

CHEMISCHE UNTERSUCHUNG  
DER  
PRODUKTE DES HÉVÍZSEES BEI KESZTHELY.

VON  
DR. JULIUS v. WESZELSZKY.

MIT EINER BEILAGE VON DR. RICHARD WINDISCH, ZWEI TABELLEN UND DREI ABBILDUNGEN  
IM TEXTE.



## EINLEITUNG.

Etwa eine halbe Wegstunde von Keszthely entfernt, auf einer  $4\frac{3}{4}$  Hektar, d. i. ungefähr 8 Katastraljoch umfassenden Fläche dehnt sich durch die Heilwirkung seines Wassers seit langer Zeit bekannte Hévízsee aus. Im Sommer beträgt die Temperatur des Wassers in der Nähe der Quelle im Durchschnitt  $33^{\circ}$  C. Die Quelle liefert gemäss den Messungen KARL JORDÁNS pro Sekunde ungefähr einen Kubikmeter Wasser.<sup>1</sup> Nach einer auf dieser Grundlage fassenden Rechnung sprudelt aus der Quelle alljährlich eine Wassermenge von 31.536,000 Kubikmeter hervor und wenn wir die durchschnittliche Temperatur der Quellwässer mit  $13^{\circ}$  C annehmen, so beträgt die durch das Wasser dieser Quelle aus dem Innern der Erde jährlich geförderte Wärmemenge 630,720.000,000 Kalorien: eine Leistung, die der durch die Verbrennung von 800.000 Meterzentner Kohle bester Qualität gewonnenen Wärmemenge entspricht.

Bietet der See schon für die Geologie besonderes Interesse, so ist es auch die Aufmerksamkeit anderer Zweige der Naturwissenschaften auf ihn, durch LUDWIG v. LÓCZY in verdienstvoller Weise gelenkt worden. Er ist es, der mich zu meinen Forschungen angeeifert hat, die dank seiner Befürwortung durch die Ung. Akademie der Wissenschaften materiell unterstützt wurden, wofür ich hier meinen verbindlichsten Dank abstatte.

Der Hauptzweck meiner Untersuchung war eine chemische Analyse des Wassers und des Schlammes des Hévízsees und da ich seine Produkte als radioactiv erkannte, habe ich meine Untersuchungen auch auf dieses ausgedehnt, wobei ich bestrebt war, zu Ergebnissen zu gelangen, aus welchen man auch auf die geologischen Verhältnisse des Sees gewisse Schlüsse ziehen kann.

---

<sup>1</sup> Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, II. Abschnitt, Anhang, S. 77—78.

## I.

## DAS WASSER DES SEES.

Das Wasser des Hévízsees wurde schon wiederholt analysiert; die erste vollständige Analyse wurde von HELLER im Jahre 1857 vorgenommen.<sup>1</sup> Laut seinen Angaben wurden in 1000 Gewichtsteilen Wasser gefunden:

Calciumcarbonat . . .	0·177	Gewichtsteile
Magnesiumchlorid . . .	0·124	»
Natriumsulfat . . . . .	0·112	»
Kochsalz . . . . .	0·039	»
Kieselerde . . . . .	0·033	»
Ferrohydrocarbonat . . .	0·003	»
Organische Stoffe . . .	0·042	»
Aluminiumoxyd, Mangan-		
oxyd . . . . .	0·001	»
Insgesamt feste Stoffe	0·531	Gewichtsteile.

Wenige Jahre später (1864) hat ECKERT<sup>2</sup> folgende chemische Zusammensetzung ermittelt:

In 1000 Gewichtsteilen Wasser:		
Bromnatrium . . . . .	<i>Na Br</i> . . .	0·00033 Gewichtsteile
Chlornatrium . . . . .	<i>Na Cl</i> . . . . .	0·1309 »
Chlormagnesium . . . . .	<i>Mg Cl<sub>2</sub></i> . . . . .	0·0495 »
Magnesiumsulfat . . . . .	<i>Mg 0·5 SO<sub>3</sub></i> <sup>3</sup> . . .	0·0947 »
Calciumcarbonat . . . . .	<i>Ca 0·2 Co<sub>2</sub></i> . . . . .	0·2559 »
Ferrocyanat . . . . .	<i>Fe 0·2 Co<sub>2</sub></i> . . . . .	0·0054 »
Mangancarbonat . . . . .	<i>Mn 0·2 Co<sub>2</sub></i> . . . . .	0·0005 »
Kieselsäure . . . . .	<i>SiO<sub>2</sub> (SiO<sub>3</sub>)</i> . . . . .	0·0325 »
Organische Stoffe . . . . .		0·0418 »
Insgesamt . . . . .		0·61153 Gewichtsteile.

Neuestens wurde dieses Wasser durch WILHELM HANKÓ<sup>4</sup> analysiert, der in 1000 Gewichtsteilen Wasser folgendes fand:

Calciumcarbonat . . .	0·1944	Gewichtsteile
Magnesiumcarbonat . . .	0·1320	»
Calciumsulfat . . . . .	0·0892	»
Magnesiumchlorid . . .	0·0508	»
Kaliumchlorid . . . . .	0·0089	»

<sup>1</sup> Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, S. 12.

<sup>2</sup> ECKERT: Hévíz und der Balatonsee. Pest, 1864; RASPE: Heilquellen-Analyse.

<sup>3</sup> Ich teile hier die ursprünglichen Formeln mit, auf deren Grundlage die Umrechnung erfolgte.

<sup>4</sup> Prospekt der Thermalbades Keszthely-Hévíz, S. 16.

Ferrohydrocarbonat . . . . .	0.0063	Gewichtsteile
Natriumchlorid . . . . .	0.0007	»
Aluminiumoxyd. . . . .	0.0007	»
Kieselsäure . . . . .	0.0336	»
Insgesamt . . . . .	0.5166	Gewichtsteile.

Im Laufe meiner Untersuchungen habe auch ich mich mit der Zusammensetzung des Wassers beschäftigt, und die Herren ÁRPÁD HAJDU und SZÖNYI, Hörer der Philosophie, damit betraut, diese Analyse unter meiner Leitung derart vorzunehmen, dass jeder für sich die Analyse durchführe, wobei sie sich gegenseitig kontrolliert haben.

Laut dieser Untersuchung sind in 1000 Gewichtsteilen Wasser enthalten :

Calcium . . . . .	0.08466	Gewichtsteile
Magnesium . . . . .	0.03412	»
Natrium . . . . .	0.002242	»
Eisen . . . . .	In Spuren	vorhanden
Aluminium . . . . .	»	»
Chlor . . . . .	0.0206	Gewichtsteile
Schwefelsäure . . . . .	0.0607	»
Kieselsäure . . . . .	0.0304	»

Diese letzten Daten können mit den früheren nicht direkt verglichen werden, da die gewonnenen Resultate hier auf verschiedene Weise zum Ausdruck gebracht werden. Aber auch die früher erwähnten Daten eignen sich nicht für einen Vergleich, denn die Kombinierung der Bestandteile zu Salzen hängt bis zu einem gewissen Grade vom Belieben der die Untersuchung ausführenden Person ab. In der unten folgenden Tabelle sind die obigen Daten in Umrechnung wiedergegeben.

Die hier mitgeteilten Daten bezeichnen die Mengen der in 1000 Gewichtsteilen vorgefundenen Bestandteile. Das Jahr der Untersuchung und der Name des Analytikers ist über der Kolonne verzeichnet :

	1857	1864	1908	1908
	HELLER	ECKERT	HANKÓ	HAJDU und SZÖNYI
Calcium . . . . .	0.0708	0.07108	0.0742	0.08466
Magnesium . . . . .	0.0314	0.03147	0.0368	0.03412
Natrium . . . . .	0.0514	0.05169	0.000276	0.002242
Eisen . . . . .	0.00145	0.00189	0.00198	In Spuren vorhanden
$Al_2 O_3$ . . . . .	—	—	0.0007	»
Chlor . . . . .	0.1162	0.11631	0.0426	0.0206
$SO_4$ . . . . .	0.0757	0.07576	0.0629	0.0607
$Si O_2$ . . . . .	0.0330	0.0325	0.0336	0.0304

Bei einer Vergleichung dieser Daten fällt es auf, dass die Zusammensetzung des Wassers — abgesehen von kleinen Schwankungen, die wir übrigens, wie wir später sehen werden, an verschiedenen Stellen des Sees, ja sogar an der selben Stelle bei den aus verschiedenen Tiefen geschöpften Proben konstatieren, — auch heute noch dieselbe ist, wie vor 50 Jahren. Nur in der Menge des

Chlors finden wir eine grosse Abweichung zwischen den älteren und neueren Analysen.

Möglicherweise war dieser Bestandteil als Produkt eines Fäulnisprozesses in dem Wasser des damals noch nicht regulierten Sees in grösserer Menge vorhanden, während später dieser leicht lösliche Körper ausgelaugt wurde; es ist aber auch möglich, dass dieser Bestandteil nur infolge eines Irrtums in die erste Analyse hineingeraten ist. Dieser Annahme widerspricht zwar die Tatsache, dass ECKERT ebensoviel Chlor vorgefunden hat. Immerhin bleibt es aber auffallend, dass dieser Bestandteil, dessen Menge in 50 Jahren auf ein Sechstel des ursprünglichen Quantum herabgesunken ist, während der ersten sieben Jahre überhaupt keine Änderung erfahren haben soll. Übrigens finde ich zwischen den Angaben der beiden Analysen eine so verdächtige Übereinstimmung, dass ich annehmen muss, ECKERT habe das Wasser gar nicht selbst analysiert, sondern in seinem Werke die Daten HELLERS, entsprechend umgerechnet, reproduziert.

In der Umgebung des Sees, oft auch in grösserer Entfernung von ihm ist — besonders an windstillen Sommertagen — ein intensiver Geruch von Schwefelwasserstoff wahrzunehmen. Keiner von jenen, die das Wasser untersucht haben, erwähnt etwas davon, dass es schwefelhydrogenhaltig ist. Dass aber dieser Geruch tatsächlich von Schwefelwasserstoff herrührt und aus dem Wasser hervordringt, beweist einerseits die Tatsache, dass sämtliche Messingklinken im Badehause schwarz werden, noch mehr aber der Umstand, dass, wenn ein Badegast zufällig einen silbernen Ring am Finger hat, dieser Ring während des Badens schwarz wird. Indessen kann man in einem unmittelbar oberhalb der Quelle gesammelten Wasser das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff selbst mit den empfindlichsten Reagentien dieses Stoffes nicht nachweisen. Es tritt selbst dann keine Veränderung ein, wenn wir in eine grössere Menge Wasser eine ammoniakhaltige Silbernitrat-Lösung giessen. Wenn wir aber das Wasser auf einem von der Quelle des Sees entlegenen befindlichen Punkte schöpfen und dem letzterwähnten Verfahren unterwerfen, so finden wir, dass es eine matt-bräunliche Färbung annimmt. Dieser Umstand deutet also darauf hin, dass der Schwefelwasserstoff nicht aus dem Wasser der Quelle stammt, sondern ein Fäulnisprodukt darstellt. Dieses Experiment kann indes nicht ausschlaggebend sein, weil es ja denkbar ist, dass die schwache Färbung durch Silbernitrat eine Folge der reduzierenden Wirkung der organischen Stoffe sein mag. Die Tatsache, dass diese Wirkung durch Schwefelwasserstoff hervorgerufen wurde und dass dieser tatsächlich sich im See gebildet hat, habe ich mittels folgenden Experimentes nachgewiesen: An einer etwa 30 Meter langen Schnur habe ich in Abständen von je 5 Metern Glasstäbe befestigt, die ich mit einer falschen Goldplattierung überzogen habe. Das eine Ende der so adjustierten Schnur liess ich im Kahn festbinden, worauf die Schnur oberhalb der Quelle ins Wasser gesenkt wurde, wo sie längere Zeit verblieb. Als ich dann die Schnur aus dem Wasser zog, war die Plattierung des obersten Stabes stark gebräunt, während auf den beiden darunter befindlichen Stäben die braune Färbung immer matter wurde und die mehr als 15 Meter tief gesenkten Stäbe hellen Metallglanz zeigten, ohne eine Spur von Kupfersulfid.

