumultuarischen Katastrophen, sondern auch für den noch fortdauernden Bestand der vulkanischen Einwirkung“¹⁾).

Diese Ansichten werden bekräftigt, wenn wir einen Blick in die Statistik der Erdbeben werfen, die sich in Palästina bemerkbar machten²⁾.

Sonst sind es fast ausschließlich Glieder der Jura-, Kreide- und Eozänformationen, die an der Zusammensetzung der erwähnten Region Anteil nehmen³⁾. In der Nähe der Thermen tritt nach diesem Autor das Eozän unter den mächtigen Basaltergüssen auf.

b) Die Thermen von El Hammi oder Gadara.

Die Hauptquellen entspringen am rechten Ufer des Jarmukflusses, aber auch am linken Ufer sollen sich einige Quellen befinden. So fand Buckard⁴⁾ in dieser Gegend zehn heiße Schwefelquellen, während Merril⁵⁾ die Temperatur von fünf Quellen angibt. Schumacher und Nötling⁶⁾ zählten am rechten Ufer fünf Quellen, zweifeln aber nicht, daß sich in dieser Gegend noch mehrere befinden.

Meine Untersuchungen erstreckten sich nur auf die noch heute im Gebrauch stehenden Thermen, die von der

1) Russegger, Reise in Europa, Asien und Afrika. 1841—1849. Band III.

2) Vgl. Schubert, Reise ins Morgenland 1837. Rehland, Palästina. Karl Ernst Adolf v. Hoff, Geschichte der natürlichen Veränderung der Erdoberfläche II. 1824. Derselbe, Chronik der Erdbeben und Vulkan- ausbrüche 1840.

3) Blanckenhorn, Neues zur Geologie Palästinas und des Niltals. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 62. 1910.

4) Buckard, Travels in Syria and Palestine.

5) Merril, Palestine Exploration Fund. 1879.

6) Nötling, Geol. Skizze der Umgeb. von El Hammi. Zeitschr. d. D. Pal. Ver. 1886.



Bevölkerung als Heilquellen sehr geschätzt werden und sich durch ihre Temperatur und ihren Schwefelgeruch vor den anderen auszeichnen. Es wurden untersucht:

1. Hammet ed Dscharab
2. Hammet Selim
3. Hammet er-rih.

Hammet ed Dscharab liegt am westlichen Ende der El Hammi-Ebene, Das Thermalwasser sprudelt aus einem tief im Quellbett eingelassenen Bassin hervor.

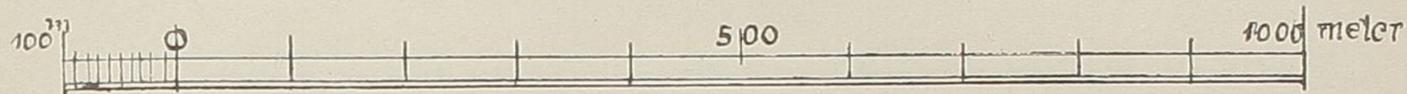
Hammet Selim liegt 220 m von Hammet ed Dscharab entfernt näher dem Jarmuk. Das Hauptbecken ist recht tief und das Wasser quillt aus tiefem Grunde. Sie stellt die Hauptquelle dar und steht in Verbindung mit einigen kleinen Becken, oberhalb welcher aus übereinander gelegten Steinen Wände errichtet sind. Das Dach ist aus Reisig. In der Nähe befinden sich die Überreste römischer Bauten.

Hammet er-rih liegt östlich (150 m) von Hammet Selim und bildet einen kleinen Teich.

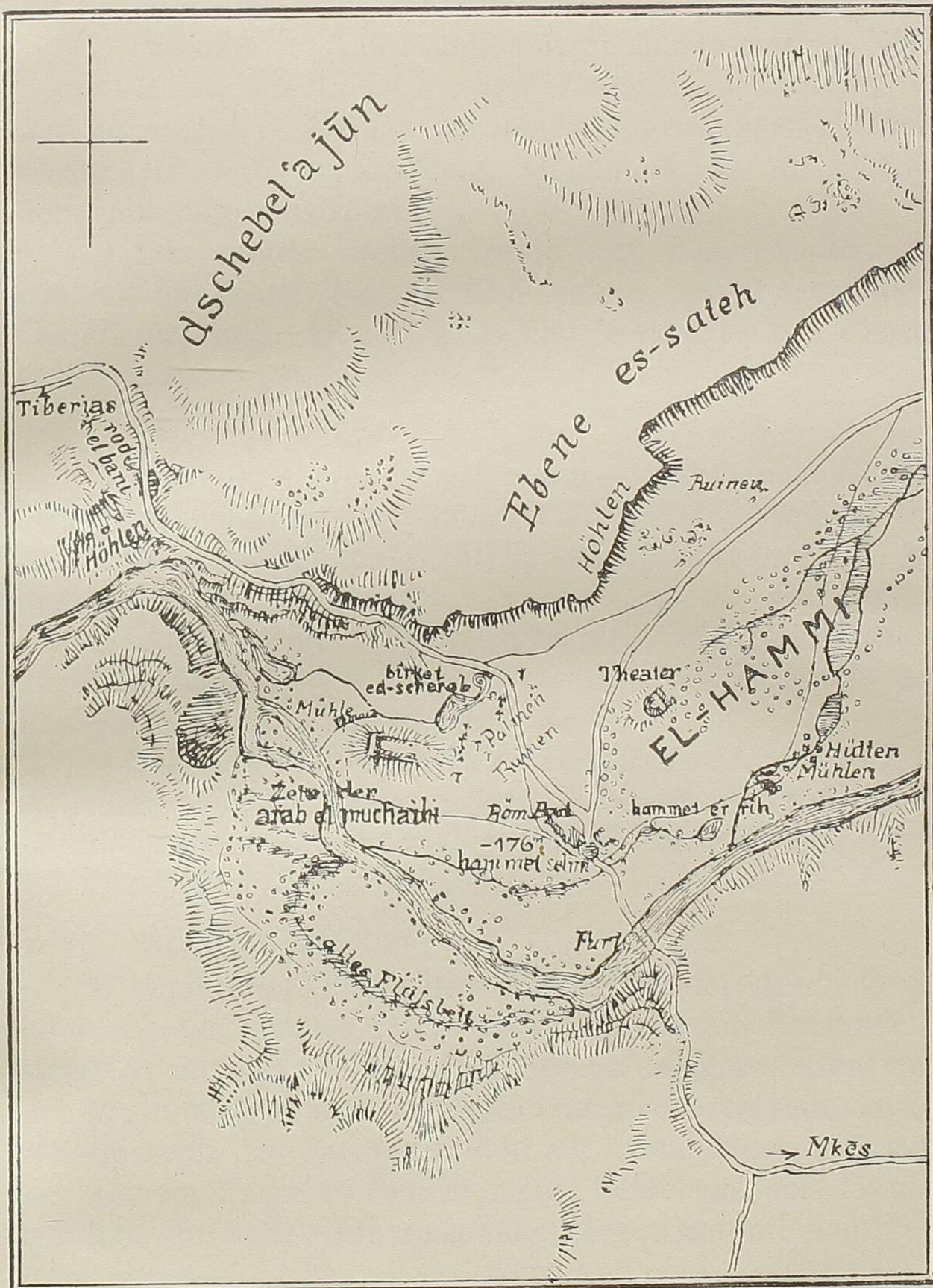
Die Bäder sind von Haifa aus mit der Haifa—Damaskus-Eisenbahn in $3\frac{1}{2}$ Stunden zu erreichen.

Das sonst schmale Jarmuk-Tal erweitert sich hier. Die steilen Felswände treten im Süden im Halbkreis zurück und bilden einen ausgebuchteten Kessel. Nach den genauen Messungen von Schumacher und Nötling beträgt die Länge der Sohle des Kessels der Ebene El Hammi 1450 m und umfaßt ein Gesamtareal von 72,5 ha. Die ganze Ebene liegt 176 m unterhalb des Mittelmeerspiegels. Die Bildung dieses Talkessels soll nach Nötling durch das Zusammenreffen zweier Sprungsysteme sich vollzogen haben, von welchen das eine in ostwestlicher Richtung, das andere in einem Winkel von 70° von NNW nach SSO läuft. „Zwischen beiden Sprungsystemen sind die einzelnen Schollen zur Tiefe gebrochen, durch deren unregelmäßig erfolgtes Absinken der Talkessel von El Hammi im weiteren Sinne erzeugt wurde. Die abgerissenen Berghänge, das Auftreten des Basalts und der Lavaströme lassen auch hier den Zusammenhang des heiß aus dem Boden sprudelnden Quellen, mit den sich hier abgespielt habenden eruptiven Vorgängen erkennen. Die Quellen von El Hammi liegen nicht mehr innerhalb des Ghors, wie die Thermen von

LAGEPLAN der Quellen von El-Hammi



Maßstab 1:10000 ca.



Nach Nötling, Geologische Skizze der Umgebung von El Hammi.
Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins 1886.



Tiberias, sondern ungefähr 4 km östlich von der Hauptspalte entfernt, und es ist sehr fraglich, ob ihre Entstehung auch nur zeitlich mit denen der Tiberiasquellen zusammenfällt.

Nötling¹⁾, der zuverlässige geologische Führer in dieser sonst abseits gelegenen Gegend, gibt uns für die geologische Struktur dieser Gegend folgende Reihenfolge an:

I. Senon.

a) Bituminöse Kalke mit *Lucina hammetensis* Nötel. Diese älteste Schicht ist da aufgeschlossen anzutreffen, wo der Jarmuk aus seiner nordwest-südöstlichen Richtung westwärts umbiegt, an einer steilen Wand, an welcher der Fluß hart hinströmt.

b) Obersenon, weiße Kreide mit Feuersteinen: sie besteht aus einer tonigen Kalkschicht, der Feuerknollen eingelagert sind; an der Süd- und Westseite des Flusses auftretend.

II. Alt-Alluvium.

a) Ez-zeijatinlava. Ein Lavastrom, der, vom Plateau herabkommend, auf der linken Talseite eine Anhöhe von 30 m bildet und an dieser Stelle gut zu erkennen ist, und der ein echter Basalt ist.

b) Alt-alluvialer Jarmukschotter. Fest zusammengepackte, weit über Kopfgröße sich erhebende Basalt- und Kreideblöcke mit eingelagertem Sand,

c) Rukkadlava, ein mächtiger Basaltstrom von 25—30 m; er bildet eine sehr ausgeprägte Terrasse, die sich im N. an die Gehänge anlehnt und nach S. in steiler Wand gegen die Ebene El Hammi abbricht.

III. Jung-Alluvium.

a) Quelltuffe. Die eigentliche Ebene ist durch Quelltuffe von hellbrauner Farbe gebildet, die am Bachufer in steiler Wand bis zu 10 m Mächtigkeit aufgeschlossen sind.

b) Jung-Alluvialer Jarmukschotter. Durch sein starkes Gefälle reißt der Jarmuk alljährlich große Mengen Gerölls aus seinem Entwässerungsgebiete, bestehend aus Basaltgeröllen, die sehr stark zusammenbacken und oft sein Fluß-

1) Nötling, l. c.



bett sperren, so daß er gezwungen ist, sich eine neue Rinne zu bohren.

Nötling fand in dieser Schottermasse ziemlich stark am Ufer einen neuen Flußlauf markiert.

c) Gehängeschutt von basaltischen und Kreidegesteinen. Diese Gehängeschutte sind in Palästina sehr verbreitet. Ihr Charakteristikum ist, daß sie sich durchweg aus eckigen nicht abgerollten Gesteinstrümmern aufbauen.

Physikalische und chemische Untersuchung der Thermen von Tiberias und El Hammi.

A. Physikalische Untersuchung.

1. Die Temperatur der Quellen.

Auf die Bedeutung genauer Temperaturmessungen für die Beurteilung der Quellen hingewiesen zu haben, ist ein Verdienst von E. Hallmann¹⁾ und Franz Lupin²⁾. In ihren gediegenen Studien weisen diese Forscher nach, von welchen Faktoren Temperaturschwankungen abhängen, und von welcher Wichtigkeit die über einen längeren Zeitraum sich erstreckenden Temperaturbestimmungen sind.

In neuester Zeit beschäftigte sich Jagzewsky mit diesem Thema und beklagt mit Recht den Mangel solcher Angaben³⁾. Auch bei der Heranziehung der Hypothese von E. Süß⁴⁾ über „vadose“ Quellen und „juvenile“ Quellen spielen Temperaturmessungen eine große Rolle. Denn nach dieser Hypothese sind die Merkmale für juvenile Quellen Pulsation, Unveränderlichkeit der Ausgiebigkeit, Unveränderlichkeit der Temperatur und Unveränderlichkeit der chemischen Zusammensetzung.

W. Petrascheck⁵⁾ weist auf den engen Zusammenhang von Temperatur und Radioaktivität hin. Von ganz be-

1) Hallmann, Die Temperaturveränderlichkeit der Quellen. Berlin 1854.

2) Lupin, Quellentemperaturen in Oberbayern. Ber. d. Phys.-Ökon. Ges. in Königsberg i. Pr. 1897.

3) L. Jagzewsky, Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung d. phys. Natur der Wasserquellen. Aus dem Jahrb. d. kgl. ungar. geol. Reichsanstalt, Budapest 1911.

4) Süß, Über heiße Quellen, Naturw. Rundschau, Nov. 1902.

5) Petrascheck, Geologisches über die Radioaktivität der Quellen. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Wien 1908, p. 361.



sonderer Wichtigkeit sind aber solche Bestimmungen für Quellen, die auf vulkanischem Gebiete liegen, wie es bei den Quellen von Tiberias und Gadara der Fall ist¹⁾. Temperaturschwankungen sind nach R. Hoernes²⁾ die Vorboten heranziehender Erdbeben und Zeugen der Nachwirkung derselben.

Während der Erdbeben in den Pyrenäen im Juli 1660 erkalteten die warmen Quellen von Bagnères plötzlich dermaßen, daß die gerade im Bade befindlichen Kurgäste genötigt waren, sie zu verlassen. Beim Erdbeben von Kalabrien sollen nach Grimaldi die Thermen von S. Eufemia und nach Covelli bei dem Erdbeben vom 2. Februar 1888 die heißen Quellen auf der Insel Ischia ihre Temperaturen gesteigert haben³⁾.

Ähnliche Angaben finden wir auch über die Temperatur der Thermen von Tiberias, die uns zeigen, wie sehr diese von Erdbeben beeinflußt wurden. So erzählt Rehland, daß die Thermen von Tiberias nach den heftigen Erdbeben im Jahre 1710 infolge dieses Ereignisses längere Zeit gestockt hätten⁴⁾.

Die in der Literatur befindlichen Angaben über die Temperatur der Quellen von Tiberias und El Hammi zeigen erhebliche Schwankungen, wie sie aus der Tabelle zu ersehen sind.

Aus den hier angeführten Gründen schien es mir von großer Wichtigkeit, die Temperaturverhältnisse dieser seit altersher berühmten Quellen einer genauen Untersuchung zu unterziehen.

Die Quellen von Tiberias wurden vier Wochen lang dreimal täglich beobachtet. Die Zeiteinteilung wurde meistens so eingehalten, daß die Messungen am Morgen um 6 $\frac{1}{2}$ Uhr, am Mittag um 11 $\frac{1}{2}$ Uhr und am Abend um 8 $\frac{1}{2}$ Uhr vorgenommen wurden. Die Temperatur wurde von zwei zu gleicher Zeit eingestellten Quellthermometern abgelesen. Verschiedene Male unternahm ich Ablesungen in der Mitternacht beim Lichte einer elektrischen Taschenlampe, um die Einwirkung der Lufttemperaturveränderung und der Taufeuchtigkeit festzustellen.

Die Thermen von El Hammi konnte ich nur sechs Tage lang beobachten; die Messungen wurden nach derselben

1) Blanckenhorn, Neues zur Paläontologie Palästinas, 1910.

2) Hoernes, Erdbebenkunde, 1893.

3) F. C. Neumann, Lehrbuch der Geologie. Leipzig 1850, p. 242.

4) Rehland, l. c.

Methode wie bei den Bädern von Tiberias vorgenommen. Bei den Bädern, welche das Wasser durch Kanäle zugeführt erhalten, geschah die Ablesung, bevor das Wasser ins Bassin kommt; bei den offenen Quellen wurde die Temperatur des Bassinwassers bestimmt. Die Thermometer lagen eine halbe Stunde im Wasser. Die beigefügten Tabellen veranschaulichen die Resultate der ausgeführten Messungen. Die festgestellten Temperaturen sind folgende:

- a) Die Temperatur des „Neuen Bades“ 61,5 °C
- b) Die Temperatur des „Alten Bades“ 58,7 °C
- c) Die Temperatur der „offenen Quelle am Alten Bade“ 61,9 °C
- d) Hammet ed Dscharab 40,6 °C
- e) Hammet Selim 48,83 °C
- f) Hammet er-rih 34,1 °C

Übersichtstabelle der Temperaturen des „Neuen Bades“, des „Alten Bades“ und einer in der Nähe des „Alten Bades“ entspringenden Quelle.

(Die Temperatur ist in °C angegeben.)

Beob. am	Neues Bad			Altes Bad			Quellen i. d. Nähe			Bemerkungen
	Morg.	Mittag	Abend	Morg.	Mittag	Abend	Morg.	Mittag	Abend	
24. 4.	61,5	61,6	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,9	61,8	Himmel heiter
25. 4.	61,5	61,6	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „
26. 4.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „
27. 4.	61,5	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ bewölkt
28. 4.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,9	61,9	„ heiter
30. 4.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	sehr heiß, im Schatten 30° C
1. 5.	61,5	61,5	61,4	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	Himmel heiter
2. 5.	61,5	61,5	61,4	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	„ „
3. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „
4. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,9	61,8	„ „
5. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	morgens trübe
7. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	Himmel heiter
8. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	„ „
9. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	„ „
10. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	„ „
11. 5.	61,5	61,5	61,5	58,65	58,6	58,7	61,8	61,8	61,9	„ „
12. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,9	„ „
14. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „
15. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „
17. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	„ „



(Die Temperatur ist in °C angegeben.)

