

ÜBER DIE UNGARISCHEN
WARMEN UND HEISSEN KOCHSALZSEEN
ALS NATÜRLICHE WÄRME-ACCUMULATOREN,
SOWIE ÜBER DIE HERSTELLUNG VON WARMEN SALZSEEN
UND WÄRME-ACCUMULATOREN.

VON

ALEXANDER V. KALECSINSKY

CHEF-CHEMIKER DER K. UNG. GEOLOGISCHEN ANSTALT.

BUDAPEST.

1901.

Nordwestlich von den bekannten Salzfeldern von Parajd (Salzwerk im Comitate Udvarhely in Siebenbürgen) liegt 6 Kilometer oder eine Stunde weit die Ortschaft *Szováta* an der westlichen Grenze des Comitates Maros-Torda; N. B. $42^{\circ} 44'$, O. L. $46^{\circ} 45'$. Am Ende der Ortschaft existirt ein primitives Salzbad und nordöstlich von diesem der seit altersher bekannte Salzlücken (Sóhát). Dieser Salzlücken ist ein von kleinen Bächen durchzogenes grösseres Salzgebiet von zwei vollen Stunden im Umfange. An zahlreichen Stellen treten starke Salzquellen zu Tage und bildet das Salz an vielen Punkten 30—50 m hohe, frei dastehende Felsen oder aber ist es bloss von einer dünnen thonigen Erde bedeckt.

Die freistehenden steilen Salzfeldern, welche dem Regen direct ausgesetzt gewesen sind, wurden durchwaschen, wodurch sich äusserst interessante ausgezackte Rücken und Kuppen gebildet haben. An anderen, etwas geschützteren Stellen hingegen entstanden carfiolartig geriefte Felsformationen.

Die Salzmasse ist graulich oder weiss, stellenweise rötlich. In trockener Jahreszeit sind die Salzfeldern und der mit Salz imprägnirte Thon von blendend weisser Farbe. Die Umgebung der Quellen und Bäche ist gleichfalls weiss in Folge der Salzausblühhung des Steinsalzes und so hat es den Anschein, als ob dieselbe eingefroren wäre.

Das Salz wird, wie bereits erwähnt, von einer Erdschichte bedeckt, die aber oft kaum einen Meter mächtig ist. Dieser Boden trägt eine prächtig gedeihende Vegetation, insbesondere Eichenbäume, deren Wurzeln stellenweise beinahe bis zum Salz hinabreichen.

Einige kleine, den Salzlücken durchschneidende Wasserläufe verschwinden unter der Oberfläche, um aber alsbald wieder als Salzquellen zu Tage zu treten und sich in den *Szováta*-Bach zu ergiessen.

Diese Wässer kommen mit dem unterirdischen Salze in Berührung, lösen es auf und geben dadurch Anlass zur Bildung von unterirdischen Kanälen und Hohlräumen, ja selbst von unterirdischen Teichen.

* Vorgetragen vom Verfasser in der Fachsitzung der ung. Geologischen Gesellschaft am 6. November 1901. — Der ung. Akademie der Wissenschaften vorgelegt durch Prof. C. v. THAN in der Sitzung vom 21. Oktober 1901.

Haben die Hohlräume solch einen Umfang erreicht, dass die ihnen aufgelagerte thonige Erde besonders in durchnässtem Zustande ihren Halt verliert, so stürzt diese Oberdecke ein, wie man dies alljährlich im Frühling, nach der Schneeschmelze, oder nach längerem Regen beobachten kann.

Auf diese Art entstanden die zahlreichen trichterförmigen Dolinen des Salzlückens und die Salzseen; so der bereits seit altersher bekannte *Schwarze See*, der *Mogyoróser See* und am Ende der siebziger Jahre der ansehnliche und tiefe *Medve-* oder *Illyés-See*, mit seinen beiden Verzweigungen: dem *Roten See* und dem *Grünen See*. Andere Seen, wie z. B. der *Weisse See*, verschwanden nach längerem Regen.

Diese Salzseen nun suchen am ganzen Continent ihres Gleichen nicht nur bezüglich ihrer Ausdehnung und Concentration der Salzlösung, sondern auch ferner durch jene ihre spezielle Eigenschaft, dass sie zwischen zwei kälteren Wasserschichten warmes bis heisses Wasser einschliessen.

Dies veranlasste mich die Salzseen einem genauen Studium zu unterwerfen und der Ursache nachzugehen, woher und auf welche Art das warmheisse Wasser entstehe, da die bisherigen Erklärungen zum grössten Theile keine befriedigenden Beweise lieferten.

Im Sommer 1901 hatte ich Gelegenheit einige Wochen hindurch die Salzquellen und Salzseen von Szováta gründlich zu studiren, Messungen und andere Beobachtungen anzustellen, und nun ergreife ich die Gelegenheit, um in Folgendem meine Untersuchungen, sowie die daraus erzielten Folgerungen darzulegen.

Der höchstgelegene, grösste, tiefste und zugleich wärmste See ist in Szováta der sogenannte *Medve-See*, so wie die mit ihm, wenigstens während der nassen Jahreszeit, durch ein schmales Rinnsal verbundenen, gleichfalls sehr warmen und tiefen Seen: der *Rote* und der *Grüne See*.

Der *Medve-See* — dessen Form die Ortsbewohner mit einem ausgebreiteten Bärenfell vergleichen — ist von einem schönen Eichenwald — eine Seltenheit auf Salzgebieten — umgeben. Gegen Norden erhebt sich der Cseresnyés Berg, aus dessen Umgebung zwei kleine Süswasserbäche sich in den See ergiessen. Östlich vom See befindet sich das kleine alte Badehaus, unweit einer aus Andesitbreccie bestehenden Felswand; südlich vom See wurden heuer (1901) 9—10 Wannenbäder gebaut, zu deren Speisung das warme Wasser aus der Tiefe des Sees gepumpt wird; daneben befindet sich die mit 20 Kabinen ausgestattete Schwimmschule. Südwestlich erhebt sich der höchste Teil des Salzlückens 563 m, wo an einigen Stellen Salzfelsen sichtbar sind. Gegen Westen befindet sich der Ausfluss des *Medve-Sees*, welcher seit neuester Zeit mittels einer Schleusse regulierbar ist.

Dieser, so wie die obenerwähnten Seen liegen in einer kleinen, von Winden geschützten Vertiefung, in einer absoluten Höhe von etwa 520 m.

Die Fauna und Flora dieser Seen ist eine sehr arme. Bloss in ihrer Oberfläche leben einige kleine Wanzen- und Krebsarten, sowie einige Algen, den Bächen entlang — deren Wasser weniger salzig ist (4—5% Na Cl) — rote und grüne Formen von *Salicornia herbacea*. Die Vegetation kommt des Salzwassers wegen nicht fort, da die mit demselben begossenen Rasenplätze oder Bäume abwelken und schon nach einigen Tagen wie abgebrüht aussehen.

Der Flächeninhalt des Medve-Sees ist rund $11-12,000 \square = 39,270-42,840 \text{ m}^2$, die Tiefe wechselnd: in der Nähe des neuen Badehauses 3·5 m; in der Mitte des Sees 20 m; 20—30 m weit von der Andesitbreccien-Wand dagegen mass man 34 m, welches letzterer der tiefste Punkt des Sees zu sein scheint. In der Nähe des Roten Sees beträgt die Tiefe mehr als 15 m und ebenso unweit des Ausflusses. Die mittlere Tiefe kann man mit zumindestens zehn Meter veranschlagen, wieweil die Tiefenverhältnisse specieller noch nicht erforscht wurden.

Die länglichen zwei Seen, nämlich den Roten und den Grünen See umgeben fast von allen Seiten freistehende, 10—40 m hohe Salzfelten, welche in der Nähe des Roten Sees vordem eine rötliche Färbung besaßen und so dem See seinen Namen gaben. Die Tiefen- und Temperaturverhältnisse waren bisher noch nicht genau bekannt. Man wusste bloss, dass unter der kalten oberflächlichen Wasserschicht sich eine Schicht heissen Wassers befindet.

Am oberen Ende des Roten Sees fand ich in einer Tiefe von ungefähr einem halben Meter (mit dem Arm gemessen) das spezifische Gewicht von 1·068, was einem Gehalte von 9% NaCl entspricht; während in der Mitte des Sees in gleicher Tiefe das spezifische Gewicht 1·062 betrug, also ebenfalls ungefähr 9% Chlornatrium entsprechend.