Das in der oben angeführten Analyse verwendete Wasser wurde im September 1907, hinter dem der Quelle zugewendeten Trakte des Badehauses, etwa 10 Meter von der Quelle entfernt, geschöpft. Zur selben Zeit wurde auch an der gleichen Stelle,

wo sich die Quelle befindet, aus einer Tiefe von etwa 5 Metern Wasser geholt, u. zw. in der Weise, dass ich am Ende eines langen Kautschukschlauches eine Pipette befestigte, die ich, soweit das Rohr es zuliess, in das Wasser versenkte und durch die Pipette eine ungefähr 3—4fache Menge von Wasser aufsaugen liess, so dass anzunehmen war, die Pipette sei rein mit solchem Wasser gefüllt, das aus den tieferen Schichten stammt. Sodann wurde das Ende des Kautschukschlauches verschlossen, die Pipette heraufgeholt und ihr Inhalt in eine bereit gehaltene Flasche geleert. Dieses Verfahren habe ich fortgesetzt, bis die zirka einen Liter fassende Flasche gefüllt war.

In 1000 cm<sup>3</sup> des so geschöpften Wassers fand ich:

an festen gelösten Bestandteilen	
insgesamt . . . . .	0.468 Gramm
Calcium . . . . .	0.089 »
Magnesium . . . . .	0.0361 »
Schwefelsäure . . . . .	0.0566 »
Chlor . . . . .	0.0223 »

Im November 1908 wurde durch Taucher (siehe die 1. und 2. Abbildung) unmittelbar an der Stelle, wo sich die Quelle befindet, aus einer Tiefe von 12 und



Figur 1. Floss mit den Taucherrequisiten.

18 Metern Wasser in der Weise geschöpft, dass der Taucher je eine verkorkte leere Flasche mitnahm, um dieselbe dort, wo ein stärkeres Ausströmen des Wassers wahrzunehmen war, zu öffnen und sobald dieselbe gefüllt war, verkorkt emporzufördern.

Mit diesen Proben verband ich den Zweck, die Zusammensetzung des Quellenwassers unmittelbar an der Austrittsstelle, ebenso die Zusammensetzung des Seewassers zeitweise an verschiedenen Stellen des Sees kennen zu lernen. Ein Sammeln des Wassers zu verschiedenen Zeiten hätte meine Arbeit wegen der Entfernung sehr erschwert. Ich spreche hier meinen verbindlichsten Dank für das freundliche Entgegenkommen aus, mit welchem Herr Dr. RICHARD WINDISCH, Professor der kgl. ung. landwirtschaftlichen Akademie zu Keszthely, diesen Teil der Arbeit übernommen hat. Die Ergebnisse derselben gehen aus der Beilage hervor.

In 1000 cm<sup>3</sup> des aus einer Tiefe von 12 Metern geschöpften Wassers wurden vorgefunden (WINDISCH):

feste gelöste Bestandteile	0.4430	Gramm
Calcium . . . . .	0.10077	»
Magnesium . . . . .	0.036823	»

In dem aus einer Tiefe von 18 Metern geschöpften Wasser waren pro Liter enthalten (WINDISCH):

feste gelöste Bestandteile	0.03470	Gramm
Calcium . . . . .	0.0928	»
Magnesium . . . . .	0.0341	»



Figur. 2. Der Taucher steigt in's Wasser.

Zu gleicher Zeit wurde auf der nach der Quelle gelegenen Seite des Badehauses Wasser geschöpft und in diesem gefunden:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt (WINDISCH)	0.4350	Gramm	pro Liter
Calcium . . . . .	0.0843	»	»
Magnesium . . . . .	0.0339	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0.0212	»	»

Wie aus diesen Daten hervorgeht, zeigen sich in der Zusammensetzung des an verschiedenen Stellen der Quelle geschöpften Wassers nur unerhebliche Schwankungen. Das Calcium und das Magnesium ist in relativ grössten Mengen in einer Tiefe von 12 Metern unter der Wasseroberfläche und in geringster Menge in dem neben dem Badehause geschöpften Wasser vorhanden. Das stärkste Ausströmen des Wassers hat der Taucher, wie schon erwähnt, in einer Tiefe von 12 Metern beobachtet. Hier hat er die Flasche derart gefüllt, dass er sie unmittelbar in der wasserführenden Spalte öffnete, so dass in der Flasche das Quellwasser in der ursprünglichen Zusammensetzung aufgefangen wurde.

Da das Badehaus mit Brettern eingefriedet ist, dürfte in seiner unmittelbaren Nähe die Strömung des Wassers — wenn dieses auch nicht stagniert — eine schwächere sein, als an anderen Stellen des Sees und wenn hier die im Wasser in geringen Mengen vorhandene gelöste Kohlensäure frei wird, so kann es leicht geschehen, dass ein Teil des durch die Kohlensäure in gelöstem Zustande erhaltenen Calciums und Magnesiums ausgeschieden wird. Dies erklärt auch, dass diese Bestandteile hier in relativ geringster Menge anzutreffen sind.

Der See liegt auf einem 4·75 Hektar, d. i. etwa 8 Katastraljoch umfassenden Gebiete, in einer auf drei Seiten von Hügeln umgebenen engen Talmulde. Es ist ein naheliegender Gedanke, dass der See nicht nur durch die Quelle, sondern auch durch das Grundwasser der Umgebung gespeist wird. In welcher Proportion das Quellwasser sich mit dem Grundwasser mengt, das können wir nur bestimmen, wenn wir die Zusammensetzung des Quellwassers, des Grundwassers sowie des Seewassers an verschiedenen Stellen des Sees kennen lernen.

In der Nähe des Sees sind drei Brunnen vorhanden. Zwei von ihnen befinden sich im Badegebiete selbst, kaum einige Meter vom westlichen Ufer entfernt. Der eine neben der Kirche, der andere neben dem Hause Nr. 7. Etwas weiter, nördlich vom See befindet sich der Brunnen der Szt-Andráser Hutweide. Diese drei Brunnen, sowie das Wasser eines Brunnens der nordwestlich vom See gelegenen Gemeinde Szt-András wurden zum erwähnten Zwecke untersucht. Die Proben wurden im September 1907 vorgenommen.

Im Wasser des (im Hofe des Dorfrichters befindlichen) Brunnens der Gemeinde Szt-András wurde gefunden:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt . . . . .	0·535	Gramm	pro Liter
Calcium . . . . .	0·0785	»	»
Magnesium . . . . .	0·0533	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0·0388	»	»
Chlor . . . . .	0·0256	»	»

Im Brunnenwasser der Szt-Andráser Hutweide:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt . . . . .	0·409	Gramm	pro Liter
Calcium. . . . .	0·08357	»	»
Magnesium . . . . .	0·062192	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0·02055	»	»

Die Zusammensetzung des Wassers dieser beiden Brunnen zeigt, wie aus diesen Daten ersichtlich, nur eine geringe Abweichung von der Zusammensetzung des Wassers der Quelle. Beide Brunnen werden aus derselben Tonschicht gespeist, aus der auch das Wasser der Quelle entspringt. Die Temperatur des Wassers beider Brunnen überstieg 20° C. Sie haben also mit dem den See speisenden Quellwasser zum Teil gemeinsamen Ursprung und da beide Brunnen höher liegen als das Seeniveau, kann die Strömung des Grundwassers gegen den See aus dieser Richtung nur verschwindend gering sein.

Völlig verschiedene Verhältnisse finden wir bei den beiden anderen Brunnen,

die durch mehrere Meter dicke Torfschichten hindurch gebohrt wurden. In dem neben der Kirche des Badeortes gelegenen Brunnen finden sich folgende Hauptbestandteile:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt . . . . .	1·816	Gramm	pro Liter
Calcium . . . . .	0·1721	»	»
Magnesium . . . . .	0·2146	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0·0721	»	»
Chlor . . . . .	0·0362	»	»

Im Wasser des neben dem Hause Nr. 7 befindlichen Brunnens:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt . . . . .	1·083	Gramm	pro Liter
Calcium . . . . .	0·172	»	»
Magnesium . . . . .	0·116	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0·104	»	»
Chlor . . . . .	0·031	»	»

Die Zusammensetzung des Wassers dieser beiden Brunnen unterscheidet sich daher wesentlich von dem Wasser der Quelle, die den See speist. Die Summe der in ihnen vorhandenen gelösten festen Bestandteile beträgt in dem einen Brunnen mehr als das Dreifache, in dem anderen etwa das Doppelte der Summe jener gelösten festen Bestandteile, die sich im Wasser der Quelle vorfinden. Weiterhin gibt es im Wasser dieser beiden Brunnen beträchtlich mehr Calcium und Magnesium, als im Wasser der Quelle. Wenn daher das Grundwasser aus dieser Richtung in grösseren Mengen in den See gelangt, so können wir sein Dasein leicht nachweisen, indem wir die Zusammensetzung des Wassers, besonders des am westlichen Ufer, sowie an der Ausflusstelle geschöpften Wassers, mit jener des Quellwassers vergleichen.

Zu diesem Zwecke wurde sowohl das an der Ausflusstelle, wie auch das in der Nähe des Westufers geschöpfte Wasser untersucht.

In dem bei der Ausflusstelle des Sees im September 1907 geschöpften Wasser fand man:

an festen gelösten Bestand-			
teilen insgesamt . . . . .	0·474	Gramm	pro Liter
Calcium . . . . .	0·0910	»	»
Magnesium . . . . .	0·0337	»	»
Schwefelsäure . . . . .	0·0619	»	»
Chlor . . . . .	0·0213	»	»

Am Westufer des Sees, links vom Eingang in das Wirtshaus, etwa 4 Meter vom Ufer entfernt, wurde im November 1908 Wasser geschöpft und in diesem gefunden:

Summe der festen gelösten	
Bestandteile (WINDISCH) . .	0·4605 Gramm pro Liter

Calcium . . . . .	0.08857	Gramm	pro	Liter
Magnesium . . . . .	0.03388	»	»	»
Chlor . . . . .	0.020987	»	»	»

Vergleichen wir diese beiden Zifferngruppen mit den Daten, die sich auf die Zusammensetzung des an der Quelle oder in ihrer Nähe gleichzeitig geschöpften Wassers beziehen, so sehen wir, dass die Abweichung noch geringer ist, als jene, die zwischen der Zusammensetzung des in der Nähe der Quelle an verschiedenen Stellen geschöpften Wassers besteht. Die Menge des aus der Richtung der Ufer in den See einströmenden Grundwassers kann also im Verhältnis zur Menge des durch die Quelle gelieferten Wassers nur eine so verschwindend kleine sein, dass sie die Zusammensetzung des Seewassers nicht einmal an den von der Quelle entfernter gelegenen Punkten des Sees merklich zu verändern vermag. Es ist zwar anzunehmen, dass — da die ersten Proben im September 1907, die späteren im November 1908, die eine daher am Ende des Sommers, die andere im Herbste geschöpft wurde — das Grundwasser in den in unserem Klima gewöhnlich trockenen Monaten zu Sommerende und im Herbste stark abgenommen hat und dies die Ursache der gewonnenen Resultate war; dieser Annahme widersprechen aber die anderen mit grosser Sorgfalt zusammengestellten Daten von RICHARD WINDISCH,<sup>1</sup> denen zufolge in längerer Zeit die durchgeführten Beobachtungen keine derartige Änderung in der Zusammensetzung des Wassers feststellen konnten, die auf eine Vermengung mit dem Grundwasser schliessen lässt.