Beob. am	Neues Bad			Altes Bad			Quellen i. d. Nähe			Bemerkungen
	Morg.	Mittag	Abend	Morg.	Mittag	Abend	Morg.	Mittag	Abend	
18. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,9	Himmel heiter
19. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	" "
21. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	" "
22. 5.	61,5	61,5	61,5	58,7	58,7	58,7	61,8	61,8	61,8	" "
23. 5.	61,6	61,6	61,6	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	" "
24. 5.	61,6	61,6	61,5	58,7	58,7	58,7	61,9	61,9	61,9	" "

Zusammenstellung der in der Literatur
sich befindenden Angaben über die Temperatur
der Thermen von Tiberias.

Nr.	Beobachtet von	Jahr und Tag	Temperatur in °C	Bemerkungen
1	Edrisi	—	70	die Temperatur, in der ein Ei gerinnt
2	v. Egmond	1720/21	—	sehr heiß
3	Hasselquist	1752	—	so heiß, daß man die Hand hineinstecken kann
4	Buckingham	1821	54,44	aus F in C umgerechn.
5	King	1827	59,44	" " " " "
6	Schubert	1837	48	" " " " "
7	Egel	1838	50-55	" " " " "
8	Russegger	1841-49	57,5	" " " " "
9	Anderson	1852	61,83	" " " " "
10	Robinson	1855	60	" R " " "
11	Frankl	1856	61,25	" " " " "
12	Frei	1885	58 u. 59 ^{1/2}	Neues Bad 59 ^{1/2} °, Altes Bad 58°

Die Temperatur der Quellen von El-Hammi,
in °C angegeben.

Beobachtet am	Hammet Selim	Hammet ed Dscharab	Hammed er-rih	Bemerkungen
25. 4.	48,83	40,6	34,2	sehr heiß
27. 4.	48,83	40,6	34,2	Himmel heiter
1. 5.	48,85	40,6	34,2	" "
3. 5.	48,85	40,6	34,2	" "
5. 5.	48,83	40,61	34,1	" "
10. 5.	48,83	40,61	34,1	" "
15. 5.	48,83	40,6	34,2	" "

2. Die Radioaktivität der Quellen von Tiberias und El Hammi.

Die Erforschung der Radioaktivität der Quellen hat in der letzten Zeit solch große Fortschritte gemacht, daß es mir angezeigt erschien, auch bezügliche Untersuchungen an den Thermen Palästinas anzustellen. Der Radiogen-Gesellschaft Berlin, die die Güte hatte, mir für meine Untersuchungen ein Elektroskop und Kannen zur Verfügung zu stellen und mir auch praktische Anweisungen für einige Manipulationen in überaus liebenswürdiger Weise zu erteilen, sage ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.

Radioaktive Untersuchungen sind an Quellen fast aller Erdgegenden angestellt worden. In Deutschland wurden solche Messungen in großem Maße von Engler und Sieveking ausgeführt¹⁾. Ferner untersuchten Schmidt und Kurz²⁾ die hessischen, Schiffner die sächsischen³⁾, und Koch die württembergischen Quellen⁴⁾. Auch aus der Schule des Hallenser Professor Geheimrat Dorn sind eine ganze Reihe hervorragender Arbeiten auf diesem Gebiete erschienen, die uns über das Wesen der Radioaktivität und deren Vorkommen in den verschiedenen Quellen und Brunnen Deutschlands gut unterrichten⁵⁾. Die österreichischen Thermen wurden von Mache und Mayer untersucht⁶⁾, während Bamberger eine große Anzahl von Quellen in Tirol untersuchte⁷⁾. Die Quellen der Schweiz wurden von v. Sury⁸⁾ und Sarasin⁹⁾ auf ihre Radioaktivität untersucht und die italienischen von Nasini¹⁰⁾. Curie und Laborde¹¹⁾ fanden

1) Engler u. Sieveking, Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1907 p. 1—25.

2) Schmidt u. Kurz, Phys. Zeitschr. 1906 p. 209.

3) Schiffner, Radioaktive Wässer in Sachsen, Freiburg 1908.

4) Koch, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1906, p. 446.

5) Dorn, Vgl. Schenk, Reichau, Dissert. Halle 1904—1908.

6) Zeitschrift für physikalische Chemie 1905. p. 692.

7) Bamberger, Sitzungsber. d. Kais. Ak. d. Wissensch. 1907 p. 1472, 1908 p. 1055 u. 1065.

8) v. Sury, Über die Radioaktivität einiger schweizerischer Mineralquellen. Diss. Freiburg 1907.

9) Sarasin, Phys. Zeitschr. 1905 p. 708. Arch. des sciences phys. et nat. 1908 p. 36.

10) Nasini, Lincei Bl. Rom 1905 p. 70, 1906 p. 307.

11) Laborde, Compt. rend. Bl. 1904 p. 1150.



unter 19 untersuchten Quellen 14 aktiv. Ferner wurden Quellen in Spanien von Munoz de Castillo¹⁾, Quellen in Schweden von Sjörgen und Sahlbom²⁾, Quellen in Nordamerika von Boltwood³⁾, Quellen in Ungarn von B. Szilard⁴⁾, Quellen in Rußland von Sokoloff untersucht usw.

In Palästina sind bis jetzt solche Messungen nicht ausgeführt worden, obwohl die Lage der Quellen, 200 m unter dem Meeresspiegel, ihre geologische Beschaffenheit, ihre hohe Temperatur und ihre 2000jährige Tradition als berühmte Heilquellen ihnen einen ganz besonderen Reiz für solche Untersuchungen verleiht. Ist man doch noch heute auf vielen Seiten geneigt, den Heilerfolg mancher Quellen nur auf den Gehalt ihrer Emanation zurückzuführen, um so eine Erklärung für die Wirkung mancher Heilquellen zu finden, deren chemische Zusammensetzung keinen Aufschluß über den Grund ihrer therapeutischen Wirkung gegeben hat. „Zudem gab die Annahme der kurzlebigen radioaktiven Emanation als wirksamen Heilfaktors eine vielfache Erklärung für die Tatsache ab, daß viele dieser Quellwässer ihre heilkräftige Wirkung nur beim unmittelbaren Gebrauche an der Quelle selbst ausüben vermögen, dieselbe aber beim Aufbewahren und Versenden der Wässer in kurzer Zeit einbüßen“^{5·6)}.

Bei einer Anzahl von Wässern ist die Radioaktivität auf einen geringen Inhalt von Radium zurückzuführen. Dieses ist beispielsweise von Dorn⁷⁾ am Karlsbader Sprudel, von Sahlbom und Heinrichsen⁸⁾ an den Quellen von Aachen und Burtscheid nachgewiesen worden.

Die Aktivität solcher Gewässer ist nicht im gleichen

1) Munoz de Castillo, Bolet. real. soc. espagn. de Hist. nat., 1906 Arch. sc. phys. et nat. 1908 p. 339.

2) Sjörgen, Arch. f. Kemi, Mineralogi och Geologi 1908 III.

3) Boltwood, Amer. Journ. of scienc. 1905 p. 125.

4) Szilard, Ber. ung. naturw. Ges. Budapest 1905. Sokoloff, Journ. d. Russ. Phys. Ges. 1905 p. 101.

5) E. Ebler, Über die Radioaktivität d. Mineralquellen, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1909 p. 526.

6) Sommer, Über die radioaktiven Verhältnisse der natürl. Heilquellen d. deutschen Sprachgebietes, München 1912.

7) Dorn, Abhandl. d. Naturforsch. Ges. Halle 1904 p. 105.

8) Sahlbom u. Heinrichsen, Ber. d. D. Chem. Ges. 1906 p. 2607.

Maße vergänglich wie diejenige der Wässer, welche Emanation gelöst enthalten, was bei der weitaus überwiegenden Menge der radioaktiven Quellen der Fall ist. So ist der wirksame Bestandteil der Mehrzahl der radioaktiven Quellen ein Gas (Emanation), welches in den betreffenden Gewässern gelöst enthalten ist und den Gasgesetzen unterliegt.

Von großer Wichtigkeit für unser Thema sind besonders die Studien, die über das Auftreten radioaktiver Quellen auf vulkanischem Gebiete, das Verhalten nebeneinander liegender Quellen (heißer und kalter) in bezug auf ihre Radioaktivität handeln. Denn bei den von mir untersuchten Quellen sind alle diese Erscheinungen vorhanden, und was die Untersuchungen noch interessanter gestaltet, das ist die noch zu berücksichtigende Tatsache, daß das Land ein wasserarmes ist, die Regenfälle nur zu bestimmten, weit auseinander liegenden Perioden kommen, wodurch die Vermischung und Verdünnung des Thermalwassers mit Oberflächenwasser in der trockenen Jahreszeit nicht stattfindet.

Auf den Zusammenhang zwischen Radioaktivität und vulkanischer Eruption weist schon die Beobachtung hin, daß die Thermen im allgemeinen eine höhere Radioaktivität zeigen als die kalten Quellen. Wenn man ferner bedenkt, daß die hohe Temperatur die Emanation frei macht und verdrängt, so werden wir doch den hohen Emanationsgehalt des Thermalwassers auf ein radioaktiv starkes Depot zurückführen müssen, welches die Emanation immerzu, und zwar in großem Maßstabe, erneuert.

Den hervorragenden Versuchen der Mme. S. Curie, die festgestellt hatte, daß durch das Erhitzen, die in festen Körpern okkludierte Emanation frei gemacht wird, haben wir es zu verdanken, daß von verschiedener Seite nach dieser Richtung hin Untersuchungen angestellt wurden. Martinelli konnte im Tuffe und in Lava aus der Umgegend von Rom eine, — wenn auch nicht hohe — Radioaktivität dieser Substanzen nachweisen¹⁾.

Auch die Lava von der Vesuveruption 1904 und 1905 erwies sich nach Tommaschina und Heinrich als aktiv²⁾.

1) Lincei Rendie Bd. 13. 1904 p. 441.

2) Heinrich, Zeitschr. f. Elektrochemie 1907.



Prytz und Thorkelson führten durch ihre Untersuchungen an Geysiren den Beweis, daß vulkanische Exhalationen bedeutende Mengen Emanation dem Boden entführen, deren Potentialabfall 48000—51000 Volt pro Stunde beträgt¹⁾, Die von Giesel²⁾ an sizilianischer Ackererde durchgeführte Analyse, welche das Vorkommen verhältnismäßig großer Mengen aktiver Substanzen in diesem von verwitterten vulkanischen Bestandteilen durchsetzten Boden ergab, wie die Untersuchungen von Elster und Geitel³⁾ an zahlreichen Quellen, Sedimenten und Bodenproben bestätigten, daß bestimmte Gesichtspunkte für die Beurteilung natürlicher Substanz auf ihren Gehalt an radioaktiver Materie in Betracht kommen.

Aus all diesen Untersuchungen geht deutlich hervor, daß Quellen, die aus einem Boden kommen, auf dem sich vulkanische Eruptionen abgespielt haben, in ausgesprochenem Maße für Radioaktivitätsuntersuchungen sich eignen, worauf auch Rutherfords Untersuchungen deutlich hinweisen.

Methode der Untersuchung.

Zur Ausführung meiner Messungen benutzte ich das Fontaktoskop nach C. Engler und H. Sieveking (s. S. 29) und in der von Löventhal und Kohlrausch angegebenen Modifikation. Es besteht aus einem Elektroskop und einer Meßkanne von 2 l Inhalt. „Die Blättchen des Elektroskops sind in einem Gehäuse E eingeschlossen, an dem verstellbare Schutzbacken S zum Schutz der äußerst empfindlichen Blättchen C angebracht sind. An einem isolierenden Bernstein hängt ein Stab T mit den beiden feinen Aluminiumblättchen, der sich fortsetzt in einem abschraubbaren Zerstreuungskörper Z. Eine Skala und eine Lupe sind an dem Halse des Gehäuses angebracht, in dem ein konischer Deckel eingelassen ist, der zum Aufsetzen des Instrumentes auf die Meßkanne dient. Das Laden erfolgt nach vor-

1) Thorkelson, Overs. K. Danieska Vidensk. Sels. Förh. 1905 p. 317.

2) Giesel, Üb. d. Vorkommen von Radium u. radioaktiv. Edelerd. im Fangoschlamm u. in Ackererde von Capri. Chem. Ber. 38, p. 132—133.

3) Elster und Geitel, Phys. Zeitschr. 5, 1—20; Phys. Zeit. 6, 67.

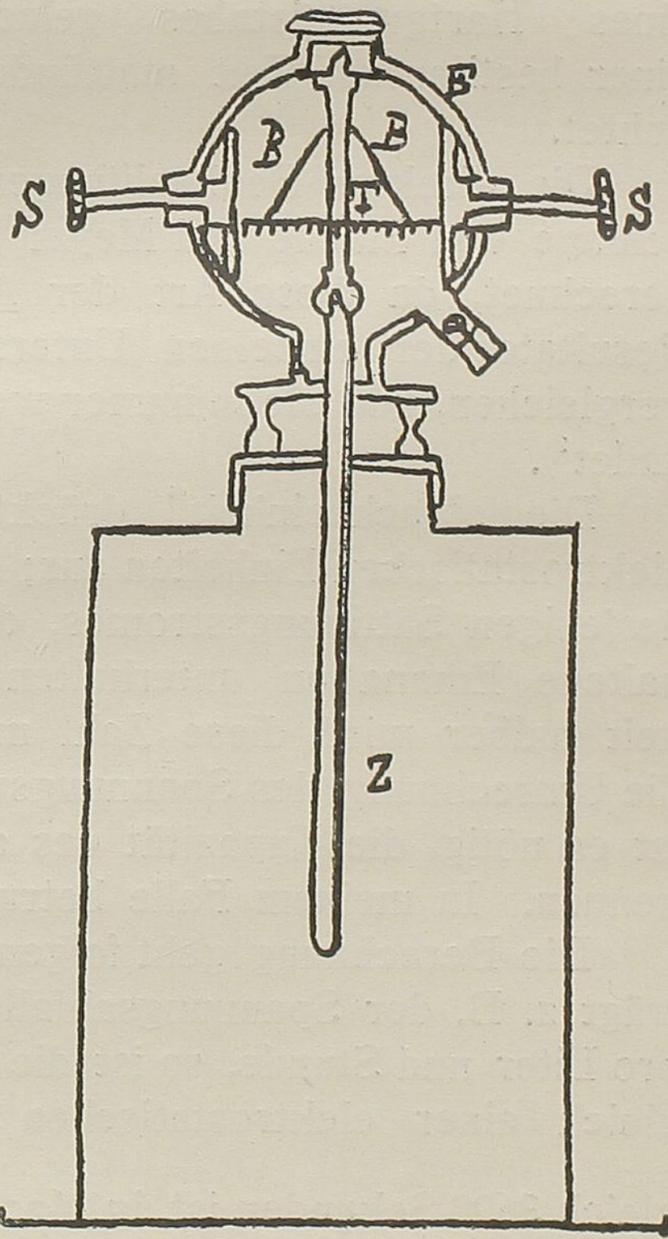
sichtigem Entfernen der Schutzbacken mit einem kleinen Hartgummistäbchen, das durch Reiben elektrisch gemacht wird¹⁾."

Die fertigen Apparate sind durch Günther & Tegemeyer in Braunschweig zu beziehen. Jedem Apparat ist eine Eich-tabelle beigelegt, auf Grund welcher sich aus dem Ausschlag der Blättchen die Spannung entnehmen läßt, die in Volt ausgedrückt wird.

Ausführung.

Die Messung der Aktivität geschah in folgender Weise:

In einem vor Erschütterung und Luftzug geschützten Orte wurde der Apparat ganz in der Nähe der Quelle aufgestellt und alle Vorbereitungen zur Messung getroffen, da das schnelle Arbeiten zur Erzielung übereinstimmender Resultate Bedingung ist. Zur Bestimmung des Normalverlustes wurden in die Meßkanne 500 ccm Wasser aus dem Tiberiassee gegossen, das Elektroskop aufgesetzt und geladen und der Abfall der Blättchen beobachtet. Das Mittel von fünf Beobachtungen wurde als Normalverlust angenommen und von den späteren Bestimmungen abgezogen. Das Thermal-



Fontaktoskop

wasser wurde in einer auf „Ausguß“ berechneten 1 l Flasche geschöpft mit einem ein-

1) Vgl. Gaudenz, Die Bestimmung d. Radioak. v. Mineral- u. Thermalquell. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1910, p. 147.

geschliffenen Glasstopfen verschlossen und, bevor das Wasser gemessen wurde, auf 35° C abgekühlt durch Eintauchen in einen Eimer frisch aus dem Tiberiassee geschöpften Wassers (24° C). Dann wurde das Wasser sehr vorsichtig, um überflüssiges Luftdurchperlen zu vermeiden, ohne Erschütterung in die Meßkanne gegossen, mit einem gut schließenden Gummistopfen schnell geschlossen. Eine halbe Minute lang wurde nun die Kanne mit dem Thermalwasser durch Armbewegung kräftig geschüttelt, dann schnell der Pfropfen gelüftet und das Elektroskop mit dem eingeschraubten Zerstreuzylinder aufgesetzt. Die Blättchen wurden bis zum Maximum ihres Ausschlages mittels eines Hartgummistabes geladen und der während einer bestimmten Zeit stattfindende Potentialabfall beobachtet.