Unterhalb des Ausflusses des Medve-Sees befindet sich in einer schluchtenartigen Vertiefung der Mogyoróser See, durch welchen der Abfluss des Medve-Sees erfolgt. Das Salzwasser ist in diesem See — wie wir dies später sehen werden — in der Tiefe viel weniger warm.

Die Tiefe dieses, circa 1 Joch grossen Mogyoróser Sees ist unmittelbar neben dem Badehause 1·3 m, in der Mitte über 6 m; im Mittel daher 4—5 m. Der Überschuss des Wassers fliesst in einem Salzgraben an jener Stelle vorbei, wo sich in früheren Zeiten der Weisse See befunden hat, von dessen Badehause noch einige morsche Bretter zu sehen sind. In seinem weiteren Verlaufe wird dieser Salzbach durch einige Salzquellen gespeist, wodurch das Wasser des Baches an Concentration und Salzgehalt bedeutend (bis zu 5%) zunimmt.

Südlich vom höchsten Punkte des Salzlückens und unweit des jüngst

im Jahre 1901 erbauten Gasthauses liegt in einer beträchtlichen Vertiefung der *Schwarze See*, der keinen ständigen Wasserzufluss besitzt, sondern bloß durch Schmelze und Regenwasser gespeist wird. Die Wasseroberfläche ist weniger salzig, die Tiefe 5—6 m, der Flächenraum ungefähr ein Joch.

1879 analysirte Dr. W. HANKÓ das Wasser dieses Sees aus der Tiefe von 1·5 m und gelangte zu folgenden Resultaten: *

	in 1000 G. T. Wasser :	Aequivalent- Gewichts %
Natrium	76·1226	99·02 Na
Calcium	0·3537	0·52 Ca ¹ / ₂
Kalium	0·1824	0·13 K
Magnesium	0·0534	0·13 Mg ¹ / ₂
Lithium	0·0344	0·12 Li
Eisen	0·0165	0·01 Fe ¹ / ₂
Mangan	0·0119	0·01 Mn ¹ / ₂
Chlor	117·8394	99·31 Cl
Kohlensaure Salze {	Carbonium 0·1378	0·68 CO ₃ ¹ / ₂
	Oxygen 0·5512	
Kieselsäure {	Silicium	0·02
	Oxygen	
Summe der Bestandteile	= 195·3311	
Freie u. halb gebundene Kohlensäure	= 0·16676	

Die Bestandteile in Salze umgerechnet :

Na Cl	193·6161
K Cl	0·3484
Li Cl	0·2088
Ca CO ₃	0·8842
Mg CO ₃	0·1869
Fe CO ₃	0·0340
Mn CO ₃	0·0244
Si O ₂	0·0278
Summe der festen Bestandteile	= 195·3306
Halb gebundene und freie Kohlensäure	= 0·1667

Bei meinen Untersuchungen befasste ich mich am meisten mit dem

Medve-See. An fünf Stellen bestimmte ich in verschiedenen Tiefen die Temperatur und das spezifische Gewicht des Wassers und nahm überall Proben, um die einzelnen, besonders aber die Hauptbestandteile des Wassers zu bestimmen. Auf diese Art konnten Längs- und Querprofile vom See construiert werden.

Prof. Dr. A. v. LENGYEL's Analyse über das Wasser des *Medve-Sees* von circa 1 Meter Tiefe, ergab 1897 folgende Resultate:

Positive Bestandteile:

	in 1000 g Wasser sind enthalten:	Aequivalent-Gewichts %
Na	91·23003 g	99·097
Ca	0·60061 "	0·750
Mg	0·07109 "	0·148
Fe	0·00622 "	0·005
		<hr/> 100·000 %

Negative Bestandteile:

Cl	140·70685 g	99·387
Br	0·00759 "	0·002
SO ₄	1·01750 "	0·529
CO ₃	0·09800 "	0·082
		<hr/> 100·000 %
Si O ₂	0·00937 "	
	<hr/> 233·74726 g	

Die Bestandteile zu Salzen umgerechnet.

Die in 1000 g enthaltenen festen Bestandteile:

Na Cl	231·52140 g
Na Br	0·00977 "
Mg Cl ₂	0·28020 "
Ca Cl ₂	0·32003 "
Ca SO ₄	1·44142 "
Ca CO ₃	0·15220 "
Fe CO ₃	0·01287 "
Si O ₂	0·00937 "
	<hr/> 233·74726 g

Da die Temperaturverhältnisse dieser Salzseen sich ganz abweichend verhalten von ähnlichen Verhältnissen anderer Seen, indem unterhalb der kalten Oberfläche die Wasserschichten stets wärmer und wärmer werden und nach Erreichen der Maximalwärme wieder allmählich erkalten, so ist

es nicht möglich, mit einem gewöhnlichen Maximum-Minimum-Thermometer die Temperaturmessung im ganzen Querschnitte vorzunehmen. Die Oberfläche und die allmählich bis zur Maximaltemperatur, z. B. bis 56° C ansteigende Temperatur kann man wol auf die übliche Art messen, aber die unter dem Maximum gradatim abfallenden Temperaturen, z. B. 54° C, ist deshalb nicht möglich mit dem Minimumthermometer zu messen, weil die Einstellung des Thermometers bei einer Lufttemperatur von z. B. 20° C geschah. Mit dem Maximumthermometer ist die Messung ebenfalls nicht thunlich, da das Thermometer bis zum Erreichen der tiefer liegenden 54° C schon mit der Flüssigkeit von 56° C in Berührung kam und deshalb sowol beim Einlassen, als auch beim Herausziehen die höhere Temperatur ganz oder zum Teil angenommen haben kann.

Deshalb bestimmte ich die gradatim sich vermindernde und im Allgemeinen jede Temperatur nicht mit dem Maximum-Minimum-Thermometer, da man dadurch, wie die Probemessungen es zeigten, genaue Daten nicht erhalten konnte, sondern mittels eines gewöhnlichen Thermometers, welches ich in eine dickwandige, grössere Flasche legte und dieselbe mit einem entsprechend schweren Stein beschwerte. Die leere Flasche, in welcher sich das Thermometer befand, schloss ich mit einem Korke, an welchem eine lange Drahtschnur befestigt war. Wenn nun die Flasche in die gewünschte Tiefe hinabgelassen und der Korkverschluss mittels eines leichten Zuges entfernt wird, so verdrängt das Wasser die in der Flasche befindliche Luft. Wenn die Luftblasen bereits alle an die Oberfläche gestiegen sind und wir noch etwa 15 Minuten warten, so hat die mit Wasser gefüllte Flasche und das darin befindliche Thermometer die Temperatur der Umgebung vollkommen angenommen. Ziehen wir nun die Flasche rasch empor und lesen sogleich die Grade ab, so erhalten wir ziemlich genau die Temperatur der betreffenden Tiefe. Da das Glas ein schlechter Wärmeleiter ist und das Wasser in der Flasche ein grösseres Quantum darstellt, so erhalten wir ein hinlänglich genaues Resultat, wenn das Herausziehen und Ablesen des Thermometers rasch geschieht, da eine Abkühlung oder Erwärmung selbst nach Secunden noch nicht bemerkbar ist.

Daraus folgt aber, dass die von Anderen bis jetzt ausgeführten Messungen höchstens bis zur Maximaltemperatur richtig sein können und dass die anderen Werte ungewiss, in der Regel zu hoch sind.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des Wassers geschah auf die Art, dass die aus verschiedenen Tiefen stammenden Wasserproben nach Hause genommen wurden und noch in Szováta — als diese Flaschen die Lufttemperatur (in der Regel 20° C) angenommen hatten — mit einem empfindlichen, noch die dritte Decimalstelle ganz genau zeigenden Areometer gemessen wurden. Es sind also in der Wirklichkeit die angegebenen spec. Gewichte in der warmen-heissen Zone um etwas kleiner.

In den folgenden Tabellen sind die durch meine Untersuchungen resultirenden Durchschnittsdaten enthalten und zwar vom Medve-See, Mogyoróser See und Schwarzen See.