Die Temperatur des Seewassers, unmittelbar in der Nähe der Quelle im September 1907 gemessen, betrug sowohl an der Oberfläche wie in den tieferen Schichten gleicherweise 33° C, doch hatte es den Anschein, als ob das auf den Seegrund gesenkte Thermometer um einige Zehntelgrade weniger gezeigt hätte. Diese mir damals unbegreifliche Erscheinung habe ich, da das dabei benützte Thermometer nur in ganze Grade eingeteilt war, einem Irrtum im Ablesen des Thermometers zugeschrieben.

Zur selben Zeit betrug die Temperatur des Wassers in der Nähe der Ufer, in einer Tiefe von etwa 2 Metern, 31.5° C.

Im November 1908 betrug die Temperatur des Wassers an dem Orte der Quelle 31.5°. Da machte ich abermals die Erfahrung, dass das Thermometer, in die tiefen Schichten versenkt am Seegrunde um einen halben Grad weniger gezeigt hat.

Die Temperatur des Wassers wechselt je nach der Witterung. Gemäss den Messungen ALEXANDER V. LOVASSY'S<sup>2</sup> wechselt der Wärmegrad des Quellwassers zwischen 27—38°.

Dass dieser Temperaturwechsel durch das aus der Richtung der Ufer hereinsickernde Grundwasser verursacht wird, lässt sich schon auf Grund der bisher mitgeteilten Daten nicht annehmen. Im übrigen müssten in diesem Falle in den verschiedenen Teilen des Sees viel grössere Temperaturunterschiede wahrzunehmen sein.

Wir müssen daher annehmen, dass das Grundwasser noch vor dem Austritt der Quelle seinen Weg dahin findet und sich so mit ihrem Wasser vermengt.

<sup>1</sup> Siehe die Beilage.

<sup>2</sup> Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, II. Abschnitt, Anhang, S. 11.

In diesem Falle würde es zwei Möglichkeiten geben: die eine ist die, dass das Zusammentreffen des Grundwassers mit dem Quellwasser in der Nähe der Erdoberfläche erfolgt, wo die Temperatur des Grundwassers den atmosphärischen Schwankungen noch stark unterworfen ist. In diesem Falle wäre die Schwankung der Temperatur erklärlich, selbst bei Zulassung der Möglichkeit, dass diese zwei Arten Wasser sich ständig im gleichen Verhältnis mischen und man nicht aus der Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Wassers auf die Art der Vermischung schliessen könnte; allein wir müssen diese Annahme sofort fallen lassen, wenn wir die Lage der wasserführenden Schichte betrachten. Die wasserführende Tonschichte zieht sich unter dem See, aus der Richtung des Tales gegen die Hügel hin. In dieser Schichte strömt das Wasser von dem Tale gegen die Hügel. Wenn daher in diesen Schichten irgendwo in der Nähe eine mit der Erdoberfläche kommunizierende Spalte entsteht, so ist nicht das Eindringen des Grundwassers, sondern im Gegenteil das Ausströmen des Quellwassers durch diese Spalte zu erwarten.

Die andere Annahme wäre die, dass diese beiden Wasserarten — das wärmere und das kältere Wasser — an irgend einem von der Quelle mehr entlegenen Punkte zusammentreffen. In diesem Falle ist aber die Schwankung der Temperatur nur so zu erklären, dass die Mischungsproportion bei diesen beiden Wasserarten zeitweise wechselt, was durch eine Änderung in der Zusammensetzung des Wassers in Erscheinung treten müsste. Indes kann man aus den Daten WINDISCH<sup>1</sup>, der längere Zeit hindurch nicht bloss das an verschiedenen Stellen des Sees, sondern auch das an derselben Stelle in verschiedenen Zeitpunkten geschöpfte Wasser in Bezug auf seine Zusammensetzung geprüft hat, auf eine solche Vermengung nicht schliessen. Diesen Annahmen widerspricht auch der Umstand, dass die Änderungen in der Wassertemperatur erfahrungsgemäss nicht mit den periodischen Niederschlägen, sondern mit den Wärmeschwankungen der Luft zusammenhängen; es bleibt also nur die eine Erklärung übrig, dass die Änderungen in der Temperatur des Quellwassers rein durch die Wärmeausstrahlungen der Seeoberfläche verursacht werden.

Im ersten Augenblick erscheint diese Annahme unverständlich, doch begreifen wir sie sogleich, wenn wir die eigentümliche Form des Quellbeckens in Betracht ziehen.

Die beiliegende Abbildung Nr. 3 wurde nach einer Zeichnung KARL JORDÁNS angefertigt,<sup>1</sup> unter Berücksichtigung der durch LÜDWIG v. LÓCZY<sup>2</sup> verfassten Beschreibung der geologischen Verhältnisse des Terrains, in welchem die Quelle sich befindet.

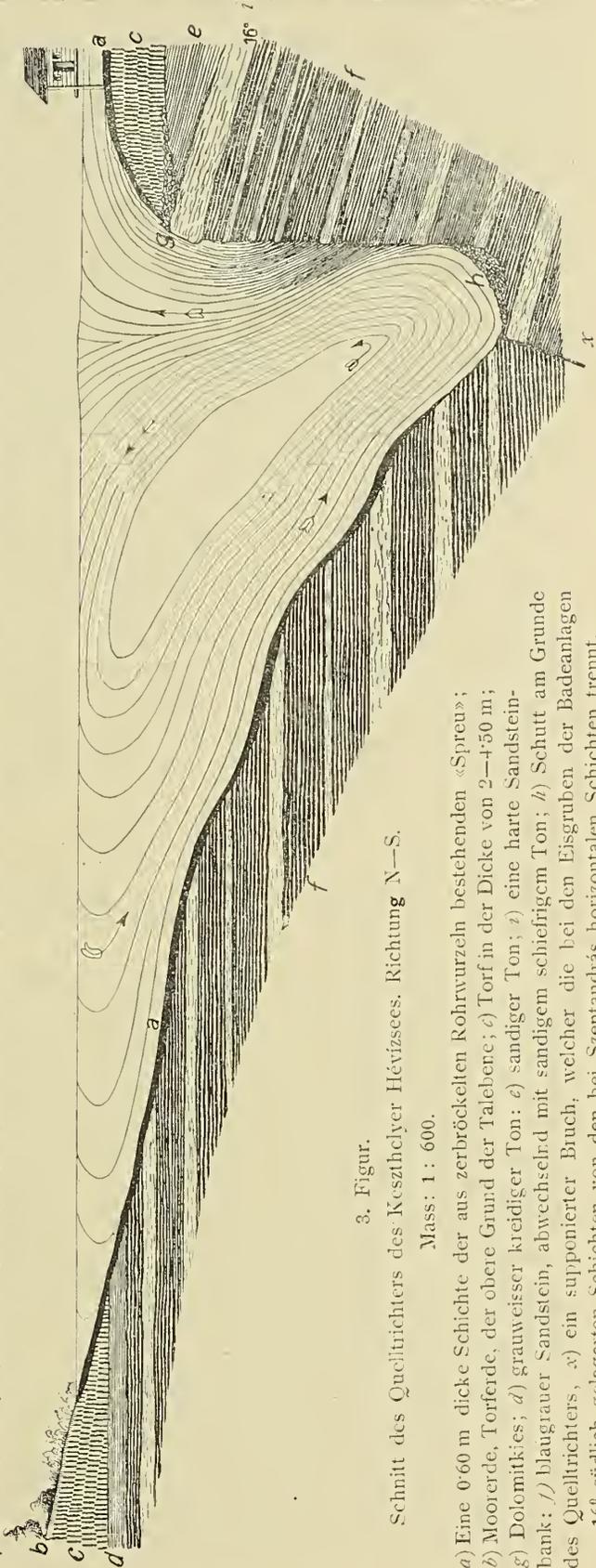
Laut dieser Beschreibung ragt 10 Meter unter der Wasseroberfläche eine Sandsteinbank etwa 2 Meter hoch aus dem darunter befindlichen blaugrauen sandigen schiefrigen Ton hervor. Auf der Sandsteinbank liegt Dolomitkies. Der unter der Sandsteinbank befindliche Tonschiefer bildet eine vertikale Mauer, aus deren Spalten das Wasser hervorbricht. Die stärkste Ausströmung wurde in einer Tiefe von  $12\frac{1}{2}$  m beobachtet. Diese Mauer beginnt in einer Tiefe von etwa 35 m unter der Wasseroberfläche; von da an steigt der Seegrund gegen

<sup>1</sup> Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. II. Bd. II. Teil, Anhang des II. Abschnittes. S. 78.

<sup>2</sup> Ebendort.

Nordwest hin gleichmässig an und der Abhang, der immer seichter wird, reicht in das neben dem Ufer befindliche Röhricht hinein. In diesem Röhricht kühlt sich das seichte Wasser stark ab, so dass hier im Winter die Bildung einer schwachen Eisschichte zu beobachten ist.

Das abgekühlte Wasser beginnt infolge seines grösseren spezifischen Gewichtes zu sinken und es gelangt in der Richtung des Abhanges in die Tiefen der Quelle. Das hier unter einem starken Drucke den steilen Mauern entströmende heisse Wasser, welches sich nach oben eine Bahn bricht, reisst — wie die Wasserluftpumpe die Luftblasen — das in der Nähe befindliche kalte Wasser mit sich und vermengt sich mit diesem. Dies mag auch die Erklärung dafür sein, dass in dem in einer Tiefe von 12 Metern geschöpften Wasser mehr Calcium und Magnesium gefunden wurde, als in dem in einer geringeren oder grösseren Tiefe oder an irgend einem Punkte des Sees geschöpften Wasser. Hier ist nämlich, wie schon erwähnt, die stärkste Ausströmung des Wassers zu beobachten. Der Taucher hat an dieser Stelle das Wasser in der Weise geschöpft, dass er die mitgenommene verkorkte Flasche an der Stelle, wo die Ausströmung zu beobachten war, öffnete, um sie nach erfolgter Füllung wieder verkorkt an die Oberfläche zu fördern. Dieses Wasser darf daher als das ursprüngliche Wasser der Quelle betrachtet werden, welches, an die Oberfläche des Sees gelangt, einen Teil seines Gehaltes an gelöster



3. Figur.

Schnitt des Quelltrichters des Keszthelyer Hévizsees. Richtung N—S.

