

Der Plivasee.

Von

Prof. Dr. Arthur Gavazzi.

(Mit 1 Karte Tafel XV.)

Auf einer Reise, welche ich mit Unterstützung der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien zur Erforschung der ständigen und periodischen Seen des Karstgebietes unternahm, machte ich einen Abstecher nach Jajce, um den Plivasee zu untersuchen. Da jedoch dieses Object nicht in meinem Arbeitsprogramm stand, verblieb ich daselbst nur zwei Tage.

Am 19. Juli 1898 fuhr ich zeitlich Morgens zu dem Dorfe Jezero, wo ich zur Ergründung der Seetiefen ein Boot miethete. Die auf den oberen See¹⁾ bezüglichen Resultate lege ich hier mit dem Wunsche vor, zur Kenntniss der Geographie Bosniens auch einen Baustein beizutragen.

I. Geologie.

Am Fusse des Smiljevac (Smiljevača 1647 M.) bricht die Pliva aus zwei mächtigen Quellen (470 und 477 M.) hervor und wälzt sich gegen Nordosten, also quer zur Hauptaxe des Gebirges. Erst vom Dörfchen Jezero ab fliesst sie parallel mit der Streichungsrichtung der Schichten, erweitert sich nach und nach und bildet, nachdem sie das Delta ausgearbeitet hat, den eingangs erwähnten See. Beim Dorfe Zaskoplje verengen querlaufende Schichten die Ufer, und das Wasser fällt in mächtigen Cascaden in den unteren See. Aus diesem schlängelt sich die Pliva durch schöne Katarakte bis Jajce, wo sie sich mit einem imposanten Fall in den Vrbas stürzt.

Professor Pilar²⁾ entwirft von dieser Gegend folgendes geologische Bild.

Das grosse paläozoische Massiv der Vranica und des Radovan verengt sich gegen Nordwesten mehr und mehr, so dass es bei Jezero nur noch bei 6 Km. breit und bei Ključ ganz unbedeutend ist. Auf dem linken Ufer der Pliva wandernd, liess ich die röthlichen, schiefrigen Kalkmergel bei Stupovi zurück. Der Uebergang zu den paläozoischen Schiefern ist so unerwartet, dass man hier einen Bruch voraussetzen darf.

Als unterstes Glied der paläozoischen Schichten sah ich grüne chlorit-steatitische Schiefer mit ausgeschiedenem Quarz. Stellenweise sind diese Schiefer gelblich und auf den ersten Blick dem Sandsteine ähnlich. Auf diese folgen Phyllite mit dünnen Fäden

¹⁾ Der Plivasee besteht aus einem oberen und unteren durch schöne Wasserfälle verbundenen Becken. Da sich eine Bootfahrt im unteren See als unsicher erwies, konnte ich hier keine Messungen vornehmen.

²⁾ Pilar G., Geologische Beobachtungen in Westbosnien. „Rad“ der Akad. der Wissensch. Agram Bd. 61, S. 24 und 25.

von Quarzit und mit eingeschlossenen grauschwarzen Kalken. Es gibt aber auch Kalke von vollkommen krystallinischem Aussehen. Die grünen, mit Quarz vermengten Schiefer sind gewiss nur Bruchsplitter dioritischer und granitoidischer Gesteine, wie man sie in der Umgebung und bei Jajce, besonders im Vrbasthale antrifft. Diese paläozoischen Schichten sind noch dadurch interessant, dass sie alle Uebergänge zu den mesozoischen Schichten aufweisen.

Schon am linken Ufer des Jošavkabaches treten Rauhwaacken zu Tage, die der Permformation angehören. Diese bedecken eigenartige dolomitähnliche Kalke, welche — wenn frisch und unverwittert — wie Alabaster aussehen. Auf dem Wege von Jezero nach Jajce treffen wir von unten nach oben folgende Schichtenreihe:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| III. Jura: | 5. schwarze Kalke, |
| 10. rostige, braune Kalke, | 4. rothe Kalke und Schiefer, |
| 9. Dolomit. | 3. weisser Dolomit und Kalke. |
| II. Trias: | I. Werfener Schiefer: |
| 8. gelblichgraue Kalke, | 2. Schiefer, |
| 7. Dolomit, | 1. grüne Schiefer. |
| 6. graue Kalke, | |

In dieser Reihenfolge der Schichten hätten wir den Uebergang durch alle mesozoischen Gruppen. Dass die Juraformation in der Umgebung von Jajce thatsächlich auftritt, beweisen die oolithischen Kalke, welche Mojsisovics auf dem Rančagebirge und nördlich von Jajce, unweit des Dorfes Šenik, gefunden hat.