Meter	Medve-See			Mogyoróser See			Schwarzer See		
	t° C	Spec. Gewicht	Na Cl %	t° C	Spec. Gewicht	Na Cl %	t° C	Spec. Gewicht	Na Cl %
Oberfläche	21°	—	—	30°	1·021	3	26°	1·018	2
0·10	—	1·038	5	—	—	—	—	—	—
0·20	—	1·087	11	—	—	—	—	—	—
0·30	—	1·118	15	—	—	—	—	—	—
0·40	—	1·135	18	—	—	—	—	—	—
0·42	39°	—	—	—	1·044	6	—	1·019	2
0·50	—	1·154	20	—	—	—	—	—	—
0·52	45°	—	—	—	—	—	—	—	—
0·62	46°	—	—	—	—	—	—	—	—
0·72	50°	—	—	—	—	—	—	—	—
0·82	52°	—	—	31·5	—	—	27°	—	—
1·00	—	1·176	23	—	1·170	9	—	1·019	2
1·32	56°	—	—	36°	—	—	27°	—	—
1·50	—	1·183	24	37°	1·180	23	—	1·019	2
1·82	53°	—	—	38°	—	—	26°	—	—
2·00	—	1·188	24	—	1·180	23	—	1·021	3
2·32	47°	—	—	37°	—	—	25·5°	—	—
2·50	—	1·188	24	—	1·196	25	—	1·105	14
2·82	40°	—	—	33°	—	—	24°	—	—
3·00	—	1·188	24	—	1·198	26	—	1·140	19
3·32	38°	—	—	28°	—	—	21·5	—	—
3·50	—	1·189	24	—	—	—	—	—	—
3·82	35°	—	—	—	—	—	—	—	—
4·00	—	1·189	24	—	—	—	—	1·167	22
4·32	32°	—	—	—	—	—	17°	—	—
5·00	—	1·196	25	—	1·200	26	—	1·165	22
5·32	30°	—	—	21°	—	—	17°	—	—
6·00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6·32	—	—	—	21°	—	—	—	—	—
7·00	—	1·197	25	—	—	—	—	—	—
7·32	29°	—	—	—	—	—	—	—	—
8·00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8·32	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10·00	—	1·196	25	—	—	—	—	—	—
10·32	23°	—	—	—	—	—	—	—	—
12·00	—	1·194	25	—	—	—	—	—	—
12·32	20°	—	—	—	—	—	—	—	—
14·50	—	1·194	25	—	—	—	—	—	—
41·82	19°	—	—	—	—	—	—	—	—

Aus den hier mitgeteilten Daten, sowie aus der grafischen Darstellung Pag. 22 sehen wir, dass das Wasser des Medve- und Mogyoróser Sees sich von anderen Seen nicht nur durch ihre hochgradige Kochsalzlösung, sondern auch durch ihre abweichenden Temperaturverhältnisse unterscheidet.

Die Temperatur des Wassers an der Oberfläche ist nach der Jahres- und Tageszeit veränderlich, sie stimmt beinahe mit der Lufttemperatur überein (im Sommer 20—30° C), dann steigt sie (obere warme Sprungschichte) mit der Tiefe gradatim, und erreicht beim Medve-See in einer Tiefe von 1·32 m ihr Maximum (55—70° C, — heisse Sprungschichte); von hier an sinkt dann die Temperatur wieder stufenweise (untere warme Sprungschichte) bis zur untersten kalten Schichte (kalte Sprungschichte).

Die heisseste Schichte liegt, schwimmt, also zwischen zwei kalten Flüssigkeitsschichten. Die Mächtigkeit derjenigen Salzsolenschichte, deren Temperatur wärmer als 40° C ist, beträgt beiläufig 2 m.

Was das spezifische Gewicht anbelangt, so ist dasselbe an der Oberfläche, nahe zum Einflusse des kleinen Baches = 1·00, beim Ausflusse wegen der Diffusion und kleinerer Wellenschläge = 1·016 = 2% Na Cl; es ist dies also beinahe Süsswasser. Mit der Tiefe nimmt das spezifische Gewicht gradatim zu und demzufolge auch der procentuelle Gehalt an NaCl.

Bei der Tiefe von 1·32 m ist nicht nur das spezifische Gewicht und der Salzgehalt am höchsten, sondern befindet sich hier auch die grösste Temperatur. Nach dem Erreichen des Maximums ändert sich das spezifische Gewicht und die Concentration kaum, sie sind nur um ein Geringes höher.

Der wärmste ist der Medve-See, weniger warm der Mogyoróser See; der Schwarze See hingegen ist kalt.

Auf der Oberfläche des Mogyoróser Sees liegt eine dickere Schichte einer 2—3%-igen Salzlösung, in einer Tiefe von 0·5 m enthält das Wasser schon 6%, bei 1·0 m 9% und bei 1·5 m 23% Na Cl. Die höchste Temperatur ist bei 1·82 m zubeobachten und ist daselbst bedeutend niedriger (38° C), als im Medve-See.

Beim Schwarzen See endlich enthält das Wasser bis 2 m 2—3% Na Cl und erst bei 3—4 m erreicht die Lösung ihre Concentration. Bei diesem See sehen wir oben keinen warmen Sprung der Temperaturen, die mittlere warme Schichte fehlt vollständig und das Wasser erwärmt sich im Sommer beinahe ebenso, wie das eines jeden anderen homogenen Sees; die Oberfläche ist am wärmsten und von da ab sinkt dann die Temperatur mit der Tiefe.

Es sind über diese warmen Salzseen nur zwei Arbeiten bekannt, die von wissenschaftlichem Standpunkte in Betracht kommen. Die eine stammt aus der Feder des Herrn Prof. Dr. A. v. LENGYEL und behandelt hauptsächlich die chemische Analyse des Wasser,* die andere hat den Chefgeologen, Oberbergrat Herrn L. ROTH v. TELEGD zum Verfasser, der sich

* Der Illyés- (Bären-) See bei Szováta. Földtani Közlöny, Suppl. Bd. XXVIII, Heft 7—9, P. 280.—1898.

mit der Geologie dieser Seen befasste.* Überdies sind einige kleine Mitteilungen vorhanden, deren Temperaturmessungen jedoch nicht immer zuverlässig sind.

Die Ansichten und Vermutungen über die Entstehungsursache der zwischen zwei relativ kalten Flüssigkeitsschichten schwebenden warmen oder heissen Schichten waren bisher sehr verschieden. Die Seen wurden nicht näher und speciell untersucht und somit standen auch sehr wenig zuverlässige Messungen und Analysen zur Verfügung. Die einfachste und allgemein verbreitetste Ansicht war die, dass die warme Salzwasserschichte einen thermalen Ursprung habe. Andere dachten später — nachdem es bereits bekannt wurde, dass die Temperatur mit der Tiefe wieder sinke — an einen chemischen Process, an eine Oxydation von Pflanzenresten, Bitumen, Pyrit u. s. w.

Da mir nunmehr eine genügende Menge von verschiedenen Daten zur Verfügung steht, versuche ich die richtige Erklärung zu geben. Vorerst will ich jedoch die bisher gangbaren Ansichten widerlegen und nachher werde ich selbst versuchen, den Ursprung der hohen Temperatur zu ermitteln.

Die grosse Anzahl der Messungen zeigte, dass sowol das spezifische Gewicht, als auch die Temperatur in einem und demselben See, an dem selben Tage, in entsprechender Tiefe, durch den ganzen See dieselben waren. Die sich hiebei ergebenden nur geringen und untergeordneten Unterschiede sind hauptsächlich den verschiedenen Beschattungsverhältnissen zuzuschreiben, da der eine Teil des Sees sich mehr im Schatten befand, während der andere Teil von der Sonne länger beschienen wurde. Die Verhältnisse zeigen also für die verschiedenen Tiefen die in der Tabelle mitgetheilten Durchschnittsdaten vom 22.—27. Juli 1901.

Weder Andere, noch ich haben bei ihren Temperaturmessungen irgendwo in der Tiefe, bei der Andesitwand oder anderswo eine thermale Quelle constatiren können, obwol zur Lieferung einer so grossen Quantität warmen Salzwassers eine ganz bedeutende Therme angenommen werden müsste. Eine solche würde jedoch auf der Oberfläche kleinere Wellen erzeugen, oder es müssten vibrirende Erscheinungen wahrgenommen werden können, oder aber müsste man eventuell auch emporsteigende Gase erwarten; doch hat niemand derartiges gesehen, trotzdem der grösste und wärmste unter den Seen, der Medve-See, schon mehr als 20 Jahre existirt und der Ort besonders im Sommer ziemlich lebhaft besucht wird.