Mass: 1 : 600.

- a) Eine 0·60 m dicke Schichte der aus zerbröckelten Rohrwurzeln bestehenden «Spreu»;  
 b) Moorerde, Torferde, der obere Grund der Talebene; c) Torf in der Dicke von 2—4·50 m;  
 g) Dolomitkies; d) grauweisser kreidiger Ton; e) sandiger Ton; f) eine harte Sandsteinbank; /) blaugrauer Sandstein, abwechselnd mit sandigem schiefrigem Ton; h) Schutt am Grunde des Quelltrichters, x) ein supponierter Bruch, welcher die bei den Eisgruben der Badeanlagen 16° südlich gelagerten Schichten von den bei Szentandráshorizontalen Schichten trennt.

freier Kohlensäure verliert, was die vom Seegrunde ständig emporsteigenden Moorgase noch mehr fördern, wodurch das im Wasser aufgelöste Calcium- und Magnesiumhydrocarbonat zum Teil ausgeschieden wird. Das Wasser, welchem diese letzterwähnten Bestandteile teilweise entzogen worden sind und das nunmehr auch abgekühlt ist, muss daher, wenn es sich in der Nähe der Quelle mit dem Wasser derselben vermengt, dieses abkühlen und verdünnen. Dies mag auch die Erklärung dafür sein, dass die Temperatur des Wassers an dem tiefsten Punkte unter der Quelle wenn auch nur um ein geringes, aber jedenfalls kälter befunden wurde, als in den oberhalb der Quelle befindlichen Teilen des Sees. Das Wasser ist demnach in der Nähe der Quelle in starker Strömung, was dann zur Folge hat, dass das Wasser des Sees infolge der Wärmeausstrahlungen der Oberfläche seine Temperatur nicht nur an den von der Quelle mehr entfernten Punkten, sondern auch bei der Quelle selbst merklich verändert. Diese Strömung lässt sich übrigens analog mit der Bewegung der in der Nähe der Quelle im Wasser herumschwimmenden Spreu und morschen Holzschuttmassen leicht verfolgen.

Würden wir 12 Meter unter der Seeoberfläche, wo die Ausströmung des Wassers die stärkste ist, ein Thermometer unterbringen, so würde dieses wahrscheinlich auch in verschiedenen Zeiträumen eine ständige und jene der Umgebung übersteigende Temperatur anzeigen. Diese Stelle ist jedoch einem Thermometer wegen der Sandsteinbank, die aus der wasserführenden Tonschichte herausragt, nicht zugänglich. Wohl hätten wir die Wassertemperatur an diesem Punkte, zur Zeit, als der Taucher dort geweilt hat, messen können, doch waren damals die Daten, welche zu obiger Folgerung geführt haben, noch unbekannt.

## II.

### DER SCHLAMM DES SEEGRUNDES.

Der Grund des Hévízsees besteht aus einem aus der Pontus- oder Pannonia-Epoche stammenden Ton, welcher in unbekannter Tiefe auf einem Hauptdolomit der Triaszeit gelagert ist.<sup>1</sup> In unmittelbarer Nähe der Quelle, oberhalb der wasserführenden Tonschichte, liegt eine Sandsteinbank.<sup>2</sup> Der ganze Seegrund ist von einem leicht dahinrollenden, 1—2 m dicken Torfschutt bedeckt.

Da ich sowohl den Torf, wie auch das aus demselben sich entwickelnde Moorgas ziemlich radioactiv befunden habe, unterzog ich dieses sowohl, wie auch den von dem Sitz der Quelle geholten Ton einer eingehenderen Untersuchung.

Der Ton besteht hauptsächlich aus Kieselsäure, Aluminiumoxyd und Calciumcarbonat, in kleineren Mengen ist auch Eisenoxyd und Magnesiumcarbonat darin vorhanden. Es handelt sich also um eine Mischung von Tonerde, Quarzsand und Dolomit-Abwitterungsprodukte.

Die «Spreu» benannte Schuttmasse hat je nach ihrer grösseren oder geringeren Entfernung von der Oberfläche und je nach dem Untergrunde eine verschiedene Zusammensetzung. Der in den oberen Schichten in Bewegung befindliche,

<sup>1</sup> ALEXANDER VON LOVASSY: Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees. II. Bd. II. Teil, Anhang des II. Abschnittes, S. 7.

<sup>2</sup> LUDWIG VON LÓCZY: Ebendort, S. 78.

von der Strömung getriebene Teil besteht aus morschem Blätter- und Holzschutt welcher von anorganischen Stoffen, hauptsächlich Gipskristallen und Calciumcarbonat stark durchsetzt ist. Die tiefer gelegenen Teile enthalten in grosser Menge Ton, feinen Sand und Dolomitverwitterungs-Produkte.

Ich kochte etwa 5—6 kg des neben dem Badehause gesammelten Torfproduktes mit konzentrierter Salzsäure aus, leitete in die Lösung Schwefelhydrogen-gas ein und indem ich den so gewonnenen Niederschlag in Königswasser auflöste, habe ich daraus etwa  $\frac{1}{2}$  gr Bleichlorid, 0.2 gr Wismuthhydroxyd und ebensoviel Kupfersulfat ausgeschieden. Wie aus meinen späteren Ausführungen hervorgeht, war von diesen Produkten das Wismuthhydroxyd radioactiv, die beiden anderen aber inactiv. Ich habe auf dieses Ergebnis grosses Gewicht gelegt, weil RUTHERFORD und SODDY die radioactiven Erscheinungen bekanntlich mit der Zersetzung der radioactiven Elemente erklären. Nach dieser Theorie wäre das Radium eines der durch Zersetzung von Uranium entstehenden Produkte, welches die Emanation von Radium erzeugt und dieses letztere wandelt sich sodann in Radium-*A* um. Dieses zersetzt sich ebenfalls und die Zersetzung ergibt einen weitem radioactiven Körper, das Radium-*B* etc. Diese radioactiven Körper sind in den uranium-, bezw. radiumhaltigen Gesteinen insgesamt anzutreffen, da sie aber relativ kurze Zeit leben, können sie sich in ihnen nicht vermehren, so dass wir ihr Vorhandensein durch chemische Methoden nicht zu ermitteln vermögen, diese vielmehr nur durch die infolge ihrer Zersetzung entstehende Ausstrahlung nachweisen können. Diese Umwandlung, welche die Bildung von Körpern von immer geringerem Atomgewicht zur Folge hat, setzt sich solange fort, bis zum Schlusse ein inactives oder sich so langsam zersetzendes Element entsteht, in dem wir die Erscheinungen der Radioactivität mit unseren jetzigen Instrumenten nicht nachweisen können. Dieses Element sammelt sich im Gestein an und sein Lebensalter nimmt je nach der Menge der vorhandenen radioactiven Körper mehr oder minder zu. Es kann daher aus demselben ausgeschieden werden.

RUTHERFORD und SODDY neigen zu der Ansicht, dass Blei und Wismuth, in den radium- und thoriumhaltigen Mineralien stets anzutreffen sind, Endprodukte der erwähnten beiden radioactiven Elemente wären, u. zw. sie das Blei für ein Endprodukt des Radiums, Wismuth für jenes des Thoriums halten.

Ein unmittelbarer Nachweis dieser Annahme war bisher noch nicht möglich, weil das Tempo der supponierten Zersetzung des Radiums und Thoriums sehr langsam ist. Für die Annahme spricht der Umstand, dass in den radium- und thoriumhaltigen Gesteinen Blei und Wismuth fast immer anzutreffen sind, dass zwischen der Menge dieser beiden schweren Metalle und dem Radium-, bez. Thoriumgehalt der Erze, ferner dem angenommenen Lebensalter der Erze ein Zusammenhang zu bestehen scheint, und eine auf die Atomgewichte des Radiums und Bleies, sowie des Thoriums und Wismuths basierte Berechnung. Durch diesen Umstand gewinnt die Tatsache, dass in dem untersuchten Gebilde des Sees, dessen Radioactivität zweifellos und leicht nachweisbar ist, das Vorhandensein dieser beiden schweren Metalle nachgewiesen werden kann, eine gewisse Bedeutung. Darum begnügte ich mich nicht damit, diese Körper nebst ihren Reaktionen nebeneinander nachzuweisen, sondern ich habe die beiden Stoffe von einander getrennt, dann das Blei als Chlorid, das Kupfer als Sulfat auskristallisieren gelassen. Das Wismuth habe ich in Wismuthchlorid, dieses in Oxychlorid und schliesslich in

Hydroxyd umgewandelt. Die Reaktion war bei jedem einzelnen dieser Metalle so bestimmt, dass über ihr Dasein kein Zweifel sein konnte. Dagegen war die Frage, ob diese Metalle ursprüngliche Teile des untersuchten Stoffes oder irgendwie als Schmutzprodukte hinzugetreten sind, durch eine einmalige Untersuchung nicht zu entscheiden. Darum habe ich dieses Verfahren mit einem an der Ausflusstelle des Sees gesammelten, durch das Wasser dort abgelagerten, stark geschlammten Torf wiederholt. In diesem war Blei nicht mehr nachzuweisen, wohl aber Wismuth und Kupfer, wenn auch in geringeren Mengen. Der grösseren Sicherheit halber habe ich auch jenen Ton untersucht, welcher durch einen Taucher in einer Tiefe von 12 m unter der Oberfläche, von der an einer anderen Stelle dieser Arbeit erwähnten vertikalen Mauer, unmittelbar dort geholt wurde, wo die stärkste Ausströmung des Quellwassers wahrzunehmen war. Auch hier konnte ich das Vorhandensein von Wismuth und Kupfer feststellen, wogegen ich auch hier kein Blei fand. Ich bemerke, dass Wismuth und Kupfer nicht bloss in den in Salzsäure löslichen, sondern auch in jenen Teilen des Tones aufzufinden waren, die nach der Extraktion mittels Salzsäure zurückgeblieben sind. Im See steht eine aus Holz erbaute Badeanstalt, in deren Umgebung auf Enten gejagt wird, die sich im Winter hier in grossen Massen ansammeln, und da ist es leicht möglich, dass in die in erster Reihe untersuchte Torfmasse Bleischrot oder ein ähnlicher Gegenstand hineingeraten ist; jedenfalls aber ist die Annahme hinfällig, dass auch Wismuth und Kupfer von irgendwo in Abfallsprodukten hergetragen wurden. Denn diese Bestandteile sind in den an drei verschiedenen Stellen des Seegrundes gesammelten Partien überall vorhanden; da weiterhin auch der See eine Ausdehnung von etwa 9 Katastraljoch hat und schliesslich die Quelle, wie eingangs dieser Studie ziffermässig nachgewiesen, von grossem Wasserreichtum ist.