II. Morphometrie.

Auf der Militär-Specialkarte 1:75.000 ist die absolute Höhe gerade am Plivadelta mit 424 *m* verzeichnet. Zur Zeit meines dortigen Aufenthaltes war das Wasser, wie mir die Bewohner sagten, „weder hoch noch niedrig“. Es lässt sich natürlich nicht bestimmen, ob dieser Wasserstand mit der erwähnten Höhe übereinstimmt. Eine schwarze Linie an der lothrechten Wand am unteren Ende des Sees, bis zu welcher der Wasserstand beim gewöhnlichen Hochstande reicht, stand 70 *cm* höher als am Messungstage (19. Juli 1898). Mit Hilfe eines Amsler'schen Polarplanimeters und mit Rücksicht auf die Contraction des Papiere wurde die Oberfläche des Sees auf der Specialkarte bestimmt. Da die Pliva im See ein Delta gebildet hat, muss die Grenze hier eine willkürliche gewesen sein. Bis zu den zwei kleinen Linien auf der Karte (Tafel XV *cd* und *ab*) beträgt der Flächeninhalt des Sees 1.148 oder rund 1.15 *km*². Denselben Werth erhält man, wenn man die absolute Höhe des Sees in Betracht zieht, da dieser ziemlich klein ist.

Die wirkliche Länge (Mittellinie), welche — auf die Spiegelfläche projicirt — die tiefsten Stellen von *cd* bis zur Mitte des Wasserfalles verbindet, beläuft sich auf 3.3 *km*. Die gerade Luftlinie von *cd* ist um 0.5 *km* und von 1 (bis zum Wasserfalle) um 0.3 *km* kürzer als die wirkliche Länge, so dass die Entwicklung dieser letzteren (im Verhältniss zur Luftlinie) 152 ‰ beträgt.

Die grösste Breite, senkrecht auf die Mittellinie, misst 0.65 *km* und liegt ungefähr zwischen *e* und *f*. Die mittlere Breite nun, welche man aus dem Areal, dividirt durch die Länge der Mittellinie, erhält, beträgt 0.35 *km* und ist fast zweimal kleiner als die grösste Breite. Und nun zu den Tiefen!

Ueber die Methode der Tiefenmessungen will ich mich ganz kurz fassen, da sie bereits aus den Arbeiten anerkannter Seenforscher bekannt ist. Eine solide und mit Firniss imprägnirte Leine, welche in Abständen von 1 zu 1 *m* markirt und mit einem Gewichte beschwert ist, genügt recht gut zu solchen Arbeiten. Es ist nicht nothwendig, die Tiefen bis auf Centimeter genau zu messen, da die Ubiocation der gemessenen Punkte auf der Karte eine Utopie wäre. Eine Fahrt auf dem See, um Probesonden anzustellen, ist gewiss rathsam, weil man dadurch eine, wenn auch nur blasse Idee über die Tiefenverhältnisse gewinnt. Zu gleicher Zeit sind wir im Stande an den Ufern Fixpunkte zu wählen, durch welche die Profile hindurchgelegt werden sollen, um eine genauere Form des Beckens zu erhalten. Man fährt dann von einem Punkte geradlinig zum anderen und sondirt in gewissen Abständen, je nachdem das Becken mehr oder weniger complicirt ist, die Tiefen. Um diese auf der Karte in ihren Lagen genau zu fixiren, hat Richter¹⁾ einen vollkommen richtigen Weg gezeigt.

Ich legte durch den See 16 Profile, welche auf der Karte durch Linien und kleine Buchstaben ersichtlich gemacht worden sind. Es sei mir erlaubt, die 66 gewonnenen Tiefendaten (in M.) hier anzuführen.