Wäre hier eine grössere unterirdische warme Quelle mit im Spiele, so müsste sie auch dadurch wahrgenommen werden, dass sich zwischen der einflussenden Wasserquantität der beiden kleinen Bäche und der aus-

* Der Illyés-Teich bei Szováta und seine Umgebung von geologischem Gesichtspunkte. Földtani Közlöny, Suppl. Bd. XXIX, Heft 1—4, P. 130.—1899.

fließenden Wassermenge, mit Berücksichtigung der oberflächlichen Verdunstung, ein bedeutender Unterschied herausgestellt hätte. Es fand aber auch diesbezüglich niemand einen positiven Unterschied. Hätte die warme Schichte einen thermalen Ursprung, so würde es zu den grössten Seltenheiten gehören, dass die warme Schichte in der ganzen Ausdehnung des Sees dieselbe Temperatur beibehielte. Das bisher Erwähnte scheint zwar mit grösster Wahrscheinlichkeit dafür zu sprechen, dass der Ursprung des warmen Wassers kein thermaler sei; ganz positiv bewiesen aber ist dies allerdings noch nicht.

Die Abzapfung eines der Seen gäbe wol den sichersten Beweis, doch wäre dies Verfahren ein zu kostspieliges. Ich fand jedoch unter dem Mogyoróser See einen kleinen Salzsee, respective kleinen Teich, dessen Grösse nicht mehr, als 3—4 Schritte betrug und der von nur 40 cm Tiefe war. Dieser kleine See war an der Oberfläche ebenfalls kalt und mit der Tiefe immer wärmer, er entsprach also vollkommen den übrigen Seen. Die Messungen ergaben folgende Resultate :

	t° C	Spec. Gew.	Na Cl%
Oberfläche :	25°	nahe 1	Süsswasser
Etwas tiefer :	1·110	15%
Mitte :	35°	1·145	19%
Grund (ca. 40 cm tief) :	38°	1·186	24%

Nach den Messungen und mehrtägigen Beobachtungen liess ich diesen Teich abzapfen. Nach dem Abflusse des Wassers konnte ich, trotz der sorgfältigsten Untersuchung, keine warme Quelle entdecken und war auch der Boden bei den angestellten Grabungen nicht wärmer; das von unten herauf langsam empordringende Salzwasser war kalt, eben so das nahe zur Oberfläche zusickernde Süsswasser.

Diese Untersuchung bezeugt daher, dass das warme Wasser des Sees keinen thermalen Ursprung hat; ebenso analog auch beim Medve-See.

Messen wir endlich die Temperaturen nicht nur an demselben Tage, sondern während der verschiedenen Jahreszeiten öfter, so finden wir auch darin einen sicheren Beweis dafür, dass die Wärme der schon öfters genannten Schichte nicht geologischen, d. h. thermalen Ursprunges sei.

So fand ich bei dem Medve-See am 22. Juli 1901 bei der Tiefe von 1·32 m die Maximal-Temperatur = 55°C
 daselbst am 23. Juli = 56°C
 " " 24. " = 57°C
 " " 27. " = 59°C
 " " 31. " = 60°C
 " " 3. August = 63°C

Im Jahre 1898 fand L. ROTH v. TELEGD dieselbe an einer Stelle:

am 22. September	= 66·2° C
“ 23. “	= 67·5° C
“ 24. “	= 69·5° C

Der Eigenthümer L. v. ILLYÉS fand im Jahre 1901 während des Sommers 70—71° C, im Winter, als die obere Süßwasserschichte so stark gefroren war, dass man den ganzen See mit entsprechender Vorsicht überschreiten konnte, die Temperatur unter dem Eise in der entsprechenden Tiefe 30° C.

Nach Abhaltung meines Vortrages in der Fachsitzung der ung. Geologischen Gesellschaft veröffentlichte Kreisnotär Herr K. v. ILLYÉS* einen Artikel, in welchem er folgende Daten seiner mit dem Maximumthermometer angestellten Maximal-Temperaturmessungen mittheilt. Da der genannte Herr mit dem Reaumur-Thermometer mass, stelle ich seinen Messungen die Umrechnung in Celsius-Grade bei.

Die Messungen geschahen immer in der wärmsten Zone an verschiedenen Stellen des Sees und wurde von den 1—2°-ige Schwankungen zeigenden Temperaturen das Mittel genommen.

	R°	C°
14. September 1898	52°	65°
20. “ “	52°	65°
4. Oktober	51°	63·75°
12. “ “	49°	61·25°
30. “ “	46°	57·5°
26. November	41·5°	51·9°
22. Dezember	32°	40°
16. Januar 1899	28°	35°
7. Februar	25°	31·25°
20. “ “	24°	30°
27. “ “	24°	30°
11. März	22°	27·5°
2. April	21°	} Minimum { 26·25°
8. “ “	21°	
14. “ “	23°	28·75°
19. “ “	26°	32·50°
1. Mai	32°	40°
8. “ “	38·5°	48·13°
10. “ “	44°	55°

* In der Nummer vom 13. November 1901 des *Pesti Hirlap* genannten, in Budapest erscheinenden Tageblattes.

Diese Daten sind danach angethan, meine Beobachtungen und Untersuchungen und die daraus abgeleiteten Schlüsse zu unterstützen. Es wäre nur wünschenswert, dass Herr K. v. ILLYÉS seine Temperaturmessungen auch weiter fortsetze.

Nach diesen Untersuchungen und Beobachtungen können wir *mit voller Bestimmtheit, jeden Zweifel ausschliessend sagen, dass die warme und heisse Flüssigkeitsschichte der Szovátaer Salzseen keinen thermalen Ursprung besitze.*

Beurteilen wir jetzt jene Auffassung, wonach diese hohe Temperatur durch chemische Prozesse, durch langsame Verwesung, Verbrennung, Oxydation des Humus, der Pflanzen, der bituminösen Stoffe, des Pyrits u. s. w. hervorgerufen werden würde.

In Anbetracht der riesigen Salzwassermenge, die auf 60° — 70° C erwärmt ist und diese hohe Temperatur bereits mehr als 20 Jahre beibehält, wäre eine sehr grosse Quantität brennbarer Stoffe und zu deren Verbrennung eine noch grössere Menge Sauerstoff, respective Luft notwendig. Diese Quantitäten aber wären einfach enorm.

Wir wissen aber, dass wenn organische Stoffe verbrennen, die Endprodukte immer Wasser und Kohlensäure sind, welch letztere man in den Salzseen oder ausserhalb derselben als Gasexhalationen, oder aber in Form von Säuerlingen vorfinden müsste. Die Untersuchung der aus den Salzseen von verschiedenen Orten und Tiefen entnommenen Proben ergaben jedoch keine bedeutende Quantität von Kohlensäure und kohlen-sauren Salzen. Ausserdem finden wir nirgends freie Kohlensäure, weder in Säuerlingen, noch in Exhalationen, nicht nur nicht in der Nähe der Salzseen, sondern auch in der ganzen Umgegend auf die Entfernung von vielen Kilometern nicht, was also keinesfalls für die Verbrennung grosser Quantitäten von organischen Substanzen spricht. Über die Existenz so grosser Lager brennbarer Substanzen wollen wir gar nicht sprechen.

Auch muss weiters erwogen werden, dass concentrirte Salzlösungen, wie sie die Seen enthalten, auf die möglicherweise in dieselben hineingeratenen Pflanzen- und Tierreste conservirend wirken. Die hineingefallenen Baumstämme und Äste bleiben jahrelang darin erhalten und werden von dem Salzwasser derart imprägnirt, dass ein herausgeholtes Holzstück ein grösseres Gewicht aufweist, wie ursprünglich. Die Blätter der Bäume bleiben im Salzsee vollkommen unversehrt, nur verlieren sie ihr Chlorophyll.

Zur Feststellung dessen, ob z. B. die Oxydation des in der Andesitbreccie vorhandenen Pyrites die hohe Temperatur verursache, untersuchte ich die mitgebrachten Wasserproben auch quantitativ auf ihren Schwefelsäure-Gehalt und fand, dass in den verschiedenen Schichten die auf die trockene Substanz berechnete Quantität der Schwefelsäure dieselbe

(0.4% SO_4) ist und schwefeligsaurer Salze darin überhaupt nicht vorhanden sind.