Sämtliche Produkte der Quelle: Wasser, Schlamm, wie auch die daraus sich entwickelnden Gase sind radioactiv. Wie ich später ausführlicher darlegen will, liessen meine ersten Untersuchungen vermuten, dass die Radioactivität auf das Radium zurückgeführt werden muss, neben welchem auch noch ein anderer, eine Emanation hervorrufender Körper, wahrscheinlich Thorium vorhanden ist. Ich habe nun, einerseits um diese Frage zu klären, andererseits, weil nach den bisherigen Erfahrungen das Radium in seinen alten Gesteinen stets in Gesellschaft von Uranium vorzufinden ist, meine Untersuchungen, obschon der Seegrund rein aus bodensätzigen Gesteinen besteht, auch nach dieser Richtung ausgedehnt. Zu diesem Zwecke habe ich eine grössere Menge Schlamm aufgearbeitet und ich legte grosses Gewicht auf den aus den Lösungen desselben mittels Schwefelammonium gewonnenen Niederschlag.

In diesem Niederschlag konnte ich weder Thorium, noch Uranium entdecken, doch musste ich aus dem Verhalten, welches der Schlamm gegenüber Reagenzien zeigte, ausser den gewöhnlichen Bestandteilen des Bodens auch auf das Vorhandensein eines anderen Körpers schliessen.

Ich will mich nicht in Einzelheiten meines Verfahrens einlassen, zumal meine diesbezüglichen Untersuchungen noch im Gange sind, nur so viel will ich kurz bemerken, dass es mir gelang, aus diesem Niederschlag drei von einander verschiedene Körper herzustellen, die ich mit keinem der bisher bekannten Körper identifizieren kann.

Der eine Körper besteht aus einem blauweissen Niederschlag, den ich dadurch

gewinne, dass ich jene Lösung, in der nach den gewöhnlich angewandten analytischen Methoden das Aluminium enthalten sein muss (natürlich nicht rein, weil die Untersuchung mit einer grossen Menge des Stoffes erfolgt), in Gegenwart von Ammoniumsulfat und Hydrogenhyperoxyd mit einem Überschuss von Ammoniak ausscheidet. Die abfiltrierte Lösung des Niederschlages ist von gelblichgrüner Farbe und gibt, mit schwefeliger Säure gekocht, einen bläulichweissen Niederschlag. Ein Teil dieses Niederschlages löst sich in verdünnter Schwefelsäure, wobei er eine bläuliche Färbung annimmt, und die Hauptmasse des in Schwefelsäure nicht löslichen Teiles besteht aus Titansäure, neben welcher nach einer Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure ein bräunlichschwarzer voluminöser Körper ungelöst zurückbleibt.

Denselben Körper erhalte ich, wenn ich den mit dem Ammoniak gewonnenen aluminiumhaltigen Niederschlag in verdünnter Schwefelsäure auflöse und aus der Lösung die Hauptmasse des Aluminiums in Form von Ammoniumalaun auskristallisiere. Wenn ich den mit Ammoniak gewonnenen Niederschlag der zurückgebliebenen Lösung in schwefeliger Säure auflöse, so wird aus der aufgekochten Lösung ein Niederschlag ausgeschieden. Dieser Niederschlag löst sich in konzentrierter Schwefelsäure zum grössten Teil auf, wobei ein bräunlichschwarzer voluminöser Körper zurückbleibt. Wird diese Lösung verdünnt und fügt man Hydrogenhyperoxyd zu, so nimmt sie eine rote Farbe an, setzt man aber Natriumhydroxyd hinzu, so verschwindet diese Farbe und es entsteht ein Niederschlag, welcher sich im Überschuss des Reagenzmittels auflöst. Wird diese Lösung aufgeköcht, so scheidet sich aus ihr ein aus Titansäure bestehender Niederschlag aus. Die abfiltrierte Lösung gibt mit überschüssigem Ammoniumsulfat einen Aluminiumhydroxydhaltigen Niederschlag, wobei eine schwachbläuliche Lösung zurückbleibt. Dieselbe wird eingedampft, die Ammonsalze durch Glühen verjagt, der wässerige Auszug des Rückstandes gibt mit Natriumacetat einen dem obenerwähnten ähnlichen bläulichen Niederschlag.

Der zweite Körper ist jener voluminöse schwarze, der bei der Gewinnung des soeben erwähnten blauen Stoffes in der konzentrierten Schwefelsäure ungelöst zurückbleibt.

Beide Körper werden, wie gesagt, gemeinschaftlich mit Titansäure ausgeschieden und dies spricht nebst anderen Umständen für die Annahme, dass es sich hier um irgendeine komplexe Mischung des Titans, resp. um irgend ein niedriges Oxyd von Titan handelt. Andere Umstände hingegen sprechen gegen diese Annahme.

Nach dem Auskristallisieren des Aluminiums in Form von Ammoniumalaun bleibt eine Lösung zurück und wenn wir den mit Ammoniak gewonnenen Niederschlag von ihr in schwefeliger Säure lösen und die Lösung aufkochen, so ergibt sich, wie hervorgehoben, ein Niederschlag; die aus diesem abfiltrierte Lösung scheidet bei neuerlichem Kochen wieder einen mit dem früheren identischen Niederschlag aus. Wenn wir diesen Prozess öfters wiederholen und darauf achten, dass die Lösung schwefeligsäurehaltig bleibt, so gewinnt man schliesslich eine Lösung, die neben Magnesium noch einen andern Körper enthält, dessen wichtigere Reaktionen folgende sind:

In Anwesenheit von Ammoniak wird er durch Dinatrium Hydrophosphat, wie es scheint, quantitativ ausgeschieden.

Mit Ammoniumsulfid gibt er einen weissen, leichten Niederschlag, doch wird er durch dieses Reagenzmittel unvollständig abgeschieden.

Mit Ammoniak gibt er einen weissen Niederschlag, wird aber unvollständig ausgeschieden. Das Vorhandensein von Ammoniumsalzen hindert die Ausscheidung. Wie es scheint, hat sein Hydroxyd die Neigung, eine kolloidale Lösung zu geben, wobei dieses Kolloid aus bisher unbekanntem Ursachen bald mehr, bald weniger abgeschieden wird und der abgegebene gallertartige Niederschlag die fremden Körper mit ausserordentlicher Zähigkeit zurückhält.

Der ammoniakhaltige Niederschlag oxydiert beim Stehen und er wird je nach den obwaltenden Umständen gelblich oder ganz bräunlichschwarz. Was auf diese Reaktion von Einfluss ist, konnte ich nicht ermitteln. Wie unverständlich dieses Verhalten ist, geht z. B. aus dem folgenden Falle hervor. Ich habe zur Lösung Ammoniak hinzugefügt und da das Gefäss sehr voll war, teilte ich dessen Inhalt und begann beide Teile zu gleicher Zeit zu kochen. Nach Ablauf derselben Zeit wurde der Niederschlag in dem einen Gefäss beinahe schwarz, in dem andern nur gelblich.

Kalium- und Natriumhydroxyd gegenüber verhält er sich genau so wie gegenüber Ammoniak.

Der auf der Luft braun gewordene Niederschlag löst sich in schwefeliger Säure leicht und farblos auf. In verdünnten Säuren löst er sich schwer und mit brauner Farbe; im Stehen oder im Aufkochen verliert die Lösung die Farbe.

Wird der Körper mit einer wässrigen Lösung von schwefeliger Säure aufgekocht, so wird, solange noch freie schwefelige Säure vorhanden ist, kein Niederschlag entstehen; sobald aber im Verlaufe des Kochens die freie schwefelige Säure entweicht, wird ein weisser Niederschlag ausgeschieden, welcher durch Berührung mit der Luft braun wird, durch Hinzufügung von etwas schwefeliger Säure indes sich leicht löst.

Mit Natrium-Acetat gekocht scheidet es sich in Form eines gelblichen Niederschlages aus.

Durch Ammoniumcarbonat wird er unvollkommen abgeschieden.

Es ist sehr schwer, irgend eine Verbindung dieses Körpers auf Grund seiner bisher bekannten Eigenschaften, rein herzustellen. Es gibt kaum ein Reagenzmittel, mit welchem man denselben gut abscheiden könnte. In allen Reagenzmitteln bleibt er je nach den Umständen mehr oder weniger in Lösung. Die entstehenden Niederschläge sind allesamt ausserordentlich voluminös, so dass sie nicht allein die abscheidenden Körper, sondern sogar die angewandten Reagenzmittel zurückhalten. Ich versuchte das Hydroxyd in Chlorid, Sulfat und Nitrat umzuwandeln und es so zu kristallisieren. Meine Bemühungen waren fruchtlos, weil diese Lösungen beim Eindampfen einfach erstarrte. Die Reinigung des Stoffes ist aus den erwähnten Gründen noch immer mit sehr grossen Verlusten verbunden und auch dann habe ich keine Stütze dafür, dass ich es mit einer reinen Verbindung zu tun habe. Kristallkörper konnte ich bisher nur so gewinnen, dass ich die schwefelsäurehaltige Lösung mit überschüssigen Alkohol gemischt habe, wobei beim Stehen eine weisse, lockere Kristallmasse ausgeschieden wurde.

Ich machte den Versuch, den ungefähr reinen Stoff, welcher dazumal noch in ansehnlicher Menge vorhanden war, durch wechselweise Anwendung von Ammoniak, Kalium-Hydroxyd und schwefeliger Säure mehrfach abzuscheiden und

solange wieder aufzulösen, bis ich annehmen konnte, der Stoff werde nunmehr rein sein. Den zuletzt erhaltenen Niederschlag löste ich in wenig verdünnter Schwefelsäure auf und mischte der Lösung Alkohol in überschüssiger Menge bei; das Quantum der ausgeschiedenen lockeren, flockigen Kristalle betrug nach erfolgter Austrocknung im Vacuum ca. 0.4 gr. Das Sulfat habe ich in gewohnter Weise mit Chlorbarium, das Metalloxyd aber in der Weise ermittelt, dass ich das gewogene Quantum des Körpers zum Weissglühen brachte, bis das Gewicht constant wurde. Auf diese Art kann man das Schwefeltrioxyd vollständig austreiben. Interessant ist das Verhalten dieses Körpers bei der Erhöhung der Temperatur bis zur Gluthitze. In einem Platintiegel bis Rotglut erhitzt, verändert er sich scheinbar gar nicht, sobald ich aber den Tiegel der Gebläselampe aussetzte, fiel die darin befindliche weisse flockige Masse zusammen, indem sie den Boden und die Wände des Tiegels mit einer dünnen, nach der Abkühlung gräulich werdenden Schichte überzog.

Die Daten der Analyse sind auf Grund der Durchschnittsziffern der beiden Proben folgende:

Sulfat . . . . .	50%
Bei der Erhitzung zurückbleibende Rückstand . . . . .	31%

50 Gewichtsteilen Sulfat entsprechen 8.2 Gewichtsteile Oxygen; wenn ich daher annehme, dass die Mischung ein normales Sulfat ist und der beim Erhitzen zurückbleibende Rückstand ein einfaches Oxyd des Metalls darstellt, so ergibt sich dadurch ein Metallquantum von 22.8%.

Angenommen, der Ausfall rühre vom Kristallwasser her, ergibt sich folgende perzentuelle Zusammensetzung dieser Mischung:

Sulfat . . . . .	50%
Metall . . . . .	22.80%
Kristallwasser . . . . .	27.20%
zusammen . . . . .	100%

Bei Anwendung der gewohnten Berechnung:  $\frac{50}{49} = 1.02$ ;  $\frac{27.2}{18} = 1.51$ ; nach den gewonnenen Ziffern zu urteilen, entfallen auf ein Äquivalent Sulfat, auf anderthalb Moleküle, resp. ein Molekül Sulfat, drei Moleküle Kristallwasser.