Die direkten Beobachtungen wurden nach dem Vorschlage von Mache und Meyer¹⁾ in „Macheeinheiten“ umgerechnet, da diese Art der Angabe es ermöglicht, die Resultate der einzelnen Untersuchungen miteinander zu vergleichen, und sie in immer weiteren Kreisen Anwendung findet²⁾.

Die „Macheeinheit“ drückt den Spannungsabfall in elektrostatischen Einheiten aus; E. S. E. bedeutet die Stärke desjenigen Sättigungsstromes, den die in 1 l Wasser enthaltene Emanation unterhalten kann. Der Bequemlichkeit halber wird diese Zahl mit 1000 multipliziert. Für die Umrechnung des Spannungsverlustes in Stromeinheiten ist es nötig, die Kapazität des angewandten Apparates zu kennen. In meinem Falle betrug die Kapazität 9,3.

Die Berechnung geht folgendermaßen vor sich: Es beträgt z. B. der Spannungsabfall bei einer Quelle 1000 Volt pro Liter und Stunde, so ist die Radioaktivität, da 300 Volt gleich einer elektrostatischen Einheit und eine Stunde gleich 3600 Sekunden ist, in Macheeinheiten $= \frac{1000 \times 9,3}{300 \times 3600} = 0,0086 \times 1000 = 8,6$ Macheeinheiten.

Die Berechnung in der Tabelle, wo die Beobachtungen

1) Mache u. Meyer, Phys. Zeitschr. 1905 p. 613.

2) Sommer, l. c.

des Voltabfalles auf $\frac{1}{4}$ Stunde sich erstrecken, geht folgendermaßen vor sich:

$$\frac{107,5 \times 9,3}{300 \times 15 \times 60} = 3,70 \text{ Macheeinheiten.}$$

Die Resultate der Messungen der Quellen sind aus der Tabelle zu ersehen.

Neues Bad bei Tiberias.

Nr.	Datum	Voltabfall in 15 Min.	E.S.E. 10^3	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$	Bemerkungen meteorolog. Art
1	24.4.12h	106,7	3,67	61,6	Himmel heiter
2	26.4.12h	104,4	3,59	61,5	„ „
3	28.4.12h	119,9	4,12	61,5	„ „
4	30.4.12h	112,8	3,88	61,6	sehr heiß, Schatten 32°C
5	2.5.12h	105,9	3,68	61,5	heiter
6	4.5.12h	119,9	4,12	61,5	„
7	7.5.12h	107,5	3,70	61,6	„
8	8.5.12h	119,9	4,12	61,6	„
9	9.5.12h	106,7	3,67	61,6	morgens trübe
10	11.5.12h	105,9	3,68	61,4	Himmel heiter
11	14.5.12h	110,5	3,80	61,5	„ „
12	17.5.12h	110,5	3,80	61,6	„ „
13	19.5.12h	112,8	3,88	61,6	„ „
14	21.5.12h	106,7	3,67	61,5	„ „

Die Quellen von El Hammi.¹⁾

Datum	Hammet Selim		Hammet ed Dscharab		Hammet er-rih		Bemerkungen
	i. 10^3	T.	i. 10^3	T.	i. 10^3	T.	
25. 4. 11	2,05	48,83	1,5	40,6	0,80	34,2	Luft-T. 28
27. 4. 11	2,80	48,83	1,8	40,6	0,85	34,2	Luft-T. 27
1. 5. 11	1,98	48,85	—	40,6	0,76	34,2	Himmel heiter
3. 5. 11	2,76	48,85	1,8	40,6	0,80	34,2	„ „
5. 5. 11	2,8	48,83	1,3	40,62	—	34,1	„ „
10. 5. 11	2,6	48,83	1,6	40,61	0,75	34,1	„ „
15. 5. 11	2,5	48,83	1,8	40,60	0,80	34,1	„ „

1) In Macheeinheiten.

Altes Bad bei Tiberias.

Nr.	Datum	Voltabfall in 15 Min.	E. S. E. 10^3	Temperatur in $^{\circ}$ C	Bemerkungen meteorolog. Art
1	24.4.1h	89,4	3,07	58,7	Himmel heiter
2	26.4.1h	—	—	58,7	„ „
3	28.4.1h	80,0	2,75	58,7	„ „
4	30.4.1h	81,5	2,80	58,7	sehr heiß, Schatten 32° C
5	2.5.1h	86,6	2,96	58,7	Himmel heiter
6	4.5.1h	—	—	58,7	„ „
7	7.5.2h	83,0	2,85	58,7	„ „
8	8.5.1h	82,3	2,83	58,7	„ „
9	9.5.1h	86,6	2,96	58,7	morgens trübe
10	11.5.1h	89,4	3,07	58,7	Himmel heiter
11	14.5.2h	—	—	58,7	„ „
12	17.5.2h	82,3	2,83	58,7	„ „
13	19.5.2h	86,6	2,96	58,7	„ „
14	21.5.2h	80,0	2,75	58,7	„ „
15	22.5.2h	82,3	2,83	58,7	„ „

An diese Ergebnisse der wiederholt ausgeführten Messungen lassen sich gar manche wichtige Betrachtungen anknüpfen. Zunächst bekräftigen sie die Annahme der Beziehungen zwischen Emanationsgehalt und Bodenbeschaffenheit und zeigen, daß die Nähe vulkanischer Eruptionen auf den Emanationsgehalt von Einfluß ist. Die Untersuchungen von Strutt¹⁾ erhalten durch diese an den Thermalquellen im Ghor und in der Ebene von El Hammi ausgeführten Messungen eine Bekräftigung durchschlagender Art. Denn selten war ein Boden für solche Untersuchungen so gewählt und zeigte all die Merkmale, wie die Bruchspalte des Ghors. All die untersuchten Quellen sind mehr oder weniger radioaktiv, weil sie auf dieser vulkanischen Bruchspalte liegen. Ferner bemerken wir hier wieder eine schon von verschiedenen Autoren bestätigte Tatsache, daß dicht nebeneinander liegende Quellen oft außerordentliche Unterschiede in ihrem Emanationsgehalte zeigen können. „Mannigfache Wechselbeziehungen“, sagt Petrascheck, „bestehen bei allen Quellen und machen aus jeder ein Individuum. In wie hohem

1) Strutt, Proceedings of the Royal Society. London 1908.

Maße das der Fall ist, lehrt das Studium der Radioaktivität. Unmittelbar nebeneinander liegende Quellenaustritte, für die wir oft ohne Bedenken dieselbe Entstehung annehmen können, zeigen beträchtliche Unterschiede in ihrer Radioaktivität. Die Wirkung einfacher physikalischer Gesetze, wie des Gasgesetzes, kann durch andere Faktoren bis zur Unendlichkeit verwischt werden.“

Da meine Untersuchungen in der regenlosen Zeit ausgeführt wurden, und man hier die Einflüsse des Oberflächenwassers nicht zu berücksichtigen braucht, so fällt hier der Unterschied im Emanationsgehalt ganz besonders auf.

Vergleicht man die Temperatur der Quellen mit ihrem Emanationsgehalt, so neigt man leicht zur Annahme, daß wir es hier mit gewissen Beziehungen von Temperatur und Emanation zu tun haben; aber auch in diesem Falle lassen uns unsere bisherigen Forschungen im Stich. Denn hier zeigt sich wieder etwas Merkwürdiges, daß die heißen Quellen die emanationsreicheren sind. Diese Erfahrungen machte auch Boltwood¹⁾ bei seinen ausgedehnten Untersuchungen an den heißen Quellen von Arkansas. „50 Quellen liegen dort auf einem schmalen Streifen von 500 Yard Länge beisammen, sie treten aus stark gefalteten silurischen Sandsteinen und Schiefer zutage²⁾. Ihre Temperatur schwankt von 35—64° C. Die Menge der gelösten Stoffe von 170—310 Teilen auf 1000000 Teile Wasser. Dem chemischen Charakter nach sind sich alle diese Quellen ähnlich; ihre Radioaktivität aber differiert zwischen 0,5—265,6, ausgedrückt in der Zahl der Gramme Uran, die in 1 l Wasser die äquivalente Wirkung hervorbringen. Trotz dieser großen Unterschiede besteht keine Regelmäßigkeit hinsichtlich der örtlichen Lage, keine Beziehung zum Salzgehalt und keine Beziehung zur Temperatur.“

Die Untersuchungen, die Schlund³⁾ an Kalktuffen anstellte, die diese heißen Quellen absetzen, zeigten, daß in den Tuffen $0,01—1827 \times 10^{12}$ Radium pro Gramm Substanz enthalten ist. Ein Parallelismus zwischen der Aktivität

1) Boltwood, American Journ. of scienc. 1905 p. 128.

2) Vgl. Weed in U. S. geolog. survey. Water supply and irrigation papers. N 145 1905 p. 189.

3) Schlund, Chemical News Band 98 p. 199.

und dem Radiumgehalt der abgesetzten Tuffe konnte nicht gefunden werden. Aus diesem Grunde glaube ich auch, daß man nicht den größeren Emanationsgehalt der größeren Menge fixer Bestandteile zuzuschreiben hat, da auch sie keine annähernde Regelmäßigkeit im Verhältnis zur Aktivität zeigt.

In der Literatur findet man auch Angaben, wonach die Ergiebigkeit der Quelle von Einfluß auf deren Emanationsgehalt sein soll. Ich möchte diese Annahme nicht zur Klärung der von mir hier angeführten Unregelmäßigkeiten in der Emanation der Thermen von Tiberias und El Hammi anführen, und zwar aus folgendem Grunde:

Wenn ich auch nicht bestimmt behaupten kann, daß die Thermen juvenilen Charakters sind, so sprechen doch viele Anzeichen dafür. Die Temperaturmessungen zeigen, daß Schwankungen nur selten und in kleinem Maßstabe eintreten, und ich weiß nicht, da die Quellen ca. 200 m unter dem Meeresspiegel liegen, inwieweit die Veränderungen des Luftdruckes bei diesen Schwankungen mitspielen¹⁾. Das Auftreten der Schwefelwasserstoffblasen in bestimmten Zeiträumen, das man deutlich an der heißesten unbenutzten Quelle beobachten kann, ist, wie ich schon oben erwähnte, für den juvenilen Charakter dieser Quellen, die auf derselben Linie liegen, bezeichnend. Sind aber die Quellen juvenil, so ist ihre Ergiebigkeit eine ziemlich konstante.

Die Möglichkeit durch Vermischung mit anderen Wassermassen fällt bei diesen Quellen fort, da die Untersuchungen in der trockenen Jahreszeit ausgeführt wurden, ferner soll die „Narischicht“ dem Durchsickern des Wassers sehr hinderlich sein.

Der Unterschied im Emanationsgehalt der nahe nebeneinander gelegenen Thermen wird wohl auf andere Ursachen zurückzuführen sein. Vielleicht ergibt das Studium der Quellentuffe und Sedimente, deren Erforschung jetzt sehr eifrig betrieben wird, auch dafür eine Erklärung.

Ich mußte leider hier meine Studien abbrechen und die weitere Untersuchung der Quellentuffe vorläufig hinausschieben.

1) Lersch, Hydrophysik. 1840.

B. Chemische Untersuchung des Thermalwassers der Thermen von Tiberias.

a) „Neues Bad.“

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperaturmessungen ist die Temperatur des Thermalwassers $61,5^{\circ}$ C.

Farbe: Das frisch geschöpfte Thermalwasser erscheint sowohl an der Quelle, als auch in einem auf weißes Papier gestellten Glaszylinder klar und farblos. In einer 5 l haltenden Flasche aus weißem Glase gesehen, hat das Wasser einen Stich ins Bläuliche.

Geruch: Das Wasser riecht nach Schwefelwasserstoff und trübt sich ein wenig nach längerem Stehen an der Luft, indem sich auf dem Boden eine ganz kleine Menge eines fein verteilten Niederschlages abscheidet. Nach längerem Stehen in Berührung mit der Luft verliert das Wasser den Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Geschmack: Der Geschmack des Wassers ist salzig-bitter; neben dem Geschmack des Kochsalzes merkt man auch andere Salze. Nach dem Trinken bleibt der salzige Geschmack lange im Munde und kann erst durch reichliches Nachspülen mit reinem Wasser beseitigt werden.

Gasentwicklung: Gleich nach dem Schöpfen kann man im Glaszylinder ganz feine Gasbläschen auftreten sehen, die aber schon nach einigen Minuten schwinden.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht des Thermalwassers des „Neuen Bades“ fand ich bei 17° C zu 1,022764, bezogen auf destilliertem Wasser von gleicher Temperatur (bestimmt mit der Mohrschen Wage)¹⁾.

1) Vgl. Fried. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik. Leipzig und Berlin 1910.



Die früheren Bestimmungen des spezifischen Gewichtes gaben folgende Resultate:

Eggel¹⁾ 1839 fand 1,022775
Anderson²⁾ 1852 „ 1,02336.

Radioaktivitätsbestimmungen: Die nach der Methode von Engler und Sieveking in der von Löventhal und Kohlrausch angegebenen Modifikation ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß das Wasser des „Neuen Bades“ radioaktiv ist (vgl. das Kapitel über „Radioaktivität“).

Chemische Verhältnisse.

Das Thermalwasser des „Neuen Bades“ zeigte, unmittelbar an der Quelle geprüft, zu Reagentien folgendes Verhalten:

Rotes Lackmuspapier zeigt keine Veränderung anfangs, wird aber nach einiger Zeit schwach gebläut.

Blaues Lackmuspapier zeigt keine Veränderung.

Salzsäure bewirkt eine schwache Gasentwicklung; fügt man zu dem damit angesäuerten Wasser Chlorbaryumlösung hinzu, so tritt ein deutlicher Niederschlag auf.

Ammoniumoxalat zeigt Kalk an.

Ferrosyankalium bewirkt in dem mit Salzsäure angesäuerten Wasser nach einiger Zeit eine schwache blaugrüne Färbung.

Ferrisyankalium färbt das Wasser, das mit Salzsäure angesäuert wurde, deutlich blau.

Mit Jodzinkstärke und verdünnter Schwefelsäure liefert das Wasser auch nach längerem Stehen keine Blaufärbung, wodurch die Abwesenheit von salpetriger Säure und Salpetersäure erwiesen ist.

Schwefelwasserstoff läßt sich schon am Geruch deutlich erkennen.

Brom läßt sich erst durch ein Konzentrationsverfahren nachweisen, wie ich es auch zur quantitativen Bestimmung benutzt habe (vgl. Quantitative Bestimmung des Broms).

Beim Eindampfen einer größeren Portion Thermal-

1) Eggel, Diss. Tübingen 1839.

2) Anderson, Anal. of the Hot Springs of Emmaus, Lynch Exped. to the Dead Sea 1852 (Appendix).

wassers erhält man einen weißen Niederschlag, der aus kohlensaurem Kalk und kohlenaurer Magnesia besteht.

Die qualitative Analyse des Thermalwassers wurde, soweit es sich um die Ermittlung anorganischer Basen, Säuren und Halogene handelte, nach den Methoden von R. Fresenius¹⁾ und R. Blochmann²⁾ ausgeführt.

Die Bestandteile der Quelle sind nach diesen Ermittlungen die folgenden:

Natrium	Chlor
Kalium	Brom
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
Eisen	Schwefelwasserstoff
	Kieselsäure

Die übrigen mit großen Wassermengen vorgenommenen Versuche zum Nachweis von Borsäure, Lithium, Baryt, Strontium, Ammoniak, Fluor usw. ergaben ein negatives Resultat, woraus sich ergibt, daß, wenn von diesen Stoffen der eine oder der andere in dem Thermalwasser doch enthalten sein sollte, dies nur in außerordentlich kleinen Mengen sein kann.

Beim Eindampfen des Thermalwassers wurde stets ein weißer, beim Glühen sich nur ganz schwach bräunender Rückstand erhalten, der höchstens nur eine Spur organischer Stoffe anzeigte.

Quantitative Bestimmung.

Die quantitativen Bestimmungen wurden nach den von Fresenius³⁾ in seiner Anleitung zur quantitativen Analyse angegebenen Methoden und nach den in den Werken von G. Walter⁴⁾ und A. Gärtner, Kult⁵⁾ und Ohlmüller⁶⁾ angegebenen Verfahren ausgeführt. Auch die von Wanklyn⁷⁾

1) Fresenius, Anleit. zur qualitat. chem. Analyse. 16. Aufl.

2) Blochmann, Qualitat. chem. Analyse. Leipzig 1892.

3) Fresenius, Anleit. z. quantitat. chem. Analyse. 6. Aufl.

4) Walter, Tiemann Gärtners Handb. d. Untersuch. u. Beurteil. der Wässer. 4. Aufl. 1895.

5) Kult, Untersuch. d. Wassers an Ort u. Stelle. Berlin 1908.

6) Ohlmüller, Die Untersuchung d. Wassers.

7) Wanklyn, Analyse d. Wassers, Aut. Übersetzung v. H. Borckert. Charlottenburg 1893.

angegebenen Methoden zur Wasseruntersuchung wurden mit Erfolg benutzt.

Habe ich mich betreffs Ausführung der quantitativen Bestimmungen an die bewährtesten Vorschriften gehalten, so wurde trotz alledem jede Bestimmung doppelt und dreifach ausgeführt und erst aus der Übereinstimmung der Parallelbestimmungen der Analysen berechnet. Um mit größeren Niederschlägen arbeiten zu können, wurde oft mit erheblichen Wassermengen gearbeitet.

Bestimmung des Broms.