Alle diese Untersuchungen und Beobachtungen sprechen gegen die Voraussetzung, dass die Oxydation der brennbaren Stoffe die Ursache der hohen Temperatur abgibt.

Nachdem also auf diese Weise gezeigt wurde, dass die Temperatur der warmheissen Salzwasserschichte weder thermalen Ursprunges sei, noch durch die Verbrennung, Oxydation brennbarer Stoffe hervorgerufen wird, wollen wir nun den wirklichen Grund der Erwärmung suchen.

Die Bewohner der Gegend wissen schon lange, dass sowohl der Medve-, als auch der Mogyoróser See sich in den Monaten April und Mai bedeutend intensiver erwärmt, als später, zu Anfang des Sommers, und dass im Herbst die Temperatur abermals steigt. Ziehen wir in Erwägung, dass in den Monaten April und Mai gewöhnlich schönes, sonniges Wetter herrscht und der Tag sehr lang ist, dass sich jedoch später, im Juni und Juli die Sommerregen einstellen, so kommen wir unwillkürlich auf den Gedanken, dass die Sonne, unsere bedeutendste natürliche Wärmequelle, die Ursache der hohen Temperatur sein könnte. Übrigens verwies auch der untersuchte und später abgezapfte kleine warme See auf dieselbe.

Die in verschiedenen Zeiten bewerkstelligten Messungen zeigen uns ferner, dass bei beständigem Wetter und klarem, unbewölktem Himmel, wenn die Sonne genügend hoch steht und lange den See bescheint, die Temperatur des Salzwassers beinahe in allen Schichten unter der Oberfläche, besonders jedoch die Maximal-Temperatur des Sees täglich um circa 1°C steigt, wie dies aus einigen Daten auf P. 12 hervorgeht. Im Winter ist der tägliche Verlust beiläufig 0.1 — 0.2°C .

Die Wahrscheinlichkeit spricht demnach für eine Erwärmung des Wassers durch die Sonne, obwohl dies noch nicht bewiesen ist. Bisher wurde zwar noch nirgends eine 30°C übersteigende Erwärmung der Seewässer constatirt, während die Temperatur einzelner unserer Salzseen 38 — 70° erreicht, was mit dem obigen Erfahrungssatze in Widerspruch zu stehen scheint. Diese ausnahmsweise hohe Temperatur scheint also eine charakteristische Eigenschaft dieser Salzseen zu sein.

Um diese Frage zu entscheiden, stellte ich folgenden Versuch an. Ich liess in thonigem Boden künstliche Teiche von der etwaigen Grösse des auf P. 12. beschriebenen kleinen Salzsees graben; der eine wurde mit Süss-, der andere mit 26%-igem Salzwasser gefüllt, u. zw. so, dass ich eine, unter einem Salzfelzen entspringende Salzquelle (13°C) stundenlang durch den künstlichen Teich laufen liess und dann nach Sonnenuntergang den Einfluss abspernte. Nachdem meine beiden Teiche den ganzen folgenden Tag über von der Sonne beschienen wurden, mass ich nach Sonnenuntergang die Temperatur von beiden mit dem Maximumthermometer und fand,

dass dieselbe sowol auf der Oberfläche, als auch in der Mitte und am Grund in beiden Teichen und in jeder Schichte keine bedeutende Abweichung zeige; sie betrug 28—29°C und verblieb dieselbe während der tagelang angestellten Beobachtungen. Daraus liesse sich folgern, dass die hohe Temperatur auf diese Art weder im Süß-, noch im Salzwasser zustande kommen könne.

Nach diesem negativen Resultat änderte ich die Verhältnisse. Ich füllte jetzt beide am rechten und linken Ufer der Salzquelle, respective des Salzaches befindlichen künstlichen Teiche mit der concentrirten, 26%igen Salzsole; der eine wurde so belassen, auf den anderen wurden vorsichtig 10 Mass Süßwasser gegossen, wodurch ich die Verhältnisse des Medve-Sees nachahmte, auf dessen Oberfläche sich Süßwasser befindet. So lange die Sonne nicht auf die Seen schien, zeigte sich keine Veränderung in der Temperatur, als sie jedoch am nächsten Tag von der Sonne beschienen wurden und ich abends an beiden Seen Temperaturmessungen vornahm, gelangte ich zu folgenden Resultaten. (*W* bezeichnet jenen Teich, auf dessen Oberfläche Süßwasser war, *S* den, der reines Salzwasser enthielt):

	<i>W</i>		<i>S</i>	
	auf der Oberfläche	unten	auf der Oberfläche	unten
23. Juli, v. M. 10 ^h	25	30	25	27
23. " n. M. 6 ^h	26	35	29	29
24. " " "	27	34	28·5	29
25. " " "	28	33	29	29

Auf die Oberfläche der Teiche wurde hierauf frisches Süßwasser gegossen, da dasselbe zum Teil verdunstet war.

	<i>W</i>		<i>W</i>	
28. Juli n. M. 6 ^h	29	36	29	36
29. " " "	28	36	28	36
30. " " "	29	35	29	37

Diese experimentellen Daten führten demnach zu dem überraschenden Resultat, dass — wie ersichtlich — das vorerst eine Temperatur von 13° C aufweisende, reine concentrirte Salzwasser und das reine Süßwasser von der Sonne nur eine 30° C nicht übersteigende Temperatur annahm und diese Temperatur in jeder Schichte beiläufig dieselbe war; während hingegen, wenn auf der Oberfläche des Salzwassers eine Süßwasserschichte vorhanden war, die Temperatur bereits einige cm unter der Oberfläche um 8—9° C stieg, die Wärmeschichte demnach eine ähnliche Lage einnahm, wie im Medve-See.

Dieser Versuch beweist also mit voller Bestimmtheit, dass sich concentrirtes Salzwasser, wenn es von einer specifisch leichteren Süßwasser-

schichte bedeckt und von der Sonne längere Zeit beschienen wird, erwärmt. Daraus können wir nun analoger Weise mit Sicherheit schliessen, dass die mittlere warmheisse Schichte des Medve- und Mogyoróser Sees weder thermalen Ursprungs, noch die Folge eines Oxydationsprocesses ist, sondern ihre Wärme ebenfalls nur von der Sonne erhält.

Aus diesen Daten geht weiters hervor, dass mit dem Verdunsten des auf der Oberfläche schwimmenden Wassers die Temperaturunterschiede der oberen und unteren Flüssigkeitsschichten geringer werden und dass nach dem vollständigen Verdunsten des Süswassers die Differenz — wie ich dies an einem anderen kleinen Teich beobachtete — nach einigen Tagen überhaupt verschwindet. Dieser kleine Teich wies am 13. Juli 1901 oben eine Temperatur von 25°C, unten von 38°C auf. Da ihm kein Süswasser zugeführt wurde und das seinige bis zum 29. Juli grösstenteils verdunstet war, fand ich an diesem Tage oben, wie unten eine Temperatur von 30°C vor.

Zur Erwärmung der Salzseen ist somit, ausser der Sonne, eine auf der concentrirten Salzlösung schwimmende Süswasser- oder schwach salzige Wasserschichte eine wesentliche Bedingung, sie ist die Vermittlerin und dient gleichzeitig als Schutz.

Die Erfahrung lehrt, dass die Temperatur unten um so höher steigt, je grösser die spezifische Gewichts-differenz der beiden Flüssigkeiten ist; mit der Differenz verringert sich auch die Temperatur. Nimmt das obere Süswasser, eventuell die sehr verdünnte Salzwasserschichte an Mächtigkeit zu, so ist dementsprechend die Maximal-Temperatur der mittleren Schichte niedriger, wie dies der Mogyoróser See zeigt.

Ist jedoch die specifisch leichte Schichte über dem concentrirten Salzwasser sehr mächtig, übersteigt sie 2 m, wie beim Schwarzen See, so unterbleibt die Erwärmung der mittleren Schichte beinahe vollständig und das Wasser des Sees erwärmt sich annähernd so, wie in den bisher bekannten Seen.

Unsere Seen sind ein schönes Beispiel dafür, wie geringfügig die Wärmeleitung in Flüssigkeiten ist; kann Wärme in einer Flüssigkeit nicht durch Strömung sich ausbreiten (wie z. B. wenn man Wasser in einem Becherglase über der Flamme erwärmt, wo dann die unten heiss gewordene Flüssigkeit sofort aufsteigt — da sie leichter geworden — und so die Wärme durch das ganze Volum der Flüssigkeit mitteilt), so kann sie überhaupt nicht von der Stelle und es können dann an dem Orte, wo die Wärme in die Flüssigkeit hineingebracht wird, sehr hohe Temperaturen entstehen.