Wenn wir 1.02 als Äquivalent annehmen, so ergibt sich  $22.8 \times 1.02 = 22.3$  als Äquivalenzgewicht des Metalls.

Ich will aus diesen Daten nicht detailliertere Schlüsse ziehen, zumal wenn die untersuchte Verbindung tatsächlich eine reine war, in erster Reihe müsste die Richtigkeit jener Annahmen nachgewiesen werden, auf welche ich die obige Berechnung basiert habe. Ich will diese Ziffern, wie auch die Ergebnisse meiner diesbezüglichen Untersuchungen einfach mitteilen, weil einzelne Teile meiner Arbeit als abgeschlossen zu betrachten sind und ich voraussichtlich längere Zeit brauchen werde, um über die Ergebnisse der fortzusetzenden Experimente ausführlich berichten zu können.

## III.

## DIE RADIOACTIVITÄT DES SEES.

Sämtliche Produkte des Hévízsees, sowohl das Wasser, wie der den Boden des Sees bedeckende torfige Schlamm und die daraus sich entwickelnden Gase sind radioactiv. Über meine in dieser Beziehung durchgeführten Untersuchungen habe ich in einem im Jahre 1907 erstatten vorläufigen Berichte<sup>1</sup> folgendes angeführt:

Bei Untersuchung des Schlammes nach der Elster und Geitel'schen Methode betrug das Mass der durch 125 Gramm hervorgerufenen Ionisation stündlich 2 Volt. Dieses Resultat ist wohl kaum beachtenswert; allein wie die im Zuge befindlichen Untersuchungen zeigen, ist diese Methode im vorliegenden Falle nicht geeignet auch nur einen annähernden Wert zu liefern».

Bei Bestimmung des Wassers nach der Methode, die von Mayer und Mache zur Bestimmung der Radioactivität des Karlsbader, Marienbader und anderer Mineralwasser angewendet wird, hat die durch die in einem Liter Wasser gelöste Emanation ionisierte Luft einen Elektroskop pro 15' 10<sup>6</sup> Volt entsprechend gefällt; hievon beträgt der Sättigungsstrom (bei einer Kapazität des Apparates von 16'3) in elektrischen Einheiten ausgedrückt  $i \times 10^3 = 0.64$ .

Die Leitfähigkeit der durch einen Liter Gas ionisierten Luft war  $\frac{\text{in Volt}}{\text{pro 15 Minuten}} = 256.4$ , davon  $i \times 10^3 = 15.4''$ .

Im Sinne des Beschlusses des im Herbst v. J. in Brüssel abgehaltenen internationalen radiologischen Kongresses müsste ich die Grösse der Radioactivität der Produkte heute schon in Curies oder Millicuries ausdrücken. (1 Curie = der einem Gramm Radium das Gleichgewicht haltenden Quantität Emanation.) Die Präparate, die im Sinne des Kongressbeschlusses als Einheit dienen sollen, sind noch nicht fertiggestellt. Die in obiger Weise ausgedrückten Daten können zwar umgerechnet werden,<sup>2</sup> dazu ist jedoch die Kenntnis der Dimensionen des Apparates notwendig, welche bezüglich der bei diesen Untersuchungen verwendeten Apparate nicht festgestellt werden können. Ich halte das übrigens im vorliegenden Falle für unwesentlich, nachdem wir bei den meisten der in dieser Richtung bisher untersuchten natürlichen Wasser die Radioactivität in der obigen Weise ausgedrückt finden; wengleich also diese Daten keinen Anspruch darauf erheben können, exakten Vergleich mit wissenschaftlichen Untersuchungen als Grundlage zu dienen, so sind sie doch heute noch am meisten zu einem Vergleich mit solchen natürlichen Wassern geeignet, die mit ähnlichen Apparaten nach diesem Gesichtspunkte untersucht wurden.

Aus den mitgeteilten Ziffern geht hervor, dass das Wasser, obgleich seine Radioactivität grösser ist als diejenige der gewöhnlichen Quellwässer, nicht zu den stärker activen Wassern gehört. Das ist übrigens begreiflich, denn wenn die Emanation auch in grösserer Menge gelöst wäre, würde es infolge seiner höheren

<sup>1</sup> Wien, Ber. 114. Abt. II, a. p. 355. 1905.

<sup>2</sup> DUANE et LABORDE: Sur les mesures quantitatives de l'émanation du radium. Le Radium. 1910. S. 162.

Temperatur und weil es nach seinem Austritt aus der Quelle sich sogleich in einem grossen See verbreitet, seinen Inhalt an Emanation rasch verlieren.

Auffallend ist jedoch die ziemlich starke Radioactivität des aus dem Wasser sich entwickelnden Gases, welche der durchschnittlichen Radioactivität der von Mayer und Maché untersuchten, aus böhmischen Mineralwassern in der Nähe von Radiumlagern hervorbrechenden Gase ähnlich ist.

Die Radioactivität des Schlammes schien bei meiner ersten Messung ausserordentlich gering; doch in Anbetracht, dass die aus dem Wasser aufsteigenden Gase nicht aus der Quelle kommen, sondern aus dem Schlamm sich entwickeln und dass das Wasser ziemlich schwach activ ist, war es offenbar, dass die Methode, nach welcher die Radioactivität des Schlammes bestimmt wurde, nicht einmal einen annähernden Wert ergibt.

An dem II. chemischen Institut der Universität Budapest hat sich ÁRPÁD HAJDU mit der Vergleichung der zur Bestimmung der Radioactivität der Schlämme empfohlenen verschiedenen Methoden beschäftigt<sup>1</sup> und hat gefunden, dass er das beste Resultat erhält, wenn er den zu bestimmenden Schlamm mit Salzsäure auskocht und die Activität dieser Lösungen bestimmt.

ÁRPÁD HAJDU hat jedesmal 100 Gramm Schlamm mit Salzsäure ausgekocht, hat die Lösungen in geschlossenem Gefäss einen Monat stehen lassen und dann Luft hindurch geblasen oder die über der Lösung befindliche Luft in den Apparat gepumpt und die Leitfähigkeit derselben bestimmt. Seine über den Hévíz-Schlamm mitgeteilten Daten sind folgende:

	Volt $\frac{15'}{15'}$ bei Durchblasung der Luft		Volt $\frac{15'}{15'}$ bei Einpumpung der über der Lösung befindlichen Luft in den Apparat	
	I.	II.	I.	II.
Hévíz-Schlamm . . . .	75·5	55·98	65·9	54·19
Fango-Schlamm . . . .	31·15		27·58	

Aus den weiter oben mitgeteilten und aus anderen Daten ÁRPÁD HAJDU'S geht hervor, dass man durch Auskochen des Schlammes mit Salzsäure dem Schlamme den activen Stoff nicht gänzlich extrahieren kann; das ist die Ursache davon, dass die Activität der parallel hergestellten Lösungen nicht gleichmässig ist; soviel ist aber ersichtlich, dass die Activität des Schlammes ziemlich gross erscheint, beiläufig zweimal so gross als die des durch seine Radioactivität allgemein bekannten Fango-Schlammes.

Welchem Körper die Radioactivität entstammt, das ist eine Frage, zu deren Lösung das aus dem Schlamme sich entwickelnde Gas am besten geeignet wäre. Mit dem Gas hätte man aber nur an Ort und Stelle experimentieren können. Die dortigen Verhältnisse waren dazu nicht geeignet. Darum habe ich zur Feststellung dieses Umstandes die aus der Salzsäure-Lösung des Schlammes gewonnene Emanation benützt.

<sup>1</sup> Über die Bestimmung der Radioactivität von Schlämmen; Dissertation aus dem II. chemischen Institute der Budapester kön. ung. Universität.

Da der anfangs gebrauchte Apparat wenig empfindlich war, konnte ich nicht daran denken, das übliche Verfahren anzuwenden, um die Zersetzungsgeschwindigkeit des radioactiven Niederschlages festzustellen, sondern war bestrebt, die Zersetzungsgeschwindigkeit der Emanation festzustellen. Die in den Apparat eingelassene Emanation verlor in beiläufig 2·8 Tagen die Hälfte ihrer Activität. Die halbe Zeit der Zersetzung der Emanation des Radiums beträgt 3·8 Tage. Dieser Umstand weist also darauf hin, dass hier neben der Radium-Emanation auch ein rascher sich zersetzender radioactiver Körper vorhanden ist. Die Thorium-Emanation verliert die Hälfte ihrer ursprünglichen Activität in 54 Sekunden; dieses hat daher, selbst wenn es vorhanden wäre, — da die Messung der Zersetzungsgeschwindigkeit der Emanation erst einige Stunden nach dem Eintritt in den Apparat begann, — durchaus keine Störung verursacht; aber das Produkt desselben, das Thorium *B* hat eine Periode von 11 Stunden und so konnte angenommen werden, dass dieses vorhanden ist. Um dies festzustellen, habe ich die aus der Lösung des Schlammes ausgeschiedenen Niederschläge untersucht, um zu erfahren, ob ich unter diesen einen Körper erhalten kann, dessen radioactives Verhalten von jenem des Radiums verschieden wäre. Doch haben meine Versuche mit einem negativen Resultat geendet.

Um meine ersten Versuche zu kontrollieren, habe ich einen empfindlicheren Apparat konstruiert, schon aus dem Grunde, weil ich eines solchen auch zu meinen anderweitigen Untersuchungen bedurfte.<sup>1</sup> Mit seiner Hilfe bestimmte ich die Zersetzungsgeschwindigkeit des radioactiven Niederschlages der aus der Lösung des Schlammes erhaltenen Emanation und fand, dass derselbe anfänglich schneller, binnen einer Stunde beiläufig mit einer Periode von 28 Minuten seine Activität verliert, dass demnach seine Radioactivität ausschliesslich vom Radium stammt.

Schon in einem früheren Teile dieses Berichtes habe ich erwähnt, dass ich aus einer Salzsäure-Lösung des Schlammes Wismuth gewann, der radioactiv war. Die Activität des Wismuthoxyds ist etwa halb so gross als die des Uranoxyds. Das Vorhandensein einer Emanation habe ich darin nicht feststellen können. Die stärkste Leitfähigkeit beobachtete ich, als die Kondensatorplatten 3—6 cm entfernt von einander standen. Aluminiumplatten in der Stärke von 0·06 mm haben die Strahlen gänzlich verschlungen, insoweit ich es mit dem damals benützten Apparat nachweisen konnte. Diese Daten lassen auf Polonium schliessen. Ob wirklich dieses die Radioactivität des Wismuthoxyds verursacht, ist eine Frage, die ich erst nach längerer Beobachtung hätte entscheiden können. Wenn nämlich die Activität wirklich von Polonium stammt, muss sie binnen 143 Tagen auf die Hälfte der ursprünglichen Activität herabsinken. Leider ist bei der Übersiedelung unseres Institutes, welche gerade zur Zeit jenes Experimentes stattfand, die Platinplatte, auf welcher dieser Körper zum Zwecke der Messung ausgebreitet lag, in Verlust geraten. Zur Wiederholung des Experimentes sind derzeit 44 kg Schlamm in Aufarbeitung, den mittels Schwefelwasserstoffes daraus gewonnenen Niederschlag habe ich bereits gesammelt. Die Wiederholung der Versuche ist derzeit im Zuge.