Die Angaben, die wir in der Literatur über den Bromgehalt der Thermen von Tiberias haben, gehen, wie ich in der Geschichte der Quellen klar zu legen versuchte, sehr auseinander. In der neuesten Beschreibung Palästinas von Gute und Fischer¹⁾ werden die Thermen als bromhaltig bezeichnet. Auch Sachse²⁾ spricht von dem Bromgehalt der Quellen. Tatsache aber ist es, daß bis jetzt das Brom nur von Anderson³⁾ erwähnt wird, der aber nur Andeutungen über sein Vorkommen im Thermalwasser von Tiberias macht.

Quantitativ wurde aber das Brom bis jetzt überhaupt noch nicht bestimmt. Die Schwierigkeit der Bestimmung kleiner Mengen Broms im Thermalwasser, die quantitative Trennung der Halogene Brom und Chlor voneinander, die unzulänglichen Mengen Wassers, die den Analytikern zur Verfügung standen, werden wohl schuld daran sein, daß wir über das Vorkommen von Brom in diesen seit altersher zu Heilzwecken benutzten Thermen so ungenügend unterrichtet wurden. Die Feststellung, ob in diesem Wasser Brom überhaupt enthalten ist und in welchen Mengen, schien mir daher von großer Wichtigkeit.

Weder durch mit Stärkemehl verdünnte Schwefelsäure und Chlorwasser, noch durch Versetzen einer konzentrierten Wassermenge von 1 l mit Chlorwasser und Ausschütteln

1) Gute u. Fischer, „Palästina“. Verl. Velhagen & Klasing, Bielefeld.

2) Sachse 1. c.

3) Anderson 1. c.

mit Äther ließ sich die Anwesenheit von Brom deutlich nachweisen. Nur durch Erwärmen des konzentrierten Thermalwassers mit Schwefelsäure und Mangansuperoxyd und Behandeln des Destillats mit Äther konnte ich nach vielen vergeblichen Versuchen endlich Bromspuren nachweisen. Es stand nun fest, daß ganz große Mengen des zu untersuchenden Wassers angewandt werden müssen, um diese Bestimmung durchzuführen. Andererseits war doch den Untersuchungen eine Grenze gesetzt durch die ungeheueren Schwierigkeiten, die gerade diese Bestimmungen in ihrer Ausführung boten. Man braucht nur an die großen Mengen destillierten Wassers zu denken, deren Beschaffung in diesem Lande so schwierig ist, und an die Angst, man könnte aus Mangel an Material in der Mitte stecken bleiben, um einzusehen, daß der Analytiker sich bei solchen Untersuchungen eine Grenze setzen muß, will er die mit großem Aufwand an Zeit und Material auszuführenden Bestimmungen durchführen.

Die Wassermengen, die zu den einzelnen Untersuchungen angewandt wurden, schwankten zwischen 30 bis 40 l. In diesen Wassermengen galt es nun, das Brom bei Gegenwart von sehr großen Mengen Chlor aufzufinden und zu bestimmen.

Unter diesen Umständen stand es fest, daß nur ein Konzentrationsverfahren, durch das das Brom angereichert werden könnte, zum Ziele führen mußte. Hierfür fand ich in der Literatur so manchen Anhaltspunkt, da die Trennung der Halogene voneinander oft Gegenstand genauer Untersuchungen ist. Nach vielen mühevollen Voruntersuchungen kamen für die Anreicherung des Broms in einer zu bestimmenden Wassermenge nur zwei Verfahren in Betracht, wie sie auch Karl Kraze¹⁾ mit Erfolg beim Nachweis von Jod in einigen natürlichen Salzmineralien benutzte:

a) Anreicherung des Broms durch fraktionierte Kristallisation,

b) Anreicherung des Broms durch fraktionierte Fällung.

Das Anreichern des Broms durch fraktionierte Kristallisation beruht auf der schon so oft gemachten Beobachtung,

1) Karl Kraze, Vorkommen u. Nachweis von Jod in einigen natürlichen Salzmineralien. Diss. Halle 1909.



daß Bromide bei ihrer leichteren Löslichkeit gegenüber den Chloriden beim Einengen dieser beiden Salze in der letzten Mutterlauge zurückbleiben.

Das Verfahren zur Anreicherung des Broms durch fraktionierte Fällung beruht auf der von Wöhler¹⁾ und Field²⁾ festgestellten Tatsache, daß aus einer Lösung, welche gleichzeitig Chlor, Brom und Jodmetall enthält, durch Silbernitrat zuerst Jodsilber, dann Bromsilber und dann Chlorsilber gefällt wird. Daß das Bromsilber sich auf diese Weise anreichern läßt, und daß man so das Brom aus verhältnismäßig sehr großen Quantitäten von Chloriden abscheiden kann, darüber hat uns Fehling³⁾ sehr gute Angaben gemacht, durch Versuche, die er mit künstlichen Mischungen von gesättigter reiner Kochsalzlösung mit Bromkalium anstellte.

Nach Fehling läßt sich bei genauer Beobachtung der Versuchsanordnung und der Regeln Brom recht genau in Flüssigkeiten bestimmen, die 0,001—0,00001 Teile Brom enthalten, wie er es auch bei seinen Untersuchungen der Mutterlauge von Schwäbisch-Hall gezeigt hat. Durch eigene Vorversuche überzeugte ich mich von der Brauchbarkeit dieser Methode. Es galt nun, die als Bromsilber neben Chlorsilber abgeschiedenen Salze in Natriumhalogenid umzusetzen, um sie in dieser löslichen Form zu bestimmen. Dieses erreicht man durch Behandlung der Silbersalze mit Schwefelnatrium, welches auch die unlöslichen Silbersalze leicht zu Schwefelsilber und Natriumhalogenid umsetzt. Die Lösung wird dann vom Schwefelsilber abfiltriert und der Überschuß von Schwefelnatrium durch Wasserstoffsuperoxyd zu Natriumsulfat oxydiert. Kocht man die Lösung längere Zeit, so wird das überschüssige Wasserstoffsuperoxyd durch das Kochen zerstört, und man erhält eine Lösung, in der das Chlor und Brom neben Natriumsulfat als lösliche Natriumhalogenide enthalten sind, die nach der Methode von Karl Friedheim und Richard Josef Meyer⁴⁾ bestimmt wurden.

1) Wöhler, Poggend. Ann. 8, 95.

2) Field, Chem. Soc. A. J. 10, 234, ref. Jahresber. 1857, 579.

3) Fehling, Journ. f. prakt. Chemie, 45, 269.

4) Friedheim u. Meyer, Über die quantitative Trennung u. Bestimmung von Chlor, Brom u. Jod, Zeitschr. f. anorg. Chemie 1892 p. 407.

Ausführung.

30 l Thermalwasser wurden in einer großen Porzellschale in kleinen Portionen eingeengt. Da mir als Heizungs-material nur Petroleum oder Spiritus zur Verfügung stand, Spiritus aber zu teuer geworden wäre, so baute ich mir meine Abdampfbäder aus großen Blechkästen, die mit Sand gefüllt waren und durch Petroleum-Primus-Brenner geheizt wurden. Das Eindampfen erfolgte unter Zusatz von chemisch reinem kohlen-sauren Kalium bis zur alkalischen Reaktion. Nach Gautier¹⁾ hat der Zusatz von Kaliumkarbonat den Zweck, der Möglichkeit vorzubeugen, daß die Lösung während des Eindampfens saure Reaktion annimmt, was in diesem Falle bei der Anwesenheit von viel Magnesiumchlorid durch Bildung von Magnesiumoxychlorid unter Abspaltung von Salzsäure leicht hätte geschehen können, und wodurch eine Zersetzung des Bromids vielleicht zu befürchten wäre. Sobald sich eine größere Salzmenge abgeschieden hatte, wurde nach dem Erkalten die Mutterlauge vom Salze abfiltriert und mit destilliertem Wasser nachgewaschen. Das Waschwasser wurde mit der Mutterlauge vereinigt und wieder auf dem Sandbade bis zur Ausscheidung neuer Salz-mengen eingeengt. Sobald die Ausscheidung von Chlormagnesiumsalzen begann, was man an der Leichtlöslichkeit der abgesaugten Salze in destilliertem Wasser erkennt, wurde das Nachwaschen mit einer gesättigten Chlormagnesiumlösung vorgenommen.

So gelang es mir, nach wiederholtem Einengen eine Lauge von 5 l zu erhalten, in der nun das Brom angereichert war und sich deutlich zu erkennen gab.

Die weitere Verarbeitung geschah nach folgender Art:

Fraktionierte Fällung.

Fehling²⁾ kam bei seinen ausgedehnten Versuchen zu folgenden Resultaten: Bei einem Bromgehalt von etwa 0,001 fällt er mit $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ der zu der vollständigen Fällung nötigen Silberlösung:

1) Gautier, Compt. rend. 1899. 128, 1069.

2) Fehling, l. c.



bei 0,0001	Brom	etwa	mit	$\frac{1}{10}$	der	nötigen	Silberlösung
„ 0,00002	„	„	„	$\frac{1}{30}$	„	„	„
„ 0,00001	„	„	„	$\frac{1}{60}$	„	„	„

Es ist sehr möglich, meint Fehling, daß man mit noch geringeren Mengen Silberlösung fällen darf, und man das Brom noch konzentrierter erhalten kann. Doch habe er sich überzeugt, daß man nicht zu wenig Chlorsilber und nicht heiß fällen darf. Bei meinen Untersuchungen schlug ich folgendes Verfahren zur Weiterverarbeitung ein, das sich als sehr brauchbar herausstellte und gute Resultate gab.

Zu den 5 l Wasser wurde mittels eines Trichters eine Lösung von 8 g Silbernitrat in 1 l destillierten Wassers tropfenweise im Laufe von 2 Stunden zugefügt. Während der ganzen Zeit wurde die Lösung in der Schale durch kräftiges, vorsichtiges Rühren in Bewegung gehalten. Nach der Zugabe von Silbernitrat wurde zur Lösung eine drei-prozentige salzsaure Lösung bis zur saueren Reaktion zugegeben und über die Schale ein aus schwarzem Tuch angefertigtes Gehäuse zum Schutze gegen die Wirkung der Sonne gestellt. Erst nach 48 Stunden konnte die vollständig klare Flüssigkeit vom weißen Niederschlage abgehoben werden. Diese Operation wurde immer am Abend nach Sonnenuntergang vorgenommen. Der Niederschlag wurde nun auf ein Filter gebracht, tüchtig gewaschen und mit dem Filter in ein Becherglas von 500 ccm gebracht. Nun wurden 50 ccm Wasser über Filter und Niederschlag gegossen und unter Zusatz von kleinen Portionen von 8 g chemisch reinem Schwefelnatrium ca. 1 Stunde auf dem Wasserbade gekocht. Das Kochen mit Schwefelnatrium wird so lange fortgesetzt, bis all die hellen kleinen Partikelchen verschwunden sind und der auf dem Boden sich befindende Niederschlag gleichmäßig schwarz erscheint.

Nach jedesmaligem Zusatz von Schwefelnatrium muß mit dem Glasstabe tüchtig umgerührt werden. In 1—1½ Stunden ist die Umsetzung zu Ende, und man kann die Flamme wegnehmen. Bei ruhigem Stehen ballt sich der Niederschlag zusammen und läßt sich gut filtrieren. Das Auswaschen geschieht am besten mit heißem Wasser, dem ein wenig Schwefelnatrium zugesetzt worden ist. Es ist ratsam, den Niederschlag erst nach 24 Stunden von

der Mutterlauge zu trennen, da sonst das Filtrat nicht klar ist.

Die Flüssigkeit wird nun zur Oxydation des überschüssigen Schwefelnatriums mit 20 ccm einer starken Lösung von Wasserstoffsperoxyd und einigen Tropfen Natronlauge in der Wärme behandelt. Ich wandte das von Merck in den Handel gebrachte „Perhydrol“ an und war mit diesem Präparat sehr zufrieden. Die Operation ist zu Ende, sobald nach dem Ansäuern weder der Geruch nach Schwefeldioxyd noch Trübung durch Ausscheidung von Schwefel auftritt.

Trennung von Brom und Chlor.

Die so gewonnene alkalische „Endlauge“, die Natriumsulfat, Natriumchlorid und Natriumbromid enthält, wurde bis auf 240 ccm eingeeengt und mit destilliertem Wasser bis auf 300 ccm aufgefüllt. 100 ccm dieser Lösung entsprachen also 10 l Thermalwasser.

Ich wollte anfangs den von Heine¹⁾ und später von Fehling eingeschlagenen Weg, das Brom durch Chlor frei zu machen, in Äther zu lösen und aus der Tiefe der Färbung mittels einer Probeflüssigkeit von bestimmtem Bromgehalt auf die Menge Brom zu schließen, benutzen. Ich stellte mir auch zu diesem Zwecke eine Skala dar. Doch trat in der Probeflüssigkeit während meiner Reise nach dem Toten Meere eine starke Farbenänderung ein, so daß dies mit vieler Mühe und zeitraubender Arbeit hergestellte Instrument sich als unbrauchbar erwies. Aus diesem Grunde nahm ich die Trennung des Chlorids vom Bromid nach der Methode von Karl Friedheim und Richard Josef Meyer²⁾ vor, die mir bei den vielen Brombestimmungen, die ich am Jordan und am Toten Meere³⁾ auszuführen hatte, gute Dienste leistete, und auf die ich gut eingearbeitet war.

Diese Methode stellt eine Kombination der Versuchs-

1) Heine, Chem. Untersuch. d. Solen, Salze, Gradier- und Siedeabfälle von sämtl. Salinen der preuß. Provinz Sachsen. Arch. f. Mineralogie, Bd. 19.

2) Rich. Josef Meyer, Zeitschr. f. angew. Chemie 1892, p. 407.

3) Friedmann, a) Das Tote Meer, Zeitschr. f. Balneologie 1912.
b) Neue Analyse des Wassers des Toten Meeres, Chemiker-Zeitung 1912.

ordnung, die Gooch und Browning¹⁾ einerseits und Dechan²⁾ andererseits anstellten, und die von Friedheim und Meyer mit gutem Erfolg vereinigt wurde.

Hier sollen einige Belege aus den Originalarbeiten angeführt werden, um die Brauchbarkeit dieser Methode zu zeigen.

Dechan	Chlor		Brom		Jod	
	Angew.	Gef.	Angew.	Gef.	Angew.	Gef.
I	0,0122	0,0122	0,0126	0,01254	0,01443	0,01441
II	0,056	—	0,0252	0,0250	0,0288	0,02833
III	0,194	—	0,0504	0,05009	0,0576	0,05628

Dechan kam durch spätere Versuche zu noch besseren Resultaten, als er nur mit aus Glas zusammengesetzten Apparaten arbeitete, während bei obigen Versuchen durch die Anwendung von Kautschukverbindungen die Werte ein wenig herabgesetzt wurden.

Die von Friedheim und Meyer erhaltenen Resultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

F. u. M.	Chlor		Brom		Jod	
	Angew.	Gef.	Angew.	Gef.	Angew.	Gef.
I	1,1171	1,1125	0,1670	0,1678	0,05676	0,05682
III	—	—	0,167	0,1672	0,09754	0,09750
IV	0,04554	0,04544	0,0835	0,0832	0,1892	0,1884
II	—	—	0,8383	0,8375	0,00567	0,005648

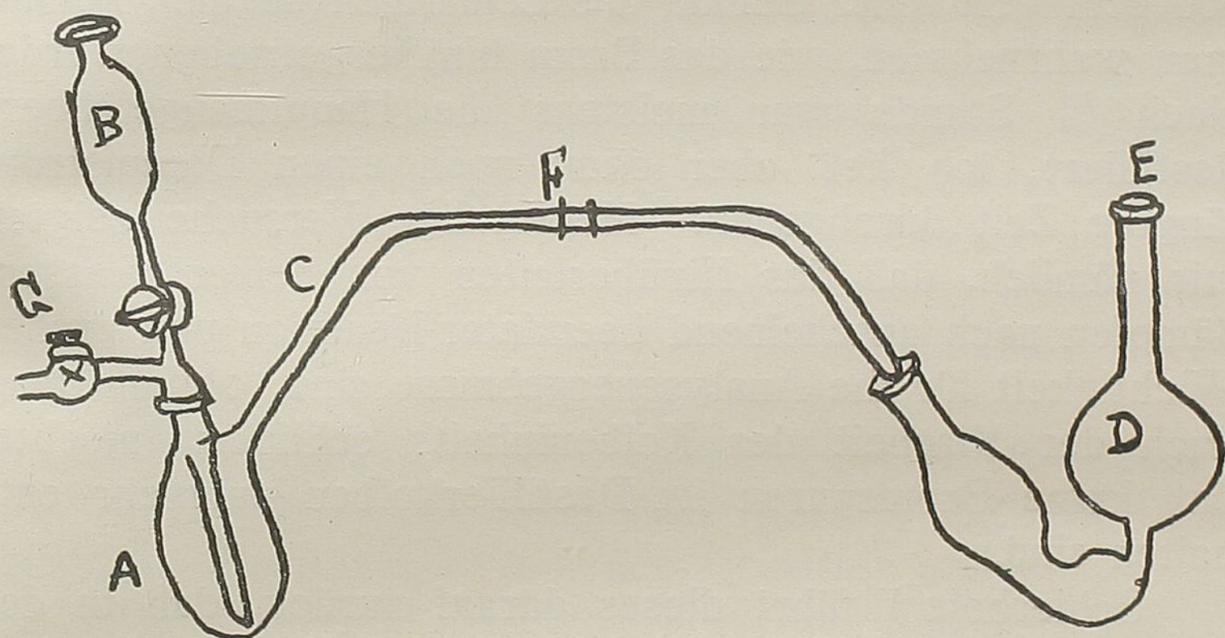
Ausführung.