Von 1—2: 3·3, 5·9, 0 (Schilf am Delta), 10·1, 12·0, 14·1; 2—5: 14·3, 19·9, 16·5, 10·2, 8·1; 3—4: 12·0, 16·5, 18·7, 19·2, 18·9, 18·5, 13·9, 9·9; 4a—9: 15·2; 6—7: 25·4, 25·3, 17·1; 9—10: 23·0, 28·1, 28·9, 17·2; 11—12: 19·1, 29·5, 28·9; 8—12: 17·6, 26·5, 28·3, 28·0, 22·1, 14·0; 12—13: 30·1, 32·0, 18·2; 13—14: 21·5, 32·6, 33·8, 18·2, 12·7; 14—16: 17·6, 32·5, 33·4, 18·6, 14·5; 14—15: 18·1, 17·6; 16—17: 13·6, 34·0, 28·8, 35·5, 35·3, 34·9, 16·6; 15—18: 26·2, **36·2**, 35·8; 17—19: 25·2, 35·5, 34·6, 16·4; 18—19: 6·5 (2 M. vom Ufer), 35·6.

Daraus ist ersichtlich, dass die grösste gemessene Tiefe 36·2 *m* beträgt, und zwar in der untersten Partie des Sees.

Durch graphische Interpolation auf Millimeterpapier wurden bei einem jeden Profile die Tiefen von 10, 20 und 30 *m* ermittelt und in die Karte eingezeichnet. Die dabei gewonnenen Werthe sind folgende:

Länge der Isobathen:		Areal der	
0 M. (Ufer)	8·4 Km.	Tiefenstufe 0—10 <i>m</i> . . .	0·279 <i>km</i> ²
10 „	6·8 „	10—20 „	0·345 „
20 „	5·6 „	20—30 „	0·296 „
30 „	3·4 „	unter 30 „	0·228 „
		Summe	1·148 <i>km</i> ²

Selbstredend bezieht sich dieses Areal auf die Spiegelfläche; will man aber den Flächeninhalt der Bodenfläche berechnen, so lautet die Formel:

$$O = G \left(1 + \frac{B^2}{2} \right), \text{ wo } O = \text{die Bodenfläche,}$$

$$G = \text{die Spiegelfläche,}$$

$$B = \text{die Böschung in } \text{‰}$$

$$\text{und } B = \frac{h}{G} \cdot \frac{l + l_1}{2} \quad h = \text{die Tiefenstufe (10 m),}$$

$$l \text{ und } l_1 = \text{die Länge von zwei Isobathenlinien.}$$

¹⁾ Richter Ed., Seestudien, Wien 1897, S. 4—8.

Daraus berechnet man:

Tiefenstufe, die Bodenfläche, welche grösser als die Spiegelfläche:

0—10 m	0·290 km ²	um 0·011 km ²
10—20 „	0·351 „	0·006 „
20—30 „	0·299 „	0·003 „
unter 30 „	0·288 „	0·000 „
	Summe 1·168 km ²	Summe 0·020 km ² ist.

Die Bodenfläche ist also um 0·02 km² grösser als die Spiegelfläche, was z. B. im Verhältnisse zu der des Genfersees (0·99 km²) doch ziemlich bedeutend ist. Von allen bisher entwickelten Methoden zur Berechnung des Volumens ist Penck's¹⁾ hypsographische Methode die bequemste, doch in Details nicht ganz verlässlich.²⁾ Eine zweite, ebenfalls von Penck³⁾ aufgestellte Formel ist zwar zeitraubend, liefert aber genaue Resultate, da sie die grösste Zahl verwendbarer Thatsachen umfasst.

Nach der hypsographischen Methode beträgt das Volumen 0·0205 km³ und nach der letzterwähnten Formel:

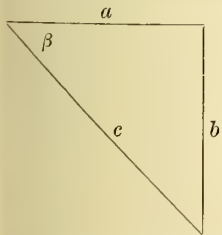
$$\begin{aligned}
 v_1 &= 0·0100 \text{ km}^3 \\
 v_2 &= 0·0069 \text{ „} \\
 v_3 &= 0·0036 \text{ „} \\
 v_4 &= 0·0005 \text{ „} \\
 \hline
 \text{Summe} &= 0·0210 \text{ km}^3
 \end{aligned}$$

somit zwischen beiden Werthen eine Differenz von 0·0005 km³. Daraus resultirt eine mittlere Tiefe (nach beiden Werthen) von 18·3 m, und die Deformität⁴⁾ beläuft sich sonach auf 49·3 %.

Die Länge der mittleren Isobathe ist 5·9 km und ihr Areal 0·625 km².