Ich theilte meine Beobachtungen, Untersuchungen und die daraus resultierten Hauptdaten meinem Freunde, Dr. P. LENARD, Prof. der Physik an der Universität zu Kiel, noch anfangs September, vor der Publikation der Arbeit in der ung. Akademie der Wissenschaften mit und bekam von

ihm sogleich eine Antwort, in der er schreibt, dass die Sonnenstrahlung als Wärmequelle zur Erklärung der Erscheinung wirklich vollkommen ausreiche, wie eine kleine Berechnung zeige.

Diese Salzseen werden nun durch die Strahlung der Sonne erwärmt, die von oben ins Wasser dringt. Die Sonnenstrahlen, sichtbare und auch ultrarote zusammengenommen, werden von Wasser und Kochsalzlösung absorbiert, besonders die ultraroten Teile, aber nicht so stark, dass das Eindringen der Strahlen nicht bis zu einer gewissen Tiefe stattfinden könnte. Die Hauptsache ist, dass die Sonnenstrahlen nicht die äusserste Oberfläche der Seen allein erwärmen, sondern eine ganze grosse, dicke Schichte an der Oberfläche. Wäre nun die Flüssigkeit homogen, so würde das Warme nach oben steigen und sich dort immer ansammeln. Die Oberfläche ist aber ein Ort starken Wärmeverlustes durch Verdunstung, wobei ja Wärme verbraucht wird. Jedoch auch ohne Verdunstung wird Wärme an die Luft abgegeben und durch die Luftströmung gleich fortgeführt. Dies ist der Grund, warum in gewöhnlichen Seen und im Meere keine so starke Erhitzung des Wassers resultiert, wie in unseren Salzseen. In diesen Seen ist nun das Salzwasser, welches durch die Verschluckung der Sonnenstrahlen warm wird, durch sein hohes spezifisches Gewicht verhindert aufzusteigen und an den Ort des Wärmeverlustes, die Oberfläche, zu kommen; es kann die tagsüber ihm fortwährend zugeführte Wärme nur durch Leitung nach oben und unten hin weitergeben. Eben die wässerigen Flüssigkeiten leiten jedoch die Wärme schlecht, fast so viel, wie gar nicht und daher ergibt sich die grosse Aufspeicherung der Wärme in der obersten Salzsolenschichte.

Folgende kleine Berechnung zeigt, dass die Erklärung die quantitative Probe gut aushält.

Nach meinen Temperaturmessungen herrscht in der Oberfläche ein Temperaturgefälle von etwa 0.4° C auf jedes cm (21° auf 0.52 m oder 15° auf 0.4 m, was dasselbe). Da nun das Wärmeleitungsvermögen von Wasser und sehr annähernd auch von Kochsalzlösung = 0.0012 Cal. pro cm^2 und Secunde ist, muss durch jedes Quadratcentimeter der Oberflächenschichte hinauswandern die Wärmemenge:

$$0.0012 \times 0.4 = 0.00048 \text{ Calorien}$$

in der Secunde oder 0.03 Cal. pro Minute oder 2 Cal. pro Stunde; *mehr aber nicht.*

Wäre also z. B. die heisse Schichte nur 1 cm dick, so würde sie sich doch nur um 2° in der Stunde durch Leitung abkühlen, wenn nachts die Insolation aufhört.

Nach unten geht sehr viel weniger, weil dort das Temperaturgefälle um Vieles geringer gefunden wurde.

Betrachten wir nun die Wärmezufuhr. Diese beträgt (nach LANGLEY) rund 0·04 Cal. pro Secunde und cm^2 bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlen auf ganz hohen Bergen; im Tiefland etwa die Hälfte davon, 0·02 Cal. Nehmen wir wegen der Schiefe der Strahlen davon nur die Hälfte, 0·01 Cal. und wegen der Nachtzeit wieder bloß die Hälfte = 0·005 Cal. (Die Felswände der Seen dürften durch Reflexion 2 Teile gut machen, was sie durch Beschattung an Insolation entziehen.) Vergleicht man nun die 0·005 Cal. Wärmezufuhr mit dem 0·00048 Cal. Wärmeverlust, so sieht man, dass die Wärmezufuhr etwa 9-mal so gross ist, als der Wärmeverlust und dass die Salzsole auf diese Weise sich bedeutend zu erwärmen im Stande ist.

Erwägen wir nun, dass die spezifische Wärme der concentrirten Kochsalzlösung um Vieles kleiner ist, als die der verdünnten und noch kleiner, als die des Wassers:

Na Cl	t°	spec. Wärme	Beobachter
Bei 24·3%o	18°—20°	0·79159	Winkelmann
« 24·5 «	18°	0·791	Thomsen
« 12·3 «	18°	0·87099	Winkelmann
« 11·5 «	16°—52°	0·8770	Marignac
« 12·1 «	18°	0·8721	Person
« 4·9 «	19°—46°	0·9448	Winkelmann
« 1·6 «	18°	0·9749	Thomsen
Spec. Wärme des Wassers bei 0° = 1·0000			
		20° = 0·9794	
		50° = 0·073	

so ist leicht einzusehen, dass die Salzlösung je concentrirter sie ist, umso weniger Calorien benötigt um sich um 1° zu erwärmen und die Geschwindigkeit der Erwärmung beim Beginn der Sonnenstrahlung, etwa im Frühjahr grösser wird.

Je concentrirter das Salzwasser im Vergleiche zu der auf ihr schwimmenden Süsswasserschichte ist, umso wärmer wird, hauptsächlich durch Absorption, die mittlere Wasserschichte.

Und es scheint, dies sei gleichzeitig der Grund dafür, dass die *Maximal-Temperatur dort liegt — bei 1·32 m — wo das spezifische Gewicht, der Perzentgehalt der Salzlösung am grössten und die spezifische Wärme am geringsten ist.*

Obige Erklärung genügt zwar zum Verständnis der Erscheinung, doch ist nicht ausgeschlossen, dass auch andere Einflüsse zur Erhöhung der Temperatur beitragen. So könnte z. B. die auf der Oberfläche schwimmende Süsswasserschichte als eine Sammellinse gedacht werden, die die Sonnenstrahlen in der Tiefe des Sees sammelt, auch hat die Voraussetzung, dass

die Brechung der Sonnenstrahlen an den gegen die Tiefe immer dichter werdenden Solenschichten zur Erwärmung der Flüssigkeit beitragen, einige Wahrscheinlichkeit für sich.

Da diese Salzseen die Wärme der Sonne in grösserem Masse sammeln und längere Zeit in sich festhalten, müssen diese unsere natürlichen, wie auch die künstlichen Seen als Wärmeaccumulatoren betrachtet werden.

Und ich bezweifle nicht, dass eine derartige Anhäufung und in gewissem Masse *Aufspeicherung* der Sonnenwärme, ausser der concentrirten Kochsalzlösung, auch in anderen Flüssigkeiten und Lösungen möglich ist, wenn die Verhältnisse so gegeben werden, wie sie an unseren Salzseen zu beobachten sind. Zum Studium dieser eigenartigen Erscheinung im Laboratorium kann statt der Sonne eine andere Wärmequelle, z. B. eine elektrische Lampe benützt werden.

In der Literatur kommt eine Beschreibung solcher heisser Salzseen nicht vor, im Prometheus* ist jedoch eine ähnliche Erscheinung kurz besprochen. G. ZIEGLER schreibt nämlich über ein grosses, 5 m tiefes Bassin, das 1872 für die Saline von Miserey in Besançon errichtet und — wie gebräuchlich — nicht gedeckt wurde. Bei Gelegenheit einer Revision bemerkte man, dass die abgelassene Sole eine Temperatur von 44° C aufweise. G. ZIEGLER und ALB. MARCHAND stellten hernach über ein halbes Jahr Temperaturmessungen in dem Bassin an und fanden bei 1·35 m Tiefe eine Maximaltemperatur von 62° C vor. Anderweitige Versuche wurden nicht angestellt und auch die Temperaturmessungen unterblieben später. Die Erwärmung schrieben sie der Sonne zu und gaben der Erscheinung folgende Erklärung: «Diese Aufspeicherung der Sonnenwärme wird ihre Erklärung wesentlich darin finden müssen, dass die Gewichtszunahme der einzelnen Solteilchen durch die Salzanreicherung bei erhöhter Temperatur die Gewichtsabnahme in Folge der Wärmesteigerung übertrifft und daher ein Aufsteigen der warmen Partien, wie dasselbe in den Flüssigkeiten sonst stattfindet, verhindert.» O. LANG** reflektirt in derselben Zeitschrift auf diese Mitteilung und findet die Erklärung nicht entsprechend.