Der zur Verwendung kommende Apparat lehnt sich in seiner Form an den von Stortenbecker³⁾ und Topf⁴⁾ verwendeten Apparat an. Bei der Anfertigung dieses Apparates ließ ich eine kleine Abänderung vornehmen, um auch während der Operation nötigenfalls Wasserdampf durchleiten zu können, welche Vorrichtung laut Zeichnung dem Apparate von Friedheim und Meyer fehlt. Die Größe und Form des Apparates war nach den Angaben der obengenannten Autoren gewählt; doch hatte der erste Destillationskolben einen Inhalt von 500 ccm.

- 1) Gooch u. Browning, Amer. Journ. sc. and arts 39, 293.
- 2) Dechan, Journ. chem. soc. 49, 682.
- 3) Stortenbecker, Zeitschr. Anal. Chem. 29, 272.
- 4) Topf, Zeitschr. Anal. Chem. 26, 299.

Beschreibung des Apparates.

Die etwa 500 ccm fassende Destillationsretorte *A* trägt einerseits einen eingeschliffenen, bis nahe zum Boden führenden Handtrichter *B*, andererseits ein erst aufwärts, dann horizontal, schließlich abwärts verlaufendes Ableitungsrohr *C*, welches in die — nach Art der Peligotschen Röhre gestaltete — beiderseits offene Vorlage *D*, ohne damit fest verbunden zu werden, eingeführt wird. Die mit zur Absperrung genügender Jodkaliumlösung beschickte Vorlage wird bei *E* mit einem mit derselben Lösung gefüllten Perlröhr verschlossen und befindet sich behufs Kühlung durch fließendes Wasser in einer tiefen Schale. Bei *F* wird das Ableitungsrohr von einem leichten Stativ gehalten, *G* er-



möglicht das Durchleiten von Wasserdämpfen und kann beliebig gebraucht werden (Abänderung Friedmann).

Da die ganze Handhabung des Apparates es ermöglicht, ohne viel Zeitverlust und Material auch die Bestimmung von Jod vorzunehmen, da andererseits diese Art der Bestimmung die Auffindung minimaler Teile Jods ermöglicht, so wurden alle nach dieser Methode behandelten Wässer auch auf Jod geprüft und so der Nachweis der Abwesenheit von Jod erbracht.

100 ccm der Endlauge (= 10 l Wasser) wurden in *A* eingeführt und *C* in die Vorlage *D* gebracht. Nun wurden zu der in *A* befindlichen Lösung 3 g chemisch reines arsen-saures Kali (KH_2AsO_4) zugesetzt und mit Wasser verdünnt, der Trichter eingeführt, 20 ccm Schwefelsäure (1 Vol.

H₂SO₄ + 1 Vol. H₂O) zugegeben und der Kolben über einer kleinen Flamme auf dem Drahtnetz langsam angewärmt. Es machten sich keine Spuren von Jod bemerkbar, auch dann, als schließlich bis zum Sieden erhitzt wurde, und das Sieden durch Einleiten von Wasserdampf unterstützt wurde. Nach 1 Stunde wurde die Operation unterbrochen und der Inhalt von *D* nochmals auf Jod geprüft. Der Erfolg war negativ. Der Kolbeninhalt wurde jetzt auf dem Wasserbade eingeeengt, die Vorlage *D* gereinigt und frisch beschickt. Sobald der Kolben *A* sich abgekühlt hatte, wurde der Apparat wieder zusammengestellt und durch den Trichter *B* eine Lösung von 10 g Kaliumbichromat in 60 ccm Wasser zugefügt und der Kolbeninhalt bis auf 300 ccm verdünnt. Sobald das Erwärmen begann, konnte man wahrnehmen, wie das Brom hinübergetrieben wurde. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde war meistens die Hauptmenge überdestilliert, ich ließ aber dann noch einen Dampfstrom längere Zeit durchgehen. Mehrmalige Versuche zeigten mir nämlich, daß das Hinüberleiten von heißen Wasserdämpfen nach anscheinend beendeter Reaktion von großer Wichtigkeit für die Analysenergebnisse sind, obwohl man nach der Klarheit des Kolbeninhalts schließen möchte, daß keine Bromspuren im Destillierkolben nunmehr enthalten sind.

Schierholz¹⁾ führt dieses darauf zurück, daß in der Hitze Brom- und Wasserdampf unter teilweiser Bildung von Bromwasserstoff und unterbromiger Säure, die beide farblos seien, aufeinander einwirken, während beim Erkalten sich die Reaktion umkehrt und das Brom frei wird. Ich schließe mich der Meinung von Friedheim und Meyer an, die die Wichtigkeit des langen Durchleitens von Wasserdampf damit erklären, daß das Auge nicht befähigt ist, die äußerst schwache Gelbfärbung bei dem Überschuß von Wasser zu erkennen.

In der Vorlage wurde das ausgeschiedene Jod mit einer Thiosulfatlösung titriert.

1 ccm Thiosulfatlösung entsprach Jod . . .	0,00435 g
1 ccm Thiosulfatlösung entsprach Brom . . .	0,00273 g

1) Schierholz, Monatsschr. f. Chemie 1892.

Versuch I.

100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten
Thiosulfatlösung 4,76 ccm

Versuch II.

100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten
Thiosulfatlösung 4,78 ccm
Mittel 4,77 ccm

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten:

Brom. 0,001303 g

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs.

Diese Bestimmung wurde auf maßanalytischem Wege durchgeführt nach der Methode, wie sie Fresenius¹⁾ bei der Bestimmung des Schwefelwasserstoffs bei den Julianenbrunnen im Fürstlichen Bade Eilsen angewandt hatte.

50 ccm mit einer Pipette frisch aufgezogenes Thermalwasser ließ ich in einem Kolben, in welchem 50 ccm destilliertes Wasser und etwas Stärke enthalten war, einfließen. Nun wurde mit einer Jodlösung von bestimmtem Gehalt bis zur Blaufärbung titriert, hierauf nochmals 50 ccm Wasser hinzugefügt und die Titration wiederholt. Die vorliegenden Zahlen zeigen die Ergebnisse dreier Titrierungen, wie sie an der Quelle ausgeführt wurden und recht gute untereinander übereinstimmende Resultate gaben:

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung 6,72 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung 6,8 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung 6,64 ccm
Mittel 6,72 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind also enthalten

Schwefelwasserstoff 0,01362 g

Fresenius konnte in der oben zitierten Arbeit zeigen, daß diese maßanalytische Bestimmung der gewichtsanalytischen an Genauigkeit nur wenig nachsteht.

1) Fresenius, Analyse des Julianenbrunnens. Wiesbaden 1891.

Bestimmung der Kieselsäure.

Eine große Wassermenge wurde mit Salzsäure angesäuert und auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft. Der scharf getrocknete Rückstand, mit Salzsäure und Salpetersäure befeuchtet und dann mit heißem Wasser wiederholt behandelt, lieferte die Kieselsäure.

a) 3500 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxyd	0,03748 g
b) 3500 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxyd	<u>0,03485 g</u>
	Mittel 0,36165 g
entsprechend Siliziumdioxyd im Liter	0,010334 g
berechnet auf Kieselsäure (Meta) im Liter	0,01342 g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

Der Kalk wurde im Thermalwasser durch oxalsauren Ammon gefällt und der Niederschlag in die kohlen saure Verbindung übergeführt.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen sauren Kalk	1,76027 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen sauren Kalk	<u>1,75657 g</u>
	Mittel 1,75842 g
entsprechend kohlen saurem Kalk im Liter	8,7921 g
berechnet Kalzium-Ion im Liter	3,52056 g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

Zur Bestimmung der Magnesia wurden die sorgfältig behandelten Filtrate von den beiden vorhergehenden Bestimmungen verarbeitet. Mittels phosphorsauren Natriums wurde die Magnesia bei Gegenwart von freiem Ammoniak gefällt und als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat	1,35994 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat	<u>1,36550 g</u>
	Mittel 1,36272 g
entsprechend im Liter	2,72550 g
berechnet Magnesia-Ion im Liter	0,74395 g

Bestimmung des Ferro-Ions.

Der Eisengehalt des Thermalwassers wurde auf kolorimetrischem Wege bestimmt nach der Methode, wie sie ausführlich W. Ohlmüller¹⁾ beschreibt. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Ausnutzung der Intensität der Färbung des Berliner Blaus, indem man mit einer Lösung von bekanntem Gehalte an Ferrosalzen unter denselben Bedingungen in destilliertem Wasser die gleiche Farbendichte, wie in dem zu prüfenden Wasser hervorruft und den Verbrauch an Eisensalz in den Gehalt des Wassers an Eisen umrechnet.

a) 100 ccm des Thermalwassers gaben den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,475 mg Eisen entsprechend im Liter	0,00475 g
b) 100 ccm des Thermalwassers gaben den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,5 mg Eisen entsprechend im Liter	<u>0,0050 g</u>
	Mittel 0,00482 g

Bestimmung der Alkali-Chloride.

Das Wasser wurde zunächst für sich, dann mit Chlorbarium und Bariumsulfat gekocht, dann zur vollständigen Abscheidung der Kieselsäure einige Male eingetrocknet und zur Entfernung der Magnesia mit Quecksilberoxyd behandelt und die Alkalien als Chlormetalle gewogen.

a) 100 ccm Thermalwasser, nach obiger Beschreibung behandelt, gaben vollkommen reine Alkalimetalle	1,7285 g
b) 100 ccm Thermalwasser, nach obiger Beschreibung behandelt, gaben vollkommen reine Alkalimetalle	<u>1,7185 g</u>
	Mittel 1,7235 g
entsprechend Alkali-Chloride im Liter . . .	17,235 g

Bestimmung des Kalium-Ions.

a) Die im vorigen Versuche a erhaltenen Alkali-Chloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,05705 g
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

1) W. Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers.



b) Die im vorigen Versuche b erhaltenen Alkali-Chloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,05507 g
	<hr/>
Mittel	0,05606 g
entsprechend Chlorkalium im Liter	0,1800 g
entsprechend Kalium im Liter	0,0898 g

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkali-Chloriden	17,2350 g
die für 1 l entsprechende Menge Kalium-Chlorid ab	0,1800 g
	<hr/>
so bekommt man die Menge des Natrium-Chlorids im Liter	17,0550 g
entsprechend Natrium-Ion im Liter	6,71034 g

Bestimmung der gesamten Kohlensäure.

Diese Bestimmung wurde an der Quelle vorgenommen. Mittels eines Hebers, der 500 ccm Thermalwasser faßte, wurde das Wasser aus dem Bassin geholt und gleich in eine vorbereitete Flasche mit einer filtrierten Mischung von Kalzium-Hydrat und einigen Kubikzentimetern Kalzium-Chlorid gebracht. Die Flasche wurde durch einen gut schließenden Gummipfropfen geschlossen, ihr Inhalt durch öfteres Umschwenken gelöst und auf dem Wasserbade 30—40 Minuten erwärmt, um das ausgefällte amorphe Kalziumkarbonat kristallinischer zu bekommen, in welcher Form es sich leicht abscheidet. Der Pfropfen muß nach Bedarf gelüftet werden, um die durch Ausdehnung des Flascheninhalts komprimierte Luft entweichen zu lassen.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,27658 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,27450 g
	<hr/>
Mittel	0,27554 g
entsprechend Hydrokarbonat-Ion im Liter . .	0,33596 g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen des erhaltenen Rückstandes in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat sich ergebenden Sulfate usw.

100 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw. 3,6635 g
entsprechend im Liter 36,6350 g

Darstellung der Ergebnisse.

Was die Darstellung der Ergebnisse der Analyse in dieser Arbeit betrifft, so habe ich mich an die Regeln gehalten, die die Herren Hinze und Grünhut in die Balneologie einführten, und die auch bei der Darstellung der Analyseergebnisse im Deutschen Bäderbuch zugrunde gelegt wurden¹⁾. Nimmt man an, daß die Salze in dem Thermalwasser dissoziiert sind, so ist für die Beurteilung die Darstellung in Kationen und Anionen von großer Wichtigkeit.

In der Ionen-Tabelle dieser Arbeit sind in erster Spalte die Gramme, in der zweiten die Milli-Mole [1 M.-M. = die dem Molekulargewicht entsprechende Anzahl mg] und in der dritten die Milligramm-Äquivalentgewichte pro Liter enthalten. Die Kieselsäure ist nicht auf Ionen berechnet worden, weil sie nur einer sehr geringen Dissoziation fähig ist.

Auch die Salztabelle ist nach den für das Bäderbuch angenommenen Grundsätzen berechnet.

Wegen aller Einzelheiten dieser Berechnungsart erlaube ich mir, auf den von Grünhut und Hinze verfaßten Teil der Haupteinleitung des Deutschen Bäderbuches sowie auf die späteren Abhandlungen dieser um die Erforschung der Quellen wohlverdienten Forscher²⁾ hinzuweisen.

Analyse des Thermalwassers vom „Neuen Bade“.

a) Die kohlensauen Salze als einfache Karbonate und sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechnet.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

1) Deutsches Bäderbuch 1907.

2) Grünhut u. Hintze, Chemische und physikalisch-chemische Untersuchung der Martinusquelle zu Orb. Wiesbaden 1907.



Kalium-Chlorid (KCl)	0,1800
Natrium-Chlorid (NaCl)	17,0550
Kalzium-Chlorid (CaCl ₂)	8,9030
Magnesium-Chlorid (MgCl ₂)	2,5000
Natrium-Bromid (NaBr)	0,00168
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,7850
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,4270
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,1883
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0663
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	0,0100
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0103
	<hr/>
	30,12658

b) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie auf dem Rückstand enthalten sein müssen, der durch Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlenstoffsaurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gefunden: Natrium 6,71034 im Liter, berechnet als schwefelsaures Natrium im Liter	20,7245
Gefunden: Kalium 0,089842 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalium im Liter	0,2002
Gefunden: Kalzium 3,52056 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalzium im Liter	11,9615
Gefunden: Magnesium 0,74395 im Liter, berechnet als schwefelsaures Magnesium im Liter	3,6827
Gefunden: Eisen 0,00482 im Liter, berechnet als Eisenoxyd im Liter	0,0069
Gefunden: Kieselsäure im Liter	0,0103
	<hr/>
	36,5861
Direkt gefunden	36,6350

c) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,022764, bezogen auf Wasser von 17° C. Temperatur: 61,5° C.

In 1 l des Thermalwassers sind enthalten:



Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K')	0,089842	2,5482	2,5482
Natrium-Ion (Na')	6,7103387	291,754313	291,754313
Kalzium-Ion (Ca'')	3,5205627	87,86212	175,72423
Magnesium-Ion (Mg'')	0,743952	30,58980	61,17960
Ferro-Ion (Fe'')	0,0048200	0,08658	0,17316
			<u>531,37950</u>

Anionen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Chlor-Ion (Cl')	17,98643	507,2310	507,2310
Brom-Ion (Br')	0,0013037	0,016313	0,016313
Sulfat-Ion (SO ₄ '')	0,894681	9,3128	18,6256
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃ '')	0,335967	2,75329	5,506594
	<u>30,28781</u>	<u>932,15441</u>	<u>531,379507</u>
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,01342	0,1713	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,01362	0,3995	
	<u>30,31494</u>	<u>933,72521</u>	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kalium-Chlorid (KCl)	0,1800
Natrium-Chlorid (NaCl)	17,0550
Kalzium-Chlorid (CaCl ₂)	8,9030
Magnesium-Chlorid (MgCl ₂)	2,5000
Natrium-Bromid (NaBr)	0,00168
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,7850
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,4270
Kalziumhydrokarbonat (Ca[HCO ₃] ₂)	0,3050
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	0,1150
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	0,0154
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,01342
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,01362
	<u>30,31412</u>

b) „Altes Bad“.

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperaturmessungen ist die Temperatur des Thermalwassers 58,7° C.

Farbe: Das frisch geschöpfte Thermalwasser erscheint sowohl an der Quelle als auch in einem auf weißes Papier gestellten Glaszylinder klar und farblos. In einer 5 l haltenden Flasche aus weißem Glase gesehen, hat das Wasser einen Stich ins Bläuliche.

Geruch: Das Wasser riecht nach Schwefelwasserstoff und trübt sich ein wenig nach längerem Stehen an der Luft, indem sich auf dem Boden eine ganz kleine Menge eines fein verteilten Niederschlages abscheidet. Nach längerem Stehen in Berührung mit der Luft verliert das Wasser den Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Geschmack: Der Geschmack des Wassers ist salzig-bitter; neben dem Geschmack des Kochsalzes merkt man auch andere Salze. Nach dem Trinken bleibt der salzige Geschmack lange im Munde und kann erst durch reichliches Nachspülen mit reinem Wasser beseitigt werden.

Gasentwicklung: Gleich nach dem Schöpfen kann man im Glaszylinder ganz feine Gasbläschen auftreten sehen, die aber schon nach einigen Minuten schwinden.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht des Thermalwassers des „Alten Bades“ fand ich bei 17° C, bezogen auf destilliertes Wasser von gleicher Temperatur, zu 1,022453.

Radioaktivitätsbestimmungen: Die nach der Methode von Engler und Sieveking in der von Löventhal und Kohlrausch angegebenen Modifikation ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß das Wasser des „Alten Bades“ radioaktiv ist (vgl. das Kapitel über „Radioaktivität“).

Chemische Verhältnisse.

Das Thermalwasser des „Alten Bades“ zeigte, unmittelbar an der Quelle geprüft, zu Reagenzien folgendes Verhalten:

Rotes Lackmuspapier zeigt anfangs keine Veränderung, wird aber nach einiger Zeit schwach gebläut.

Blaues Lackmuspapier zeigt keine Veränderung.

Salzsäure bewirkt eine schwache Gasentwicklung; fügt man zu dem damit angesäuerten Wasser Chlorbariumlösung hinzu, so tritt ein deutlicher Niederschlag auf.



Ammoniumoxalat zeigt Kalk an.