---

<sup>1</sup> Magyar chemiai folyóirat, 1910. S. 177. Ion. 1910. S. 388.

## IV.

## DIE HEILWIRKUNG DES SEES.

Der Hévízsee ist als Heilbad seit langer Zeit bekannt. Besonders bei Gichtleidenden ist dieses Bad in unzähligen Fällen mit sehr schönem Erfolge gebraucht worden. Die chemische Zusammensetzung des Wassers ist derart, dass wir daraus keineswegs auf eine Heilwirkung schliessen würden. Wir stehen also hier vor einem umgekehrten Problem: nicht der Arzt schliesst aus der chemischen Analyse darauf, in welchen Fällen er von dem Wasser eine Wirkung erwarten darf, sondern wir müssen zu erforschen trachten, wieso die nachgewiesene Heilwirkung des Wassers zu erklären ist.

Die Heilwirkung der Schlammbäder wird zum Teil der Wärme-Isolierfähigkeit des Schlammes zugeschrieben.

Der Schlamm des Hévízsees bildet einen vortrefflichen Wärme-Isolator schon wegen seiner torfigen Natur, weiterhin aber, weil die den Boden des Sees bedeckende leichte, lockere Masse sogleich den ganzen Körper des in das Bad Eintretenden bedeckt; diese Isolationsfähigkeit kann jedoch im gegenwärtigen Falle kaum von wesentlicher Bedeutung sein, da ja auch das Wasser warm ist.

Die Wirkung des Schlammes wird auch damit erklärt, dass die darin enthaltenen scharfen Körnchen als Hautreizungsmittel wirken. Der Schlamm des Hévízsees besteht in seinen oberen Schichten — wie bereits erwähnt — aus Partikeln vermorschter Blätter und Hölzer, die mit winzigen Gipskristallen durchtränkt, in seinen unteren Teilen aber mit scharfen Quarzkristallen vermenget sind; es ist daher sehr wohl möglich, dass die Wirkung zum Teil diesen zugeschrieben werden kann.

Welche Wirkung die Radioaktivität bei den verschiedenen Krankheiten ausübt, ist eine Frage, die noch den Gegenstand des Studiums bildet. Der Schlamm des Hévízsees übertrifft in dieser Hinsicht sämtliche bisher als solche angewendeten Schlammabsätze und wenn die Radioaktivität als Heilfaktor in Betracht kommt, dann hat dieser Schlamm noch einen besonderen Vorzug, der von dem Gesichtspunkte der Untersuchung ein Nachteil war, und zwar: dass er die Radium-Emanation in grossem Masse gebunden hält. Die Strahlfähigkeit der radiumhaltigen Körper stammt nämlich nur zu einem Viertel unmittelbar vom Radium, zu drei Vierteln haben sie diese Fähigkeit den Produkten des Radiums zu verdanken. Bei der Messung der Radioaktivität von Schlammprodukten messen wir nach unseren jetzigen Methoden nur die Menge der von dem in ihnen befindlichen Radium produzierten Emanation. Jedenfalls ist die Strahlwirkung eines solchen Schlammes weit grösser, der die Emanation in sich verschlossen hält, so dass sämtliche Produkte der Zersetzung des Radiums darin verbleiben, als die Strahlwirkung eines solchen Schlammes, der die Emanation leicht freigibt.

Zum Schlusse will ich noch auf meine Wahrnehmung zurückkommen, dass der Schlamm, sowie die Gesteine, aus welchen die Quelle entspringt, kupfer- und wismuthhaltig sind. Zwar sind diese Körper nur in geringer Menge und in solchen Mischungen vorhanden, dass das Wasser sie kaum zu lösen vermag, doch ist es immerhin wahrscheinlich, dass eine minimale Menge dieser Körper von da auch in

das Wasser gelangt. Ob eine solche schier verschwindend geringe Menge dieser Körper auf den menschlichen Organismus eine Wirkung übt, das ist eine Frage, von der ich nicht weiss, ob sie studiert wurde. Es ist dies nicht meine Aufgabe, ich will nur die Aufmerksamkeit der Fachkreise auf sie lenken, umsomehr, weil nach unseren Untersuchungen Spuren von Kupfer in verschiedenen Organismen häufiger gefunden wurden. Dass die Kupferverbindungen auf den Pflanzenorganismus nicht bloss als Gift wirken und folglich die Annahme nicht unbegründet ist, dass die im Schlamm und aller Wahrscheinlichkeit nach auch im Wasser vorhandene minimale Menge dieser Verbindungen einen Heilfaktor dieses Bades bilden können, das will ich mit folgendem, aus dem Werke «Die Nahrung der Pflanzen» von ALEXANDER MÁGOSI-DIETZ entnommenen Zitate bekräftigen: «Auch in anderer Hinsicht wirken die entbehrlichen aschebildenden Teile anregend; im besondern hat man die Wahrnehmung gemacht, dass infolge der Berieselung mit Kupfermischungen, wie sie zum Schutze gegen Pilze und auch gegen kleine Parasiten angewendet werden, die mit der Kupfermischung in Berührung kommenden Pflanzenteile sich lebhafter entwickeln und eine frischere grüne Farbe annehmen. Und doch ist das hiebei angewandte Kupfersulfat für die Pflanzen ein sehr starkes Gift; wissen wir doch, dass das in der Wasserkultur befindliche Kupfersulfat noch in einer Verdünnung von 1 : 250.000,000 selbst das Meergras und die Bohne zerstört». Und eine andere Stelle: «Das sind die sogenannten Reizungsstoffe, wie Mangan, Kupfer, Zink, von welchen eine geringe Menge den Stoffwechsel befördert, während eine etwas grössere Menge schon wie Gift wirkt».

Schliesslich will ich noch erwähnen, dass das Wasser auch einen schwachen Gehalt an Schwefelwasserstoff besitzt und dass dieser nicht aus der Quelle stammt, sondern — wie das Sumpfgas — sich im Wasser bildet; solche in Entstehung begriffene Mischungen müssen ganz andere chemische und physiologische Wirkungen haben, als die einfachen, schon in chemischem Gleichgewichte befindlichen Lösungen.

\* \* \*

Meine Experimente habe ich in dem II-ten Chemischen Institute der Budapester kgl. ung. Universität vorgenommen. Nach Abschluss meiner Arbeit kann ich es nicht unterlassen, meinem geliebten Professor und Chef Herrn Dr. BÉLA LENGYEL meinen aufrichtigen Dank auszudrücken für die hingebende Unterstützung, die er im ganzen Verlaufe meiner Arbeit mir zuteil werden liess.

---

BERICHT ÜBER DIE UNTERSUCHUNGEN  
AM HÉVÍZSEE

VON

DR. RICHARD WINDISCH

PROFESSOR DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN AKADEMIE IN KESZTHELY.



JULIUS VON WESZELSZKY ist schon seit längerer Zeit damit beschäftigt, das Warmwasser des in der Nähe der Stadt *Keszthely* gelegenen Hévíz-Bades und die Produkte des Sees — Gase und Schlamm — chemisch zu untersuchen. Im Laufe seiner Untersuchungen erwies es sich als wünschenswert, die Zusammensetzung des Seewassers nicht bloss aus Wasserproben, die an verschiedenen Punkten des Sees geholt wurden, festzustellen, sondern solche Untersuchungen längere Zeit hindurch weiterzuführen. Diese Untersuchungen unternahm Dr. RICHARD WINDISCH, Professor der landwirtschaftlichen Akademie in *Keszthely*, dem es nicht schwer fiel, die zu den Untersuchungen erforderlichen einzelnen Wasserproben zu sammeln und der die sachgemässe Analyse in dem chemischen Laboratorium der *Keszthelyer* landwirtschaftlichen Akademie durchführen konnte.

Der Autor hat in den einzelnen Wasserproben die Menge sämtlicher festen Reste: des Kalkes, Magnesiums und Chlors bestimmt. Der Autor hat die einzelnen Wasserproben — mit Ausnahme der zwei ersten und der letzten — bei jeder Gelegenheit persönlich aus dem Hévízsee geschöpft. Die weiter oben nachgewiesenen Bestandteile wurden gleichfalls von ihm bestimmt.

Die laufende Zahl der bei der Untersuchung benützten einzelnen Wasserproben, Zeitpunkt und Ort der Wasserentnahme sind in der hier folgenden kleinen Zusammenstellung nachgewiesen:

1. Am 8. November 1908. Durch einen Taucher aus einer Tiefe von 12 Metern geholte Wasserprobe.

2. Am 8. November 1908. Durch einen Taucher aus einer Tiefe von 18 Metern geholte Wasserprobe.

3. Am 8. Dezember 1908. Bei der ersten Treppe des Badehauses, neben dem Tremplin, an der Oberfläche des Sees geschöpfte Wasserprobe.

4. Am 8. Dezember 1908. Links von dem bei dem grossen Gasthause gelegenen Eingang etwa sechs Meter entfernt, vom Ufer etwa vier Meter entfernt, an der Oberfläche des Sees geschöpfte Wasserprobe.

5. Am 23. Januar 1909. Wie Probe Nr. 3.

6. Am 23. Januar 1909. Wie Probe Nr. 4.

7. Am 20. Februar 1909. Wie Probe Nr. 3.

8. Am 20. Februar 1909. Wie Probe Nr. 4.

9. Am 20. März 1909. Unmittelbar über der Quelle, an der Oberfläche des Sees geschöpfte Wasserprobe.

1. Tabelle.

## Untersuchung der gesam-

Laufende Zahl	Nummer der Analyse	Jahr, Monat und Tag der Wasserprobeentnahme	Ursprung der Wasserprobe	Fester Rückstand bei 160 C° bis zum stabilen Gewicht berechnet
1	47	Am 8. November 1908	durch einen Taucher aus 12 Meter Tiefe geholtes Wasser, $\frac{1}{2}$ Liter	100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0443 Gramm
2	48	Am 8. November 1908	durch einen Taucher aus 18 Meter Tiefe geholtes Wasser, 1 Liter	100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0447 Gramm
3	106	Am 8. Dezember 1908	bei der ersten Treppe neben dem Tremplin geschöpft	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0411 Gramm 0'0459 »
4	107	Am 8. Dezember 1908	links vom Eingang des grossen Gasthauses ca. 6 Meter und vom Ufer ca. 4 Meter entfernt geschöpfte Probe	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0459 Gramm 0'0462 »
5	128	Am 23. Januar 1909	wie Nro. 3	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0430 Gramm 0'0452 »
6	129	Am 23. Januar 1909	wie Nro. 4	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0450 Gramm 0'0456 »
7	184	Am 20. Februar 1909, zwischen 1—2 Uhr Nachmittag	wie Nro. 3	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0453 Gramm 0'0459 »
8	185	Am 20. Februar 1909	wie Nro. 4	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0451 Gramm 0'0453 »
9	223	Am 20. März 1909, zwischen 8—9 Uhr Morgens	unmittelbar über der Quelle geschöpft	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0457 Gramm 0'0460 »
10	224	Am 20. März 1909, zwischen 8—9 Uhr Morgens	unmittelbar bei dem Röhricht gegen Szentandrás geschöpft	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0442 Gramm 0'0449 »
11	90	Am 14. Februar 1910	auf der nach dem grossen Gasthaus gelegenen Seite des Sees vom Badepächter geschöpft	100—100 cm <sup>3</sup> ergaben : 0'0449 Gramm 0'0460 » 0'0465 »

melten Wasserproben.