So gelangten wir denn zur Kenntnis eines neuen Phänomens, zu einer neuen Wärmequelle.

Diese in grösserem Masstabe vor sich gehende Anhäufung der strahlenden Sonnenwärme kann heutzutage auch *praktisch verwertet* werden.

In Ungarn, besonders in seinen siebenbürger Teilen, jedoch auch auf anderen Stellen des Continentes, sind mehrere kalte, kleinere und grössere, concentrirte Salzseen vorhanden; würden auf deren Oberfläche genügend

* G. ZIEGLER: An den Herausgeber des Prometheus. 1898. Jahrg. IX, P. 79.

** O. LANG: Absonderliche Temperaturverhältnisse in einem Solbehälter. Prometheus. 1898. P. 325.

wasserreiche Süßwasserbäche geleitet werden, so verwandelte die Sonnenwärme dieselben in gewisser Zeit in warme. Ist nun das Salzwasser sehr concentrirt und die daraufgeleitete Süßwasserschichte nicht all zu mächtig, so wird der See in seiner entsprechenden mittleren Schichte sehr warm sein, sorgen wir jedoch für eine dickere Süßwasserschichte, so wird dementsprechend eine niedrigere Temperatur entstehen.

Wir haben es also in der Hand, die Wärme so zu reguliren, wie wir wollen; zu Badezwecken könnten die warmen, zu anderen Zwecken die heissen Salzseen verwendet werden.

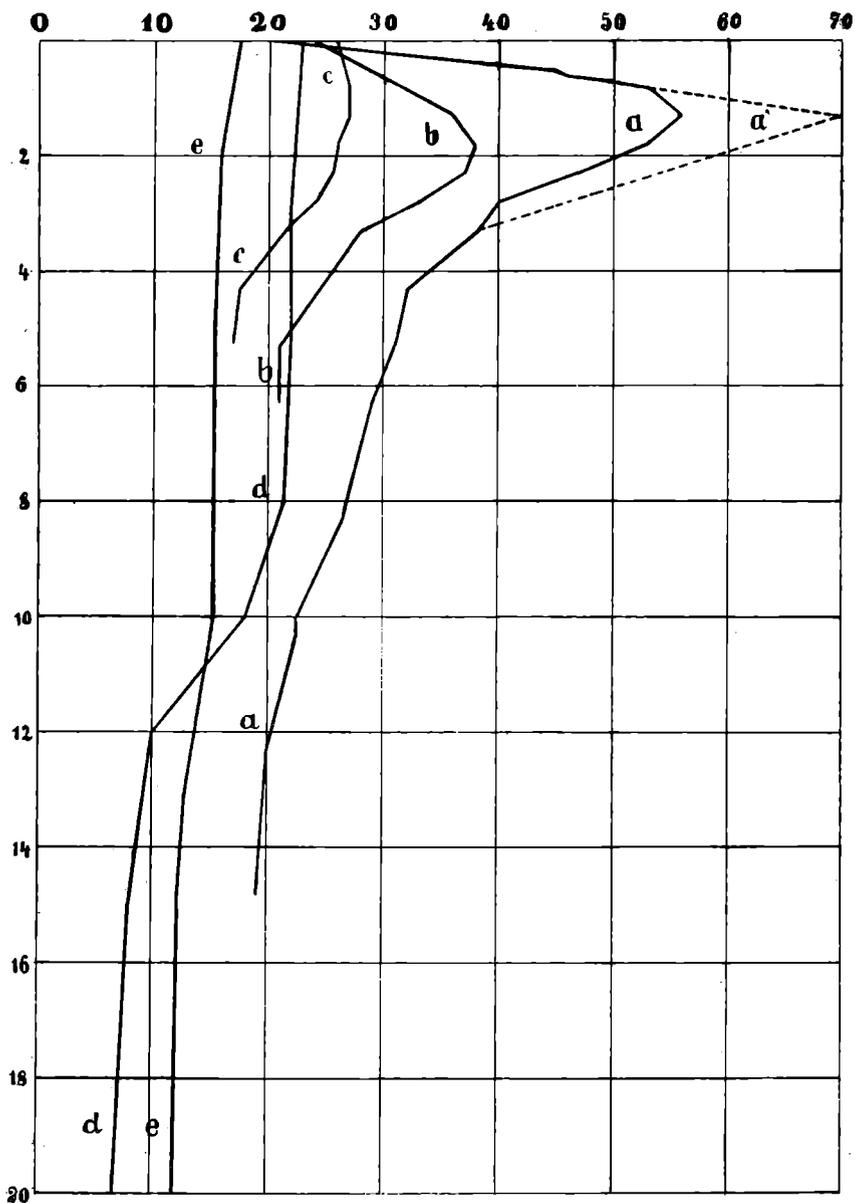
Daraus geht wieder hervor, dass der heisse Medve-See, würden die beiden kleinen Bäche, die sich in ihn ergiessen, also die schützende und vermittelnde Süßwasserdecke weggeleitet, nicht mehr warm verbleiben könnte. Das Regenwasser und Schmelzwasser des Schnees würde zwar zeitweilig eine Süßwasserschichte auf seiner Oberfläche bilden, so dass er sich zu erwärmen vermöchte, jedoch nur auf kürzere Zeit, da nach dem Verdunsten des Regen- oder Schmelzwassers seine Schichten ihren Dichtigkeitsunterschied, er seine Schutzschichte und damit seine höhere Temperatur verlöre.

Die siebenbürger Landesteile sind auch an Salzquellen und Brunnen sehr reich, die sich seit Jahrhunderten und Jahrtausenden unbenützt in die Flüsse ergiessen und so ihr Salz wieder an das Meer abgeben. Wenn man das Wasser dieser Salzquellen und -Brunnen in Bassins auffinge und dafür Sorge trüge, dass auf ihre Oberfläche Süßwasser fliesse, *würde man künstliche warme Seen oder Wärmeaccumulatoren erhalten.*

Wo aber das oben Erwähnte fehlt, Steinsalz jedoch vorhanden ist, können mit Hilfe desselben auf leichte Art wo immer solche *Wärmeaccumulatoren hergestellt werden.*

Die Kenntnis dieser Wärmeaccumulatoren kann dereinst vielleicht einen Modus ergeben, wie unsere grösste Wärmequelle, die Sonne zu anderen häuslichen und industriellen Zwecken benützt und wie eine heutzutage verlorengelassene Wärme, z. B. die des sogenannten Ausblasdampfes oder die der Thermen oder aber die durch die Rauchfänge entschwindende, oft 200—300° übersteigende Wärmemenge gesammelt und aufgespeichert werden könnte u. s. w. Auch wäre die grössere Verbreitung und Benützung warmer Salzäder sowohl von nationalökonomischem, als auch sanitärem Standpunkt von grossem Nutzen.

Salzseen mit sehr grosser Oberfläche, Salzmeere, wie das Todte Meer und ähnliche, können in gewisser Tiefe, wenn sich darein ein Süßwasserbach oder Fluss ergiesst, ebenfalls eine wärmere Salzwasserschichte ergeben, wahrscheinlich jedoch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, da die Stürme das Süßwasser teils schneller verdunsten machen, teils mit dem darunter befindlichen Salzwasser vermittels des Wellenschlages vermengen,



Seetemperaturen :

- aa = Medve-See am 25-ten Juli 1901.
 a' = Medve-See am 23-ten Sept. 1898.
 bb = Mogyoróser See am 18-ten Juli 1901.
 cc = Schwarzer See am 25-ten Juli 1901.
 dd = Wörther See am 15-ten Aug. 1890 (n. RICHTER).
 ee = Traun-See am 14-ten Juli 1895 (n. RICHTER).

die Flüssigkeit also homogen machen, so dass die spezifische Gewichts-differenz beinahe verschwindet. Grosse Regengüsse können bei genügend ruhigem Wetter auch in diesen todtten Meeren auf kurze Zeit ebenfalls derartige warme Schichten hervorrufen.