Ferrosyankalium bewirkt in dem mit Salzsäure angesäuerten Wasser nach einiger Zeit eine schwache blaugrüne Färbung.

Ferrisyankalium färbt das Wasser, das mit Salzsäure angesäuert wurde, deutlich blau.

Mit Jodzinkstärke und verdünnter Schwefelsäure liefert das Wasser auch nach längerem Stehen keine Blaufärbung, wodurch die Abwesenheit von salpetriger Säure erwiesen ist.

Schwefelwasserstoff läßt sich schon am Geruch deutlich als vorhanden erkennen.

Brom läßt sich erst durch ein Konzentrationsverfahren nachweisen, wie ich es auch zur quantitativen Bestimmung benutzt habe (vgl. Quantitative Bestimmung des Broms).

Beim Eindampfen einer größeren Portion Thermalwassers erhält man einen weißen Niederschlag, der aus kohlensaurem Kalk und kohlenaurer Magnesia besteht.

Die Bestandteile der Quelle sind nach diesen Ermittlungen die folgenden:

Natrium	Chlor
Kalium	Brom
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
Eisen	Schwefelwasserstoff
	Kieselsäure.

Die übrigen mit großen Wassermengen vorgenommenen Versuche zum Nachweis von Borsäure, Lithium, Baryt, Strontium, Ammoniak, Fluor usw. ergaben ein negatives Resultat, woraus sich ergibt, daß, wenn von diesen Stoffen der eine oder der andere in dem Thermalwasser doch enthalten sein sollte, dies nur in außerordentlich kleinen Mengen sein kann.

Beim Trockendampfen des Thermalwassers wurde stets ein weißer, beim Glühen sich nur ganz schwach bräunender Rückstand erhalten, der höchstens nur eine Spur organischer Stoffe anzeigte.

Quantitative Bestimmung.

Die quantitativen Bestimmungen sind nach denselben

Methoden ausgeführt worden wie bei der Analyse des Thermalwassers des „Neuen Bades“.

Bestimmung des Brom-Ions.

Die Anreicherung des Broms wurde, wie oben beschrieben, vorgenommen. Zur Verarbeitung gelangten wieder 30 l Thermalwasser.

100 ccm der Endlauge (= 10 l) wurden der Destillation unterworfen und die Bromdämpfe in Jodkaliumlösung aufgefangen. Das ausgeschiedene Jod wurde mit Thiosulfatlösung titriert.

1 ccm Thiosulfatlösung entsprach Jod	0,00435 g
1 ccm Thiosulfatlösung entsprach Brom.	0,00273 g
a) 100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten Thiosulfatlösung.	4,00 ccm
b) 100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten Thiosulfatlösung.	<u>3,96 ccm</u>
	Mittel 3,98 ccm

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten

Brom	0,01086 g
----------------	-----------

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs.

Diese Bestimmungen wurden durch Titrierung mittels einer Jodlösung ausgeführt.

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod- lösung	6,0 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod- lösung	6,25 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod- lösung	<u>6,13 ccm</u>
	Mittel 6,13 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten:

Schwefelwasserstoff	0,01245 g
-------------------------------	-----------

Bestimmung des Chlor-Ions.

Nachdem das Wasser durch längeres Kochen und offenes Stehenlassen den Geruch nach Schwefelwasserstoff ver-

loren hatte, wurde das Chlor durch Silbernitrat in salpetersaurer Lösung heiß gefällt.

a) 10 ccm Thermalwasser lieferten Chlor-Brom-Silber	0,678500 g
b) 20 ccm Thermalwasser lieferten Chlor-Brom-Silber	1,358502 g
entsprechend Chlor-Brom-Silber im Liter	65,9010 g
Zieht man hiervon das dem Brom entsprechende Brom-Silber ab	<u>0,00255 g</u>
so bleibt Chlor-Silber im Liter	67,8985 g
entsprechend Chlor im Liter	16,79694 g

Bestimmung des Sulfat-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigten schwefelsauren Baryt	0,77450 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigten schwefelsauren Baryt	<u>0,77260 g</u>
	Mittel 0,77355 g
entsprechend Sulfat-Ionen im Liter	0,6367 g

Bestimmung der Kieselsäure.

a) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium-Dioxyd	0,05685 g
b) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium-Dioxyd	<u>0,05711 g</u>
	Mittel 0,05698 g
entsprechend Silizium-Dioxyd im Liter	0,014244 g
berechnet auf Kieselsäure (meta) im Liter	0,01850 g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

Der Kalk wurde durch oxalsauren Ammon gefällt und der Niederschlag in die kohlen-saure Verbindung übergeführt.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	1,67050 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	<u>1,67378 g</u>
	Mittel 1,67214 g
entsprechend Kalk im Liter	3,34780 g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

Zur Bestimmung der Magnesia wurden die sorgfältig behandelten Filtrate von a) und b) verarbeitet.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat.	0,37728 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat.	<u>0,37739 g</u>
	Mittel 0,37734 g
entsprechend Magnesium-Ion im Liter	0,41206 g

Bestimmung des Eisens.

Die Bestimmung des Eisengehaltes des Thermalwassers wurde auf kolorimetrischem Wege durchgeführt (vgl. Analyse des „Neuen Bades“).

a) 100 ccm Thermalwasser zeigten den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,4 mg Eisen, entsprechend Eisen im Liter	0,00400 g
b) 400 ccm des Thermalwassers zeigten den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,38 mg Eisen entsprechend im Liter	<u>0,00380 g</u>
	Mittel 0,00390 g

Bestimmung der Alkali-Chloride.

a) 100 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	1,70500 g
b) 100 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	<u>1,70240 g</u>
	Mittel 1,7032 g
entsprechend Chloralkalien im Liter	17,0320 g

Bestimmung des Kalium-Ions.

a) Die im vorigen Versuche a) erhaltenen Alkali-Chloride geben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,06710 g
b) Die im vorigen Versuche b) erhaltenen Alkali-Chloride geben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	<u>0,06706 g</u>
	Mittel 0,6708 g
entsprechend Chlorkalium im Liter	0,2050 g

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkalichloriden die für 1 l entsprechende Menge Kalium-

chlorid ab, so bekommt man die Menge
Natriumchlorid im Liter Thermalwasser . 16,8270 g

Bestimmung der Kohlensäure.

Über die Methode vgl. „Neues Bad“ S. 55.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kal- ziumkarbonat	0,11825 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kal- ziumkarbonat	0,11740 g
	Mittel 0,1178 g
entsprechend Kohlensäure im Liter	0,2356 g
berechnet auf Hydrokarbonat-Ionen im Liter .	0,28733 g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefel-
säure und Glühen des erhaltenen Rückstandes
in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat
sich ergebenden Sulfate usw.

100 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw.	3,4185 g
entsprechend im Liter	34,1850 g

Analyse des Thermalwassers vom „Alten Bade“.

a) Die kohlensauren Salze als einfache Karbonate und
sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechnet.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

Kalium-Chlorid (KCl)	0,2050
Natrium-Chlorid (NaCl)	16,8270
Kalzium-Chlorid (CaCl ₂)	8,5260
Magnesium-Chlorid (MgCl ₂)	1,4030
Natriumbromid (NaBr)	0,0014
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,7030
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,1800
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,1568
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0605
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	0,0081
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0142
	<u>28,0850</u>

b) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,022453, bezogen auf Wasser von 17° C. Temperatur: 58,7° C.

In 1 l des Thermalwassers sind enthalten:

Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K')	0,1075	2,749	2,749
Natrium-Ion (Na')	6,620510	287,8138	287,8136
Kalzium-Ion (Ca'')	3,34780	83,54862	167,09724
Magnesium-Ion (Mg'')	0,41206	16,943626	33,887652
Ferro-Ion (Fe'')	0,00392	0,07028	0,14056
			<u>491,687</u>
Anionen:			
Chlor-Ion (Cl')	16,79694	473,646	473,646
Brom-Ion (Br')	0,0010869	0,0136	0,0136
Sulfat-Ion (SO ₄ '')	0,63670	6,6588	13,3176
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃ '')	0,287333	4,7099	4,7099
	<u>28,21385</u>	<u>876,1534</u>	<u>491,688</u>
Kieselsäure (meta) (HSiO ₃)	0,0185	0,236	
	<u>28,23235</u>	<u>876,3894</u>	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,01245	0,	
	<u>28,2448</u>	<u>876,6254</u>	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kalium-Chlorid (KCl)	0,2050
Natrium-Chlorid (NaCl)	16,8270
Kalzium-Chlorid (CaCl ₂)	8,5260
Magnesium-Chlorid (MgCl ₂)	1,4030
Natriumbromid (NaBr)	0,0014
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,7030
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,1800
Kalziumhydrokarbonat (Ca[HCO ₃] ₂)	0,254
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	0,1050
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	0,0125
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0185
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,01245
	<u>28,24785</u>

c) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie in dem Rückstande enthalten sein müssen, der durch Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlen-saurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gefunden: Natrium 6,6205 im Liter, berechnet als schwefelsaures Natrium im Liter . . .	20,4472
Gefunden: Kalium 0,1075 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalium im Liter . . .	0,2396
Gefunden: Kalzium 3,3478 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalzium im Liter . . .	11,3746
Gefunden: Magnesium 0,41206 im Liter, berech- net als schwefelsaures Magnesium im Liter	2,0398
Gefunden: Eisen 0,00392 im Liter, berechnet als Eisenoxyd im Liter	0,00560
Gefunden: Kieselsäure im Liter 0,01424 . . .	0,01424
	<hr/>
	34,12104
Direkt gefunden.	34,1850

c) „Offene Quelle.“

Obwohl die Ergiebigkeit der Quelle gering ist und ihr Thermalwasser unbenutzt in den Tiberiassee fließt, unterwarf ich doch das Wasser dieser Quelle einer genauen Untersuchung, da sie einige bemerkenswerte Erscheinungen zeigte. Zunächst fällt die recht hohe Temperatur auf; sie ist höher als die des Thermalwassers des „Alten“ und „Neuen Bades“; und dann entwickelt diese Quelle einen starken Schwefelwasserstoffgeruch. Man kann bei dieser offen liegenden Quelle wahrnehmen, wie die Gasblasen in ganz bestimmten Zeiträumen auftreten. Wie aus der Analyse zu ersehen, ist der Salzgehalt im allgemeinen und der Bromgehalt im besonderen höher als der der oben bestimmten Bäder.

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperatur-

messungen ist die Temperatur des Thermalwassers dieser Quelle 61,9° C.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht des Thermalwassers ist: 1,922845, bezogen auf destilliertes Wasser von 17° C.

Chemische Verhältnisse.

Im allgemeinen zeigte das Thermalwasser dieser Quelle zu Reagenzien dasselbe Verhalten wie die in seiner Nähe liegenden Thermen.

Die qualitative Prüfung ergab die Anwesenheit folgender Bestandteile:

Natrium	Chlor
Kalium	Brom
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
Eisen	Schwefelwasserstoff
	Kieselsäure.

Quantitative Bestimmung.

(Über die einzelnen Methoden vgl. Analyse des „Neuen Bades“.)

Bestimmung des Brom-Ions.

Die Bestimmung wurde mit 30 l Thermalwasser durchgeführt.

100 ccm der Endlauge (= 10 l) wurden der Destillation mit Kaliumbichromat unterworfen und die Bromdämpfe in Jodkaliumlösung aufgefangen. Das ausgeschiedene Jod wurde mit Thiosulfatlösung titriert.

a) 100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten	
Thiosulfatlösung	5,15 ccm
b) 100 ccm der Endlauge (= 10 l) verbrauchten	
Thiosulfatlösung	5,2 ccm
	<u>5,2 ccm</u>
	Mittel 5,18 ccm

1 ccm Thiosulfatlösung entspricht 0,00435 g Jod

1 ccm Thiosulfatlösung entspricht 0,00273 g Brom

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten

Brom 0,01414 g

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs.

Diese Bestimmungen wurden durch Titrierungen einer Jodlösung ausgeführt.

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	13,9 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	14,0 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	<u>14,1 ccm</u>
	Mittel 14,0 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind demnach Schwefelwasserstoff enthalten 0,02833 g

Bestimmung des Chlor-Ions.

Das Chlor wurde durch Silbernitrat in salpetersaurer Lösung heiß gefällt.

a) 10 ccm Thermalwasser lieferten Chlor-Brom-	
Silber	0,77834 g
b) 10 ccm Thermalwasser lieferten Chlor-Brom-	
Silber	<u>0,77684 g</u>
	Mittel 0,77759 g
entsprechend Chlor-Brom-Silber im Liter . .	77,759 g
zieht man hiervon das dem Brom entsprechende	
Brom-Silber ab	<u>0,00332 g</u>
so bleibt Chlor-Silber im Liter	77,75568 g
entsprechend Chlor im Liter	19,23544 g

Bestimmung des Sulfat-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes	
schwefelsaures Barium	1,1100 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes	
schwefelsaures Barium	<u>1,10600 g</u>
	Mittel 1,10805 g
entsprechend Barium-Sulfat im Liter	2,2161 g
entsprechend Sulfat-Ionen im Liter	0,89124 g

Bestimmung der Kieselsäure.

a) 4000 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxyd	0,09300 g
b) 4000 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxyd	<u>0,094624 g</u>
	Mittel 0,093812 g
entsprechend Siliziumdioxyd im Liter	0,023453 g
entsprechend Kieselsäure (meta) im Liter	0,03046 g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

Das Kalzium wurde durch oxalsauren Ammon gefällt und der Niederschlag in die kohlen saure Verbindung übergeführt.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen sauren Kalk	1,96557 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben kohlen sauren Kalk	<u>1,96455 g</u>
	Mittel 1,96506 g
entsprechend Kalzium-Ionen im Liter	3,93431 g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

Zur Bestimmung der Magnesia wurden die sorgfältig behandelten Filtrate vom vorigen Versuche a) und b) verarbeitet.

a) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat	0,75598 g
b) 200 ccm Thermalwasser gaben Magnesiumpyrophosphat	<u>0,75550 g</u>
	Mittel 0,75574 g
entsprechend im Liter	3,7787 g
entsprechend Magnesium-Ionen im Liter	0,82523 g

Bestimmung des Eisens.

Die Bestimmung des Eisengehaltes des Thermalwassers wurde auf kolorimetrischem Wege durchgeführt.

a) 50 ccm Thermalwasser und 50 ccm destill. Wasser zeigten den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,39 mg Eisen entsprechend im Liter	0,007825 g
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

b) 50 ccm Thermalwasser und 50 ccm destill. Wasser zeigten den Farbenton eines Kontrollzylinders von 0,39 mg Eisen entsprechend im Liter	0,0078534 g
	<u>Mittel 0,007839 g</u>

Bestimmung der Alkalichloride.

a) 100 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	1,76955 g
b) 100 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	<u>1,77065 g</u>
	Mittel 1,7701 g
In 1 l Thermalwasser sind demnach Alkalichloride enthalten	17,7010 g

Bestimmung des Kalium-Ions.

a) Die im vorigen Versuche erhaltenen Alkalichloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,04765 g
b) Die im vorigen Versuche erhaltenen Alkalichloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	<u>0,04789 g</u>
	Mittel 0,0477 g
entsprechend Chlorkalium im Liter	0,1460 g

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkalichloriden die für 1 l entsprechende Menge Kaliumchlorid, nämlich	<u>0,1460 g</u>
so bekommt man die Menge Natriumchlorid im Liter Thermalwasser	17,5550 g

Bestimmung der Kohlensäure.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,14900 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	<u>0,14976 g</u>
	Mittel 0,14988 g
entsprechend Hydrokarbonat-Ionen im Liter	0,36551 g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen des erhaltenen Rückstandes in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat sich ergebenden Sulfate usw.

100 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw. 3,8955 g
entsprechend im Liter 38,9550 g

**Analyse des Thermalwassers der „Offenen Quelle“
am „Alten Bade“.**

a) Die kohlen-sauren Salze als einfache Karbonate und sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechnet.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

Kalium-Chlorid (KCl)	0,1460
Natrium-Chlorid (Na Cl)	17,5550
Kalzium-Chlorid (CaCl ₂)	10,1453
Magnesium-Chlorid (MgCl ₂)	2,7330
Natriumbromid (NaBr)	0,00182
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,6580
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,5350
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,2000
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0668
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	0,0163
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0234
	<hr/>
	32,08032

b) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,022845, bezogen auf Wasser von 17° C. Temperatur: 61,9° C.

In 1 l des Thermalwassers sind enthalten:

Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K')	0,0765578	1,9580	1,9580
Natrium-Ion (Na')	6,90709343	300,30838	300,30838
Kalzium-Ion (Ca'')	3,934315	98,2359	196,4718
Magnesium-Ion (Mg'')	0,825235	33,9324	67,8648
Ferro-Ion (Fe'')	0,0078389	0,14056	0,28112
			<hr/>
			566,8840

Anionen:

Chlor-Ion (Cl')	. . . . .	19,235446	542,4497	542,4497
Brom-Ion (Br')	. . . . .	0,00141337	0,01768	0,01768
Sulfat-Ion (SO ₄'')	. . . . .	0,8912409	9,2771	18,5542
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃'')	. . . . .	0,36550944	2,93126	5,8625
		<u>32,24464984</u>	<u>989,25098</u>	<u>566,8840</u>
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)		0,03046	0,380	
		<u>32,27511</u>	<u>989,631</u>	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)		0,02833	0,831	
		<u>32,30344</u>	<u>990,462</u>	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kalium-Clorid (KCl)	. . . . .	0,1460
Natrium-Chlorid (NaCl)	. . . . .	17,5550
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	. . . . .	10,1453
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	. . . . .	2,7330
Natriumbromid (NaBr)	. . . . .	0,00182
Kalziumsulfat (Ca SO ₄)	. . . . .	0,6580
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	. . . . .	0,5350
Kalziumhydrokarbonat (Ca [HCO ₃] ₂)	. . . . .	0,3240
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	. . . . .	0,1160
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	. . . . .	0,02510
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	. . . . .	0,03046
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	. . . . .	0,02833
		<u>32,29801</u>

c) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie in dem Rückstände enthalten sein müßten, der durch Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlen-saurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

- Gefunden: Natrium 6,90709 im Liter, berechnet als schwefelsaures Natrium im Liter . . . 21,3323
- Gefunden: Kalium 0,07656 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalium im Liter . . . 0,1706
- Gefunden: Kalzium 3,9343 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalzium im Liter . . . 13,3670

Gefunden: Magnesium 0,8252 im Liter, berechnet als schwefelsaures Magnesium im Liter . .	4,0850
Gefunden: Eisen 0,00784 im Liter, berechnet als Eisenoxyd im Liter	0,0112
Gefunden: Kieselsäure im Liter 0,02345 . . .	0,02345
	<hr/>
	38,98955
Direkt gefunden	38,9550

C. Chemische Untersuchung des Thermalwassers der Thermen von El-Hammi am Jarmuk.

a) Hammet-Selim.