CaO	MgO	Chlor
<p>100 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0132 gr. CaO = 0·00942 gr. Ca</p> <p>50 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0075 gr. CaO = 0·00535 gr. Ca</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0248 gr. CaO = 0·01770 gr. Ca 0·0274 gr. CaO = 0·01957 gr. Ca 0·0257 gr. CaO = 0·01835 gr. Ca 0·0261 gr. CaO = 0·01864 gr. Ca</p>	<p>100 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0163 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·00587 gr. MgO = 0·00352 gr. Mg</p> <p>50 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0088 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·00316 gr. MgO = 0·00189 gr. Mg</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0313 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01127 gr. MgO = 0·00676 gr. Mg 0·0319 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01147 gr. MgO = 0·00688 gr. Mg 0·0323 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01163 gr. MgO = 0·00697 gr. Mg 0·0313 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01127 gr. MgO = 0·00676 gr. Mg</p>	<p>wurde nicht bestimmt</p> <p>wurde nicht bestimmt</p>
<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0231 gr. CaO = 0·01650 gr. Ca 0·0241 gr. CaO = 0·01721 gr. Ca</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0251 gr. CaO = 0·01792 gr. Ca 0·0246 gr. CaO = 0·01757 gr. Ca</p>	<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0315 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01134 gr. MgO = 0·00680 gr. Mg 0·0317 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01141 gr. MgO = 0·00684 gr. Mg</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0312 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01123 gr. MgO = 0·00673 gr. Mg 0·0315 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01134 gr. MgO = 0·00680 gr. Mg</p>	<p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0861 gr. AgCl = 0·02128 gr. Cl 0·0853 gr. AgCl = 0·02108 gr. Cl</p> <p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0848 gr. AgCl = 0·02096 gr. Cl 0·0848 gr. AgCl = 0·02096 gr. Cl</p>
<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0261 gr. CaO = 0·01864 gr. Ca 0·0262 gr. CaO = 0·01871 gr. Ca</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0245 gr. CaO = 0·01750 gr. Ca 0·0241 gr. CaO = 0·01721 gr. Ca</p>	<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0324 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01167 gr. MgO = 0·00700 gr. Mg 0·0323 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01163 gr. MgO = 0·00697 gr. Mg</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0319 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01147 gr. MgO = 0·00688 gr. Mg 0·0317 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01141 gr. MgO = 0·00684 gr. Mg</p>	<p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0843 gr. AgCl = 0·02083 gr. Cl 0·0855 gr. AgCl = 0·02113 gr. Cl</p> <p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0857 gr. AgCl = 0·02118 gr. Cl 0·0863 gr. AgCl = 0·02133 gr. Cl</p>
<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0245 gr. CaO = 0·01750 gr. Ca 0·0251 gr. CaO = 0·01792 gr. Ca</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0252 gr. CaO = 0·01800 gr. Ca 0·0259 gr. CaO = 0·01850 gr. Ca</p>	<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0326 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01174 gr. MgO = 0·00704 gr. Mg 0·0323 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01163 gr. MgO = 0·00697 gr. Mg</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0327 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01177 gr. MgO = 0·00706 gr. Mg 0·0326 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01174 gr. MgO = 0·00704 gr. Mg</p>	<p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0830 gr. AgCl = 0·02051 gr. Cl 0·0852 gr. AgCl = 0·02106 gr. Cl</p> <p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0830 gr. AgCl = 0·02051 gr. Cl 0·0845 gr. AgCl = 0·02088 gr. Cl</p>
<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0253 gr. CaO = 0·01807 gr. Ca 0·0239 gr. CaO = 0·01707 gr. Ca</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0247 gr. CaO = 0·01764 gr. Ca 0·0263 gr. CaO = 0·01878 gr. Ca</p>	<p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0320 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01152 gr. MgO = 0·00691 gr. Mg 0·0323 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01163 gr. MgO = 0·00697 gr. Mg</p> <p>200—200 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0317 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01141 gr. MgO = 0·00684 gr. Mg 0·0314 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·01131 gr. MgO = 0·00678 gr. Mg</p>	<p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0843 gr. AgCl = 0·02083 gr. Cl 0·0834 gr. AgCl = 0·02061 gr. Cl</p> <p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0835 gr. AgCl = 0·02064 gr. Cl 0·0836 gr. AgCl = 0·02066 gr. Cl</p>
<p>500—500 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0603 gr. CaO = 0·04307 gr. Ca 0·0613 gr. CaO = 0·04378 gr. Ca</p>	<p>500—500 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0759 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·02733 gr. MgO = 0·01639 gr. Mg 0·0781 gr. Mg<sub>2</sub> P<sub>2</sub> O<sub>7</sub> = 0·02813 gr. MgO = 0·01687 gr. Mg</p>	<p>1000—1000 cm<sup>3</sup> ergaben: 0·0864 gr. AgCl = 0·02135 gr. Cl 0·0880 gr. AgCl = 0·02175 gr. Cl</p>

II. Tabelle.

Resultate der Untersuchung des Hévízsee-Wassers.

In je 1000 cm<sup>3</sup> Wasser sind vorhanden:

Nummer der Proben	Fester Rückstand bei 160° getrocknet	CaO	Ca	MgO	Mg	Cl	
Probe Nummer 1 . . . . .	0.4430 gr.	0.1410 gr.	0.1007 gr.	0.06105 gr.	0.0366 gr.	—	
» . . . . .	0.4470 »	0.1300 »	0.0928 »	0.05709 »	0.0342 »	—	
» . . . . .	0.4350 »	0.1180 »	0.0842 »	0.056911 »	0.0341 »	0.02118 gr.	
» . . . . .	0.4605 »	0.1243 »	0.0887 »	0.056461 »	0.0338 »	0.02096 »	
» . . . . .	0.4410 »	0.1310 »	1.0935 »	0.058262 »	0.0349 »	0.02098 »	
» . . . . .	0.4530 »	0.1205 »	0.0860 »	0.057296 »	0.0343 »	0.02125 »	
» . . . . .	0.4560 »	0.1240 »	0.0885 »	0.058440 »	0.0350 »	0.02078 »	
» . . . . .	0.4520 »	0.1277 »	0.0912 »	0.05880 »	0.0352 »	0.02070 »	
» . . . . .	0.4585 »	0.1230 »	0.0878 »	0.057902 »	0.0347 »	0.02072 »	
» . . . . .	0.4450 »	0.1275 »	0.0910 »	0.056821 »	0.0340 »	0.02065 »	
» . . . . .	0.4585 »	0.1216 »	0.0868 »	0.05547 »	0.0332 »	0.02155 »	
Durchschnitt der gesamten Werte . . . . .	0.4538 gr.	0.1241 gr.	0.0886 gr.	0.05668 gr.	0.0340 gr.	0.02123 gr.	
Kleinster Wert . . . . .	0.4350 gr.	0.1180 gr.	0.0842 gr.	0.05547 gr.	0.0332 gr.	0.02065 gr.	
Grösster Wert . . . . .	0.4605 »	0.1410 »	0.1007 »	0.06105 »	0.0366 »	0.02155 »	

Die zur Berechnung benutzten Faktoren:

$$CaO \times 1.7143 = Ca$$

$$Mg_2 P_2 O_7 \times 0.306 = MgO$$

$$MgO \times 0.6 = Mg$$

$$AgCl \times 0.2472 = Cl$$

10. Am 20. März 1909. Am Rande des gegen Szentandrás gelegenen Röhrichts, unmittelbar an der Oberfläche des Sees geschöpfte Wasserprobe.

11. Am 14. Februar 1910. Vom Badepächter auf der nach dem grossen Gasthause gelegenen Seite des Sees geschöpfte Wasserprobe.

Zur Bestimmung sämtlicher festen Reste habe ich je 100 cm<sup>3</sup> Wasser in Platinschalen auf einem Wasserbade eingetrocknet und den Rest bei 160° C bis zu einem stabilen Gewichte getrocknet. Die Menge des Kalkes und des Magnesiums habe ich in 200, bez. 100 cm<sup>3</sup> Wasser, die Menge des Chlors in je 1000 cm<sup>3</sup> Wasser bestimmt. Das Calcium bestimmte ich als Oxyd, das Magnesium als Pyrophosphat, das Chlor als Silberchlorid.

In jeder einzelnen Wasserprobe habe ich jeden bestimmten Bestandteil mindestens zweimal bestimmt; die mitgeteilten Werte sind die Durchschnittswerte gut übereinstimmender doppelter Feststellungen. Eine Ausnahme bildeten die Wasserproben Nr. 1 und 2, deren Gesamtmenge nur ein halber, bez. ein Liter war. Deshalb habe ich bei diesen sämtliche festen Rückstände nur einmal in je 100 cm<sup>3</sup> Wasser bestimmt. In der Wasserprobe Nr. 1 wurde die Menge des Calciums und des Magnesiums in 100 und in 50 cm<sup>3</sup> Wasser bestimmt. In der Wasserprobe Nr. 2 habe ich den Calcium- und Magnesiumgehalt in je 200 cm<sup>3</sup> Wasser insgesamt viermal festgestellt. Zu zwei Feststellungen habe ich nur abgeklärtes, durch zwei Filterpapiere filtriertes Wasser genommen.

Die Menge des Chlors habe ich weder bei der Probe Nr. 1, noch bei der Probe Nr. 2 bestimmt. Zur Analyse der Proben Nr. 3—11 habe ich das Wasser durch Papier filtriert.

Die quantitative Bestimmung des Chlors<sup>1</sup> geschah nach dem von ALEFELD verbesserten Verfahren. Dieses Verfahren habe ich an einem anderen Orte ausführlich geschildert.

Bei der Untersuchung der Wasserprobe Nr. 11 habe ich zur Bestimmung sämtlicher festen Reste je 100 cm<sup>3</sup>, zur Bestimmung des Calciums und des Magnesiums je 500 cm<sup>3</sup>, zur Bestimmung des Chlors je 1000 cm<sup>3</sup> Wasser benützt. Dieser letztere Bestandteil ist auch bei der Untersuchung der übrigen Proben in ebensoviel 1000 cm<sup>3</sup> Wasser bestimmt worden. Das ausführliche Resultat der Untersuchungen der einzelnen Wasserproben ist in der beiliegenden grösseren Tabelle zu finden.

Die endgiltigen Durchschnittsergebnisse, ebenso die kleinsten und die grössten Werte sind in der weiter unten folgenden Tabelle in übersichtlicher Gruppierung verzeichnet.

---

<sup>1</sup> S. «Kísérletügyi Közlemények» J. 1909. 12. Bd. S. 548—550.

## INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
Einleitung . . . . .	3
I. Das Wasser des Sees . . . . .	4
II. Der Schlamm des Seegrundes . . . . .	14
III. Die Radioaktivität des Sees . . . . .	20
IV. Die Heilwirkung des Sees . . . . .	23
Bericht über die Untersuchungen am Hévízsee, von Dr. RICHARD WINDISCH . . . . .	25

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1\\_6](#)

Autor(en)/Author(s): Weszelszky Julius von

Artikel/Article: [Chemische Untersuchung der Produkte des Hevizsees bei Keszthely 1-31](#)