In den tieferen Schichten der Meere und Oceane, deren Wasser von viel geringerer Dichte ist, als das unserer Salzseen, kann *stellenweise*, bei der Mündung der Flüsse oder aber an den Stellen submariner Süswasserquellen, ebenfalls ein Steigen der Temperatur eintreten, das jedoch bedeutend kleiner sein wird, als bei unseren Salzseen.

Beim Vergleiche mit anderen tiefen Seen fällt beim Medve-See ein Umstand noch ganz besonders auf. Wir finden hier nämlich in den grossen Tiefen — wie aus der mitgetheilten Tabelle und obiger grafischen Darstellung ersichtlich — eine bedeutend höhere Temperatur vor, die Differenz beträgt beiläufig 11°C in einer Tiefe von 20 m, obzwar die Lösung des Salzes in Wasser mit Wärmeverlust verbunden war.

Dieser hohe Wärmegrad ist gewiss dadurch entstanden, dass die heisse Schichte die darunter befindliche Flüssigkeit im Laufe der Jahre durch Leitung erwärmte. Aus den zur Verfügung stehenden Daten kann berechnet werden, vor wie viel Jahren die Erwärmung des Sees begonnen hat, wann der See entstanden ist, was zu wissen umso interessanter ist, da man das pünktliche Datum der Entstehung des Sees eigentlich nicht kennt (1872—1879). L. ROTH v. TELEGD mass 1898 in einer Tiefe von 20 m 16.87°C , ich im Jahre 1901, nach beinahe drei Jahren in einer Tiefe von 14.82 m 19°C . Die bis zu 20 m ergänzte Curve des Medve-Sees zeigt, dass in einer Tiefe von 20 m heute eine Temperatur von 18.5°C herrscht. Somit hat sich diese Solenschichte innerhalb 34 Monaten — soweit die Daten pünktlich sind — um 1.63°C erwärmt. Daraus und aus dem Vergleiche mit einem homogenen See, z. B. dem *Wörther-See*, dessen Temperatur in derselben Tiefe circa 7°C ist, lässt sich leicht berechnen, dass sich der See vor circa 20 Jahren also im Jahre 1881, zu erwärmen anfang. Rechnet man nun für die Füllung des grossen Beckens durch die beiden kleinen Süswasserbäche ein Jahr, für die Ausgleichung des durch das Lösen des Salzes im Wasser entstandene Abkühlung abermals ein Jahr, so ergibt sich, dass der See 1879, also in jenem Jahre entstanden ist, das auch bisher auf Grund der Aussage einiger Augenzeugen am wahrscheinlichsten gehalten wurde. Gleichzeitig kann ich prophezeien, dass sich das Wasser des Sees bis an seinen Grund von Jahr zu Jahr mehr erwärmen wird, ebenso auch die Maximaltemperatur im Winter, vorausgesetzt, dass die jetzigen Umstände weiter bestehen werden.

Aus der Tabelle ist auch noch ersichtlich, dass die Concentration der Sole gegen den Grund des Sees fortwährend zunimmt, bis sie endlich ihren Sättigungsgrad erreicht. Daraus können wir schliessen, dass das Wasser

des Sees noch an vielen Stellen unmittelbar mit Steinsalz in Berührung steht, was beim Bau des neuen Badehauses auch constatirt wurde. Daraus folgt weiter, dass das concentrirte Salzwasser des Medve-Sees noch lange Zeit im selben Niveau verbleiben wird, welches er derzeit einnimmt, trotzdem der durchfliessende Bach fortwährend eine gewisse Menge der Sole dem See entzieht. Im Mogyoróser See dagegen wird das Niveau des concentrirten Salzwassers mit der Zeit sinken, da in seiner Umgebung keine Salzfelten vorhanden sind und sein Grund von schlammiger Erde gebildet wird. Überdies entzieht ihm der Bach stetig Salz, ohne dass dasselbe von irgend einer anderen Seite ersetzt würde; demzufolge wird seine maximale Temperatur mit dem Sinken in die Tiefe auch allmählich niedriger werden. Im Schwarzen See endlich, der nur zufolge Regen- oder Schmelzwassers anschwillt, fand HANKÓ im Jahre 1879 in einer Tiefe von 1·5 m 19·3 % NaCl, während ich heuer (1901) 1·7 % erst in einer Tiefe von 3 m constatiren konnte; die Menge des concentrirten Salzwassers hat somit — da das Wasser des Sees mit Salz nicht in Berührung kommt — während dieser verhältnismässig kurzen Zeit ganz bedeutend abgenommen.

Bezüglich der *Vergangenheit und Zukunft dieser Salzseen* und ihrer Umgebung bin ich der Ansicht, dass vor nicht all zu langer Zeit, jedoch noch vor der Entstehung des Medve-Sees, als die im Boden verschwindenden Bäche dort ihre auslaugende Thätigkeit ausübten, um dann als Salzbäche wieder zu Tage zu treten, die damals existirten Salzseen kalt gewesen sein und nur nach Regengüssen oder nach dem Schmelzen des Schnees im Frühjahr zeitweilig eine höhere Temperatur erlangt haben dürften, die jedoch nach Abfluss oder Verdunstung des Süsswassers wieder verschwand.

Eine derartige zeitweilige Erwärmung werden wol auch die übrigen siebenbürger kalten Salzseen zeigen.

Was die Zukunft betrifft, so dürften diese Seen, besonders der Medve-See, und ihre Umgebung innerhalb einiger Generationen aller Wahrscheinlichkeit nach keine grössere Veränderung erfahren. Wenigstens droht ihnen keine Gefahr, doch dürften immerhin gewisse Schutzmassnahmen empfehlenswert sein.

Die ganze Zeit des Werdens und Vergehens dieser Seen jedoch bedeutet in der Geologie nur Augenblicke; innerhalb *kürzerer-längerer geologischer Zeitabschnitte* werden aber an den Salzseen und ihrer Umgebung gewiss grosse Veränderungen vor sich gehen, selbst wenn die heutigen Verhältnisse bestehen bleiben, wenn keinerlei Katastrophe eintritt und das Salz weder bergbaulich, noch industriell ausgebeutet wird. Die zerstörende Wirkung des Wassers und der Niederschläge allein dürfte hinreichen, um an den miocenen Steinsalzlagerstätten tiefgehende Veränderungen hervorzurufen.

In Folgendem seien vorstehende Ausführungen nochmals kurz recapituliert.

Nach Beschreibung der Seen und ihrer Umgebung und der Bestimmungsmethoden wurden die verschiedenen Beobachtungs- und Messungsdaten mitgeteilt.

Sowol aus denselben, als auch aus den Analysen und der Abzapfung eines kleinen warmen Teiches, ging mit voller Bestimmtheit hervor, dass das warme Wasser der Seen weder thermalen, noch chemischen Ursprunges sei.

Verschiedene Beobachtungen lenkten mein Augenmerk auf die Sonne als die Urheberin der in den Seen constatirten hohen Temperatur. Durch Anlegung künstlicher warmer Seen gelangte ich zu der Haupterkenntnis, dass sich die concentrirten Salzseen nur dann erwärmen, wenn auf ihrer Oberfläche eine Süßwasserschicht schwimmt und sie von der Sonne beschienen werden. Der Grad der Erwärmung hängt von der Differenz des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten und der Mächtigkeit der schützenden und vermittelnden Süßwasserschicht ab.

Nach Erklärung dieser Erscheinung, welche auch rechnerisch bestätigt wurde, lenkte ich meine Aufmerksamkeit auch auf die praktische Verwertung derselben, nämlich wie bereits vorhandene kalte Salzwasserseen durch Daraufleitung von Süßwasser in warmes verwandelt, wie die heute unbenützt abfließenden Salzquellen und die Salzlager zur Herstellung künstlicher warmer Salzseen, Bädern, respektive Wärmeaccumulatoren benützt werden könnten. Durch Vermittlung solcher Seen wäre dereinst vielleicht auch die häusliche und industrielle Verwertung der Sonnenwärme möglich und könnte die in denselben aufgespeicherte Wärme entweder als solche oder aber eventuell auch in andere Energie umgewandelt ausgebeutet werden.

*Chemisches Laboratorium der kgl. ung. Geologischen Anstalt.
Budapest, am 6. November 1901.*