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperaturmessungen ist die Temperatur des Thermalwassers $48,83^{\circ}\text{C}$.

Farbe: Das Wasser erscheint im Bassin kristallklar, von blauer Farbe, so daß man den Boden der Quelle deutlich sieht. Wirft man einen Gegenstand ins Wasser, so kann man sein Sinken zum Boden deutlich verfolgen und ihn auf dem Boden deutlich erkennen.

Geruch: Der Geruch nach Schwefelwasserstoff tritt hier viel deutlicher auf als bei den Thermen von Tiberias. Geschöpftes Thermalwasser verliert sehr schnell seinen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Da die Thermen ganz verwahrlost sind, ohne Ummauerung und ohne Dach, so sind sie vor äußeren Einflüssen nicht geschützt.

Geschmack: Der Geschmack des Wassers ist salzig, es kann aber ohne Widerwillen getrunken werden.

Gasentwicklung: Gleich nach dem Schöpfen kann man im Glaszylinder ganz feine Gasblasen auftreten sehen.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht beträgt $1,00164$, bezogen auf Wasser von 17°C .

Radioaktivität: Die nach der Methode von Engler und Sieveking in der von Löventhal und Kohlrausch angegebenen Modifikation ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß das Wasser von Hammet-Selim radioaktiv ist (vgl. das Kapitel über „Radioaktivität“).

Chemische Verhältnisse.

Durch Zusatz von Reagenzien ließen sich im Thermalwasser folgende Bestandteile bestimmt nachweisen:

Kalium	Chlor
Natrium	(Brom)
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
(Eisen)	Schwefelwasserstoff

Kieselsäure.

Die übrigen mit großen Wassermengen vorgenommenen Versuche zum Nachweis von Borsäure, Lithium, Baryt, Stronchium, Ammoniak, Fluor ergaben ein negatives Resultat. Das Brom ist in diesem Thermalwasser nur in ganz minimalen Spuren enthalten (die eingeklammerten Bestandteile sind nur in Spuren vorhanden und wurden deshalb nicht quantitativ untersucht).

Quantitative Bestimmung.

Die quantitative Analyse wurde im wesentlichen nach denselben Methoden durchgeführt, wie sie bei der Analyse des Thermalwassers der Thermen von Tiberias angegeben sind.

Bestimmung des Brom-Ions.

Brom konnte quantitativ nicht bestimmt werden, da die verschiedensten Versuche nicht zum Ziele führten. Durch das Konzentrationsverfahren gelang es mir, es, jedoch nur in Spuren, nachzuweisen.

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs.

Durch Titration mittels einer Jodlösung konnten folgende Zahlen erhalten werden:

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	12,95 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	12,85 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	<u>12,75 ccm</u>
	Mittel 12,85 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten:

Schwefelwasserstoff 0,02630 g

Bestimmung des Chlor-Ions.

a) 50 ccm Thermalwasser gaben mit Silber- nitrat in salpetersaurer Lösung einen Nieder- schlag von Chlor-Silber.	0,9890 g
b) 50 ccm Thermalwasser gaben mit Silber- nitrat in salpetersaurer Lösung einen Nieder- schlag von Chlor-Silber.	1,0015 g
	<u>Mittel</u> 0,9903 g
entsprechend Chlor-Silber im Liter	1,98067 g
entsprechend Chlor im Liter	0,48999 g

Bestimmung des Sulfat-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes schwefelsaures Barium	0,17900 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes schwefelsaures Barium	0,1788 g
	<u>Mittel</u> 0,1789 g
entsprechend Sulfat-Ionen im Liter	0,14726 g

Bestimmung der Kieselsäure.

a) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium- dioxyd	0,07668 g
b) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium- dioxyd	0,0800 g
	<u>Mittel</u> 0,07884 g
entsprechend Siliziumdioxyd im Liter	0,01971 g
berechnet auf Kieselsäure (meta)	0,135737 g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	0,18550 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	0,18154 g
	<u>Mittel</u> 0,18352 g
entsprechend Kalzium-Ionen im Liter	0,14697 g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

a) 1000 ccm Thermalwasser gaben Magnesium- pyrophosphat	0,15750 g
----------------------------------------------------------------------	-----------

b) 1000 ccm Thermalwasser gaben Magnesium- pyrophosphat	0,15765 g
	<u>Mittel 0,1576 g</u>
entsprechend Magnesium-Ion im Liter	0,03441 g

Bestimmung der Alkalichloride.

a) 1000 ccm Thermalwasser lieferten vollkom- men reine Alkalichloride	0,5250 g
b) 1000 ccm Thermalwasser lieferten vollkom- men reine Alkalichloride	0,5210 g
	<u>Mittel 0,5230 g</u>
In 1 l Thermalwasser sind demnach Alkali- chloride enthalten	0,5230 g

Bestimmung des Kalium-Ions.

a) die im vorigen Versuch erhaltenen Alkali- chloride gaben reines wasserfreies Kalium- platinchlorid	0,00816 g
b) die im vorigen Versuch erhaltenen Alkali- chloride gaben reines wasserfreies Kalium- platinchlorid	0,00818 g
	<u>Mittel 0,008174 g</u>
entsprechend Chlorkalium im Liter	0,0025 g

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkalichloriden die für 1 l entsprechende Menge Kaliumchlorid ab, so ist die Menge Natriumchlorid in 1 l Thermalwasser 0,5205 g

Bestimmung der Kohlensäure.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalzium- karbonat	0,05282 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalzium- karbonat	0,0585 g
	<u>Mittel 0,05566 g</u>
berechnet auf Hydrokarbonat-Ion	0,135737 g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen des erhaltenen Rückstandes in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat sich ergebenden Sulfate usw.

500 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw. 0,6773 g
entsprechend im Liter 1,3545 g

Analyse des Thermalwassers von Hammet-Selim.

a) Die kohlensauren Salze als einfache Karbonate und sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechnet.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0025
Natriumchlorid (NaCl)	0,5205
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	0,2437
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0233
Natriumbromid (NaBr)	—
Kalziumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,1957
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0115
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,0035
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0906
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	—
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0197
	1,1110

b) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,00164, bezogen auf Wasser von 17° C. Temperatur: 48,83° C.

In 1 l des Thermalwassers sind enthalten:

Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K ⁺)	0,001310	0,03353	0,03353
Natrium-Ion (Na ⁺)	0,204780	8,90350	8,90350
Kalzium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,146970	3,66800	7,33590
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,034416	1,41512	2,83024
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	0,000166	0,00298	0,00596
			19,10913



Anionen:

Chlor-Ion (Cl')	0,489990	13,81823	13,81823
Brom-Ion (Br')	Spur	Spur	Spur
Sulfat-Ion (SO ₄ '')	0,147266	1,53292	3,06584
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃ '')	0,135737	2,22506	2,22506
	<u>1,160635</u>	<u>31,59934</u>	<u>19,10913</u>
Kieselsäure (meta) (HSiO ₃)	0,02560	0,3269	
	<u>1,18623</u>	<u>31,92624</u>	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,02630	0,7714	
	<u>1,21253</u>	<u>32,69764</u>	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0025
Natriumchlorid (NaCl)	0,5205
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	0,2437
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0233
Natriumbromid (NaBr)	Spur
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,1937
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0115
Kalziumhydrokarbonat (Ca[HCO ₃] ₂)	0,0056
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	0,1573
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	0,00053
Kieselsäure (meta) (H ₃ SiO ₂)	0,02560
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	<u>0,02630</u>
	1,21253

c) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie in dem Rückstande enthalten sein müssen, der durch Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gefunden: Natrium 0,2048 im Liter, berechnet als schwefelsaures Natrium im Liter	0,63245
Gefunden Kalium 0,001310 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalium im Liter	0,0029
Gefunden Kalzium 0,1470 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalzium im Liter	0,4993

Gefunden Magnesium 0,034416 im Liter, berechnet als schwefelsaures Magnesium im Liter	0,17037
Gefunden Eisen Spur	—
Gefunden Kieselsäure 0,0197 im Liter, berechnet	0,0197
	<hr/>
	1,32472
Direkt gefunden	1,3545

b) Hammet ed Dscharab.

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperaturmessungen ist die Temperatur des Thermalwassers 40,6° C.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht beträgt 1,00152, bezogen auf Wasser von 17° C.

Radioaktivität: Die nach der Methode von Engler und Sieveking in der von Löwenthal und Kohlrausch angegebenen Modifikation ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß das Wasser von Hammet ed Dscharab radioaktiv ist (vgl. das Kapitel über „Radioaktivität“).

Geruch: Das Thermalwasser verbreitet einen sehr starken Schwefelwasserstoffgeruch.

Geschmack: Salzig.

Chemische Verhältnisse.

Durch Zusatz von Reagentien ließen sich im Thermalwasser folgende Bestandteile bestimmt nachweisen:

Kalium	Chlor
Natrium	(Brom)
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
(Eisen)	Schwefelwasserstoff

Kieselsäure.

Die übrigen mit großen Wassermengen vorgenommenen Versuche zum Nachweis von Borsäure, Lithium, Baryt, Stronthium, Ammoniak, Fluor ergaben ein negatives Resultat. Das Brom ist in diesem Thermalwasser nur in ganz minimalen Spuren enthalten (die eingeklammerten Bestandteile sind nur in Spuren vorhanden und wurden deshalb nicht quantitativ untersucht).



Quantitative Bestimmung.

Die quantitative Analyse wurde im wesentlichen nach denselben Methoden durchgeführt, wie sie bei der Analyse des Thermalwassers der Thermen von Tiberias angegeben sind.

Bestimmung des Schwefelwasserstoffes.

Durch Titration mittels einer Jodlösung wurden folgende Zahlen erhalten:

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung	17,4 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung	17,6 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jodlösung	17,3 ccm
	<u>17,3 ccm</u>
	Mittel 17,4 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten:

Schwefelwasserstoff	0,03550 g
-------------------------------	-----------

Bestimmung des Chlor-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben mit Silbernitrat in salpetersaurer Lösung einen Niederschlag von Chlor-Silber.	0,6030 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben mit Silbernitrat in salpetersaurer Lösung einen Niederschlag von Chlor-Silber.	0,5985 g
	<u>0,5985 g</u>
	Mittel 0,6015 g
entsprechend Chlor-Silber im Liter	1,2030 g
berechnete Chlor-Ionen im Liter	0,29756 g

Bestimmung des Sulfat-Ions.

a) 1000 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes schwefelsaures Barium	0,2720 g
b) 1000 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes schwefelsaures Barium	0,2750 g
	<u>0,2750 g</u>
	Mittel 0,2740 g
entsprechend Sulfat-Ionen im Liter	0,1128 g

Bestimmung der Kieselsäure.

a) 4000 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxid	0,09950 g
b) 4000 ccm Thermalwasser gaben Siliziumdioxid	<u>0,09760 g</u>
Mittel	0,09855 g
entsprechend Siliziumdioxid im Liter	0,02465 g
berechnet auf Kieselsäure (meta) im Liter	0,0320 g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	0,15200 g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlen-sauren Kalk	<u>0,15235 g</u>
Mittel	0,15217 g
entsprechend kohlen-saurem Kalk im Liter	0,30433 g
berechnete Kalzium-Ionen im Liter	0,12186 g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

a) 100 ccm Thermalwasser gaben Magnesium-pyrophosphat.	0,13820 g
b) 100 ccm Thermalwasser gaben Magnesium-pyrophosphat.	<u>0,13810 g</u>
Mittel	0,13815 g
entsprechend Magnesium-Ionen im Liter	0,03617 g

Bestimmung der Alkalichloride.

a) 1000 ccm Thermalwasser lieferten voll-kommen reine Alkalichloride	0,3065 g
b) 1000 ccm Thermalwasser lieferten voll-kommen reine Alkalichloride	<u>0,3075 g</u>
Mittel	0,3070 g
entsprechend Alkalichloride im Liter	0,3070 g

Bestimmung des Kalium-Ions.

Die in den vorigen Versuchen erhaltenen Alkalichloride gaben reines wasserfreies Kaliumchlorid:

a) reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,00590 g
b) reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	<u>0,00588 g</u>
Mittel	0,00589 g
entsprechend Kaliumplatinchlorid im Liter	0,00589 g
berechnetes Kaliumchlorid	0,0018 g
berechnete Kalium-Ionen im Liter	0,000944 g

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkalichloriden die für 1 l entsprechende Menge Kaliumchlorid ab, so ist die Menge Natriumchlorid

im Liter Thermalwasser	0,3052 g
berechnete Natrium-Ionen	0,12007 g

Bestimmung der Kohlensäure.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,07670 g
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat.	0,07750 g
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Mittel 0,07710 g

entsprechend kohlen-saurem Kalk im Liter 0,15420 g

berechnet auf Hydrokarbonat-Ion im Liter 0,1880 g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen des erhaltenen Rückstandes in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat sich ergebenden Sulfate usw.

500 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw. 0,43215 g

entsprechend im Liter 0,86430 g

Analyse des Thermalwassers von Hammet ed Dscharab.

a) Die kohlen-sauren Salze als einfache Karbonate und sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechnet.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0018
Natriumchlorid (NaCl)	0,3052
Kaliumchlorid (CaCl ₂)	0,1595
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0130
Natriumbromid	—
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,1575
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0013
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,0447
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0922
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	—
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0246
	<hr/> 0,7998



b) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,001520, bezogen auf Wasser von 17° C. Temperatur: 40,6° C.

In 1 l Thermalwasser sind enthalten:

Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K ⁺)	0,000944	0,02414	0,02414
Natrium-Ion (Na ⁺)	0,120073	5,22060	5,22060
Kalzium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,121863	3,04130	6,08260
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,030173	1,2407	2,4814
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	Spur	Spur	Spur
			<hr/>
			13,80874
Anionen:			
Chlor-Ion (Cl ⁻)	0,29756	8,39174	8,39174
Brom-Ion (Br ⁻)	Spur	—	—
Sulfat-Ion (SO ₄ ^{''})	0,1128	1,16779	2,33558
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃ ['])	0,1880	3,08140	3,08140
		<hr/>	<hr/>
	0,8713	22,16767	13,80872
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0320	0,4086	
	<hr/>	<hr/>	
	0,9033	22,57527	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0355	1,041	
	<hr/>	<hr/>	
	0,9388	33,61627	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0018
Natriumchlorid (NaCl)	0,3052
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	0,1595
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0130
Natriumbromid (NaBr)	—
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,1575
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0013
Kalziumhydrokarbonat (Ca[HCO ₃] ₂)	0,0725
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	0,1600
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	—
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0320
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0350
	<hr/>
	0,9378

c) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie in dem Rückstande enthalten sein müssen, der durch Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gefunden: Natrium 0,120073 im Liter, berechnet	
als schwefelsaures Natrium im Liter	0,3708
Gefunden: Kalium 0,00094 im Liter, berechnet	
als schwefelsaures Kalium im Liter	0,0021
Gefunden: Kalzium 0,121863 im Liter, berechnet	
als schwefelsaures Kalzium im Liter	0,41404
Gefunden: Magnesium 0,0302 im Liter, berechnet	
schwefelsaures Magnesium im Liter	0,14937
Gefunden: Eisen Spur	—
Gefunden: Kieselsäure im Liter	0,0246
	<hr/>
	0,96091
Direkt gefunden	0,86430

c) Hammet er-rih.

Physikalische Verhältnisse.

Temperatur: Nach den angestellten Temperaturmessungen ist die Temperatur des Thermalwassers 34,1° C.

Spezifisches Gewicht: Das spezifische Gewicht beträgt 1,00131, bezogen auf Wasser von 17° C.

Radioaktivität: Die nach der Methode von Engler und Sieveking in der von Löventhal und Kohlrausch angegebenen Modifikation ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß das Wasser von Hammet er-rih radioaktiv ist (vergl. das Kapitel über „Radioaktivität“).

Geruch: Das Thermalwasser verbreitet einen sehr starken Schwefelwasserstoffgeruch.

Geschmak: Salzig.

Chemische Verhältnisse.

Durch Zusatz von Reagenzien ließen sich im Thermalwasser folgende Bestandteile bestimmt nachweisen:



Kalium	Chlor
Natrium	(Brom)
Kalzium	Schwefelsäure
Magnesium	Kohlensäure
(Eisen)	Schwefelwasserstoff

Kieselsäure.

Die übrigen mit großen Wassermengen vorgenommenen Versuche zum Nachweis von Borsäure, Lithium, Baryt, Stronchium, Ammoniak, Fluor ergaben ein negatives Resultat. Das Brom ist in diesem Thermalwasser nur in ganz minimalen Spuren enthalten (die eingeklammerten Bestandteile sind nur in Spuren vorhanden und wurden deshalb nicht quantitativ untersucht).

Quantitative Bestimmung.

Die quantitative Analyse wurde im wesentlichen nach denselben Methoden durchgeführt, wie sie bei der Analyse des Thermalwassers der Thermen von Tiberias angegeben sind.

Bestimmung des Schwefelwasserstoffs.

Durch Titration mittels einer Jodlösung wurden folgende Zahlen erhalten:

I. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	19,8 ccm
II. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	19,75 ccm
III. 50 ccm Thermalwasser verbrauchten Jod-	
lösung	<u>19,85 ccm</u>
	Mittel 19,8 ccm

In 1 ccm Jodlösung waren 0,000758 g Jod enthalten und entsprachen 0,0001016 g Schwefelwasserstoff.

In 1 l Thermalwasser sind demnach enthalten 0,0403 g Schwefelwasserstoff.

Bestimmung des Chlor-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben mit Silber-	
nitrat in salpetersaurer Lösung einen Nieder-	
schlag von Chlor-Silber	0,5635 g

b) 500 ccm Thermalwasser gaben mit Silber-		
nitrat in salpetersaurer Lösung einen Nieder-		
schlag von Chlor-Silber	0,5670	g
	Mittel	0,5652 g
entsprechend Chlor-Silber im Liter	1,1304	g
berechnet Chlor-Ionen im Liter	0,27959	g

Bestimmung des Sulfat-Ions.

a) 1000 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes		
schwefelsaures Barium	0,0434	g
b) 1000 ccm Thermalwasser gaben gereinigtes		
schwefelsaures Barium	0,0450	g
	Mittel	0,0442 g
entsprechend Sulfat-Ionen im Liter	0,01818	g

Bestimmung der Kieselsäure.

a) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium-		
dioxyd	0,05770	g
b) 4000 ccm Thermalwasser gaben Silizium-		
dioxyd	0,00555	g
	Mittel	0,05660 g
entsprechend Siliziumdioxyd im Liter	0,01415	g
berechnet auf Kieselsäure (meta) im Liter	0,01880	g

Bestimmung des Kalzium-Ions.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlsauren		
Kalk	0,1275	g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben kohlsauren		
Kalk	0,1265	g
	Mittel	0,1270 g
entsprechend Kalziumkarbonat im Liter	0,2540	g
berechnet auf Kalzium-Ionen im Liter	0,10172	g

Bestimmung des Magnesium-Ions.

a) 1000 ccm Thermalwasser gaben Magnesium-		
pyrophosphat	0,14300	g
b) 1000 ccm Thermalwasser gaben Magnesium-		
pyrophosphat	0,14200	g
	Mittel	0,1425 g
entsprechend Magnesium-Ionen im Liter	0,031132	g



Bestimmung der Alkalichloride.

a) 1000 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	0,1785	g
b) 1000 ccm Thermalwasser lieferten vollkommen reine Alkalichloride	0,1775	g
	Mittel	0,1780
entsprechend Alkalichloride im Liter	0,1780	g

Bestimmung des Kalium-Ions.

a) Die im vorigen Versuch a) erhaltenen Alkalichloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,00825	g
b) die im vorigen Versuch b) erhaltenen Alkalichloride gaben reines wasserfreies Kaliumplatinchlorid	0,00805	g
	Mittel	0,00815
entsprechend Kaliumchlorid im Liter	0,002	g
berechnet auf Kalium-Ionen im Liter		

Bestimmung des Natrium-Ions.

Zieht man von den erhaltenen Alkalichloriden die für 1 l entsprechende Menge Kaliumchlorid ab, so ist die Menge Natriumchlorid im Liter Thermalwasser

	0,1755	g
berechnet Natrium-Ionen	0,069046	g

Bestimmung der Kohlensäure.

a) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,0598	g
b) 500 ccm Thermalwasser gaben einen bei 100° getrockneten Niederschlag von Kalziumkarbonat	0,0612	g
	Mittel	0,0600
entsprechend kohlensauer Kalk im Liter	0,1200	g
berechnet auf Hydrokarbonat-Ionen im Liter	0,14683	g

Bestimmung der beim Abdampfen mit Schwefelsäure und Glühen des erhaltenen Rückstandes in einer Atmosphäre von Ammoniumkarbonat sich ergebenden Sulfate usw.

500 ccm Thermalwasser lieferten Sulfate usw.	0,4260
entsprechend im Liter	0,8520

Analyse des Thermalwassers von Hammet er-rih.

a) Die kohlen sauren Salze als einfache Karbonate und sämtliche Salze ohne Kristallwasser berechne.

In 1 l des Thermalwassers sind ungefähr enthalten:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0025
Natriumchlorid (NaCl)	0,1755
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	0,2560
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0114
Natriumbromid (NaBr)	—
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,0105
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0135
Kalziumkarbonat (CaCO ₃)	0,0155
Magnesiumkarbonat (MgCO ₃)	0,0884
Eisenkarbonat (FeCO ₃)	—
Kieselsäure (SiO ₂)	0,01415
	<u>0,58745</u>

b) Spezielle Analyse des Thermalwassers.

Spezifisches Gewicht: 1,00131, bezogen auf Wasser von 17 ° C. Temperatur: 34,1 ° C.

In 1 l des Thermalwasser sind enthalten:

Kationen:	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-Äquiv.
Kalium-Ion (K ⁺)	0,0013059	0,0334	0,0334
Natrium-Ion (Na ⁺)	0,069046	3,0020	3,0020
Kalzium-Ion (Ca ⁺⁺)	0,10172	2,53853	5,07706
Magnesium-Ion (Mg ⁺⁺)	0,03113247	1,2801	2,5602
Ferro-Ion (Fe ⁺⁺)	—	—	—
			<u>10,67266</u>
Anionen:			
Chlor-Ion (Cl ⁻)	0,2796870	7,8874	7,8874
Brom-Ion (Br ⁻)	—	—	—
Sulfat-Ion (SO ₄ ^{''})	0,018180	0,18923	0,37846
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃ ['])	0,146834	2,4068	2,4068
	<u>0,64790</u>	<u>17,3375</u>	<u>10,67266</u>
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,01880	0,2401	
	<u>0,6667</u>	<u>17,5776</u>	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0403	1,182	
	<u>0,7070</u>	<u>18,7596</u>	

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 l Wasser enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,0025
Natriumchlorid (NaCl)	0,1755
Kalziumchlorid (CaCl ₂)	0,2560
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,0114
Natriumbromid (NaBr)	—
Kalziumsulfat (CaSO ₄)	0,0105
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0135
Kalziumhydrokarbonat (Ca[HCO ₃] ₂)	0,0252
Magnesiumhydrokarbonat (Mg[HCO ₃] ₂)	0,1534
Ferrohydrokarbonat (Fe[HCO ₃] ₂)	—
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0188
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0403
	<u>0,7071</u>

c) Kontrolle der Analyse.

Berechnet man die einzelnen Bestandteile des Wassers auf den Zustand, in welchem sie in dem Rückstande enthalten sein müssen, der durch Abdampfen durch Schwefelsäure und Glühen in einer Atmosphäre von kohlen-saurem Ammon erhalten wurde, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gefunden: Natrium 0,06904 im Liter, berechnet als schwefelsaures Natrium im Liter	0,21324
Gefunden: Kalium 0,001306 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalium im Liter	0,0029
Gefunden: Kalzium 0,10172 im Liter, berechnet als schwefelsaures Kalzium im Liter	0,3456
Gefunden: Magnesium 0,03113 im Liter, berechnet als schwefelsaures Magnesium im Liter	0,15412
Gefunden: Eisen Spur	—
Gefunden: Kieselsäure im Liter	0,01415
	<u>0,73001</u>
Direkt gefunden	0,8520

Schlußbetrachtung.

Die analytischen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, daß der Ruhm der Thermen von Tiberias und El Hammi vom Standpunkte des Chemikers aus wohlbegründet ist.

Besonders sind es die Thermen von Tiberias, die sich durch ihren hohen Salzgehalt und ihre Radioaktivität auszeichnen.

Bei allen diesen Bädern zeigt sich das Vorwalten von Chlor- und Natrium-Ionen neben Sulfat- und Hydrokarbonat-Ionen. Deshalb, sowie mit Rücksicht auf die hohe Temperatur sind die Bäder als „warme muriatisch-alkalische Schwefelquellen“ zu bezeichnen.

Leider liegen bis jetzt keine zuverlässigen Beobachtungen und Experimente von medizinischer sachverständiger Seite vor, die zur Beurteilung der speziellen Heilwirkung der Quellen nötig und erwünscht wären.

Literatur.

- Anderson, Anal. of the Hot Springs of Emman, Lynch Exped. to the Dead Sea. 1852.
- Bamberger, Sitzungsbericht d. Kais. Akad. d. Wissensch. 1907.
- Benziger, Hebräische Archäologie. 1894.
- Blanckenhorn, M., Grundzüge der Geologie und physik. Geographie von Nordsyrien. Kassel 1891. — Abriß der Geologie Palästinas, „Altneuland“, Monatsschr. f. d. wirtsch. Erschließung Palästinas. I. Jahrg, Berlin, Okt. 1904. — Geologie der nächsten Umgebung von Jerusalem. Zeitschr. d. D. Pal.-Ver. 1905. — Neues zur Geologie Palästinas und des Niltals. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 62. 1910.
- Bloehm, Qualität chem. Analyse. 1892.
- Boltwood, American Journ. of science. 1905.
- Buckard, Travels in Syria and Palestine.
- Buckingham, Travels in Palestine. London 1821.
- Burckhard, Reisen in Syren und Palästina. Weimar 1823.
- Dechan, Journ. chem. soc. 49. 682.
- Deutsches Bäderbuch. 1907.
- Diener, C., Die Struktur des Jordanquellgebietes. Sitzung d. Kais. Akad. d. Wissensch. 1885.
- Dorn, Abhandlungen der Naturforsch. Ges. Halle 1904. — Vgl. a. Schenk-Reichau, Dissertation. Halle 1904—1908.
- Egel, Wilhelm, Dissert. Würzburg 1839.
- Fehling, Journ. f. prakt. Chemie 45. 269.
- Field, Chem. Soc. A. I. 10, 234 und Jahresber. 1857.
- Frankl, Nach Jerusalem.
- Fraas, Oskar, Aus dem Orient. Stuttgart 1867.
- Frei, Beobachtungen vom See Genezareth, Zeitschr. d. D. Palästina-Vereins. 1886.
- Fresenius, Analyse des Julianenbrunnens. Wiesbaden 1891. — Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. 6. Auflage. — Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. 16. Auflage.
- Friedheim und Meyer, Über die quantitative Trennung von Chlor, Brom und Jod. Zeitschr. f. anorganische Chemie. 1892.
- Friedmann, A., Die chemische Erforschung des Toten Meeres. Zeitschrift „Palästina“ 1911, Heft 4 u. 5. — Neue Analyse d. Wassers



- d. Toten Meeres. Chemiker-Zeitung 1912. — „Das Tote Meer“, Zeitschr. f. Balneologie 1912.
- Gaudenz, Die Bestimmung d. Radioaktivität von Mineral- u. Thermalquellen. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1910.
- Gautur, Compt. rend. 1899.
- Giesel, Über das Vorkommen von Radium und radioaktiver Edelerde im Fangoschlamm und in Ackererde von Capri. Chem. Ber. 38.
- Gildemeister, Zeitschr. d. D. Palästina-Ver. VI, VII.
- Gooch und Browning, Amer. J. sc. and arts 39. 283.
- Grätz, Geschichte d. Juden; vgl. „Tiberias“.
- Grünhut und Hinze, Chemische und physikalisch-chemische Untersuchung der Martinsquelle zu Orb. Wiesbaden 1907.
- Guthe und Fischer, „Palästina“.
- Hasselquist, Reise nach dem Morgenlande von 1749—52. Rostock 1761.
- v. Hoff, Karl Ernst Adolf, Geschichte der natürlichen Veränderung der Erdoberfläche II. 1824. — Chronik der Erdbeben und Vulkanausbrüche. 1840.
- Jagzewsky, Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung der physikalischen Natur der Wasserquellen aus dem Jahrbuch der Kgl. Ung. Geol. Reichsanstalt. Budapest 1911.
- Josephus, Ant. 17, 11. 4.
- Kisch, Grundzüge der Balneologie.
- Koch, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1906.
- Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik. 1910.
- Kraze, Karl, Vorkommen u. Nachweis von Jod. Dissertation. Halle 1909.
- Kult, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1908.
- Laborde, Compt. rend. hebdom. 1904.
- Lartet, Essai sur la géologie de la Palestine. Annal. des sciences géol. 1869 I.
- Lersch, Geschichte der Balneologie. Würzburg 1863. — Hydrophysik 1840.
- Lupin, Quellentemperaturen in Oberbayern. Ber. der Phys.-Ökon. Ges. in Königsberg i. Pr. 1897.
- Lynch, Expedition to the Dead Sea. 1852.
- Mache und Meyer, Phys. Zeitschr. 1905.
- Mariti, Palästina.
- Merril, Palestine Exploration Fund. 1879.
- Merkel, Kurt, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
- Meyer, Rich. Josef, Zeitschr. f. angew. Chemie. 1892.
- Munoz de Castillo, Bolet. real. soc. espagn. de Hist. nat. 1906. Arch. sc. phys. et nat. 1908.
- Nasini, Lincei Bl. Rom. 1905 u. 1906.
- Neumann, F. C., Lehrbuch der Geologie. Leipzig.
- Nötling, Geologische Skizze der Umgebung von El Hammi. Zeitschr. der D. Palästina-Ver. — Entwurf einer Gliederung der Kreidformation in Syrien. Zeitschr. der D. Geol. Ges. 1886.
- Ohlmüller, W., Die Untersuchung des Wassers.



- Petrascheck, Geologisches über die Radioaktivität der Quellen.
Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt Wien. 1908.
- Plinius V, 15.
- Rehland, Palaestina ex monumentis veteribus illustrata. 1714.
- Richardson, Trevels along the Mediterranean and part adjacent
during the years 1816—1818. London 1822.
- Ritter, Die Erdkunde im Verhältnis zur Natur. 3. Buch.
- Rock, Beschreibung von Palästina.
- Russeger, Reise in Europa, Asien und Afrika. 1841/49. Bd. III.
- Sachse, „Gesteinanalysen“ usw. Zeitschr. d. D. Palästina-Ver., 20. Jahrg.
- Sahlbom und Heinrichsen, Ber. d. D. Chem. Ges. 1906.
- Sarasin, Phys. Ztschr. 1905.
- Schierholz, Monatsschr. f. Chemie. 1892.
- Schiffner, Radioaktive Wässer in Sachsen. Freiburg 1908.
- Schlund, Chemical News Bd. 98.
- Schmidt und Kurz, Phys. Zeitschr. 1906.
- Schubert, Reise ins Morgenland. 1837.
- Schumacher, Beschreibung des Dscholan. Zeitschr. d. D. Palästina-
Ver. 1886.
- Seetzen, In Zachs Monatskorrespond. 1808.
- Sjögren, Arch. f. Kemi, Mineralogi och Geologi. 1908.
- Socoloff, Journ. d. Russ. Phys. Ges. 1905.
- Sommer, Über die radioaktiven Verhältnisse der natürl. Heilquellen
des deutschen Sprachgebietes. München 1912.
- Stortenbecker, Zeitschr. anal. Chem. 29. 272.
- Strutt, Preceeding of the Royal Society of London. 1908.
- v. Surg, Über die Radioaktivität einiger schweizerischer Mineral-
quellen. Diss. Freiburg 1907.
- Süß, Über heiße Quellen. Naturw. Rundschau, November 1902.
- Szilard, Ber. Ung. Naturw. Ges. Budapest 1905.
- Talmud, Brachoth 33a.
- Thorkelson, Overs. K. Dansk. Vidensk. Selsk. Forsch. 1905.
- Topf, Zeitschr. Anal. Chem. 26. 299.
- Valentiner, Handbuch der Balneo-Therapie. Würzburg 1863.
- Volny, Reise durch Syrien und Ägypten. Jena 1788.
- Wauklyn, Analyse des Wassers. 1893.
- Weed, Water supply and Navigation papers. U. S. Geolog. Survey. 1905.
- Wessely, Österreichische Monatshefte für Lit. u. Kunst. 1844.
- Wichmannshausen, De Thermis Tiberiensibus. 1711.
- Wöhler, Poggend. Ann. 8. 95.





Herrosé & Ziemsen, G. m. b. H., Wittenberg.



Von der Gesellschaft für Palästina-Forschung sind
bisher erschienen und stehen bei Calvary & Co., Berlin,
Unter den Linden, zum Verkauf:

1. **Die archäologische Erforschung Palästinas.**
Vortrag, gehalten von Dipl.-Ing. Ernst Hiller . M. 0.80.
2. **Kanaan in vorisraelitischer Zeit.** Vortrag,
gehalten von Lic. Dr. Alfred Jeremias, Pfarrer und
Privatdozent in Leipzig M. 0.80.
3. **Die galiläischen Synagogenruinen.** Vortrag,
gehalten von Dr. Samuel Krauss, Prof. an der Isr.
Theol. Lehranstalt in Wien M. 0.80.



HERROSE & ZIEMSEN
G. m. b. H.
WITTENBERG (Bez. Halle)







D: 56-1367/50



ULB Halle
002 036 304

3/1



OC 1387

133207
1913



R PALÄSTINA-FORSCHUNG
Veröffentlichung

R CHEMISCHEN UND
EN UNTERSUCHUNG
DER

ARMEN STINAS

VON

ANDER FRIEDMANN



BERLIN
ALVARY & CO.
1913.