Eine Fläche, welche in der mittleren Tiefe mit der Spiegelfläche parallel ist, zerlegt den See in zwei Theile: das Volumen oberhalb dieser Fläche beträgt 0·015 km³, unterhalb 0·006 km³ und das Verhältniss zwischen beiden drückt aus, dass jenes 2^{1/2} mal grösser als dieses ist. Um nun das Volumen genau zu halbiren, müsste man die Fläche in eine Tiefe von etwa 12 m legen; eine Isobathenfläche aber, die gleich dem halben Areal ist, würde in einer Tiefe von 19 m liegen.

Ein gewiss wichtiger Werth in der Morphometrie ist der Böschungswinkel,⁵⁾ d. i. der Winkel, welchen die Spiegelfläche mit der Bodenfläche bildet. In der Figur ist β der gesuchte Winkel, b die Tiefenstufe (in unserem Falle 10 m = 0·01 km) und a der mittlere Abstand zwischen zwei Isobathen (auf die Spiegelfläche projicirt).



Es ist also
$$\text{I. } \tan \beta = \frac{b}{a}$$

Um den Werth a zu berechnen, müssen wir die Spiegelfläche zwischen zwei Isobathen in ein Trapez bestimmter Grösse (A) verwandeln, die untere Basis des Trapezes ist der Länge der grösseren (l), die obere jener der kleineren (l_1) Isobathe gleich. Man kann somit die Höhe des Trapezes berechnen und diese entspricht dem mittleren Abstände a zwischen zwei Isobathen.

¹⁾ Penck A., Morphologie, Bd. I, S. 43 f.; Heiderich in Petermann's Mitth., Gotha 1888, S. 209 ff.
²⁾ Karstens K. Eine neue Berechnung der mittleren Tiefen der Oceane. Kiel und Leipzig 1894, S. 8 und 9.
³⁾ Penck A., Morphologie, Bd. I, S. 79, Formel 79 e.
⁴⁾ Gavazzi A., La deformità limnica. „Rivista geogr. ital.“, Bd. I, S. 552 ff.
⁵⁾ Peucker K., Der mittlere Neigungswinkel des Bodens. Mitth. des D. u. Oe. Alp.-Ver. 1890, Nr. 1.

Die Formel lautet:

$$a = \frac{A}{L}, \quad \text{wo } L = \frac{l+l_1}{2}$$

Durch Substitution entsteht aus der Formel I:

$$\text{II. tag } \beta = \frac{b \cdot L}{2}$$

Bei unserem See gelten folgende Werthe (nach II):

	Länge der Isobathen	Mittlerer Abstand a	Böschungswinkel
9 m (am Ufer)	8.4 km	0.033 km	zwischen 9—10 m = 15° 14'
10 „ Tiefe	6.8 „	0.021 „	„ 10—20 „ = 10° 12'
20 „ „	5.6 „	0.053 „	„ 20—30 „ = 8° 40'
30 „ „	3.4 „	0.067 „	<u>Mittel = 11° 22'</u>
		$\Sigma = 0.174 \text{ km}$	

Um die allgemeine Form eines Beckens besser charakterisiren zu können, hat Peucker¹⁾ eine Formel aufgestellt, welche ziffermässig auf die Frage antwortet, ob die Wölbung convex oder concav ist.

Nach dieser Formel

$$W = \frac{3 T_m - T}{T} \quad \begin{array}{l} T_m = \text{mittlere Tiefe} \\ T = \text{grösste Tiefe} \end{array}$$

ist der See concav und zwar + 0.478.

III. Physikalische Beobachtungen.

Ich hatte nur einen Tag, den 20. Juli 1898, zur Verfügung, um Temperaturmessungen des Wassers, und zwar nur der oberen Schichten, wo sich die bekannte Sprungschicht befindet, anzustellen. Ich verwendete zu diesen Messungen ein Maximal-Minimal-Thermometer, System Kappeller, in $\frac{1}{5}$ Grad getheilt, das sehr einfach und verlässlich ist.

„Die Pliva ist kalt,“ sagte mir mein Jusuf, und in der That zeigte das Thermometer 9.9° C. Es lag die Vermuthung nahe, dass ich die Sprungschicht in einer kleinen Tiefe finden würde. Und so war es.

Die gewonnenen Daten lasse ich hier folgen, doch bemerke ich zugleich, dass die Zahlen für die Stunde 4 Uhr p.m. graphisch interpolirt sind.

Tiefe	9.20 ^h a.m.	10 ^h a.m.	1 ^h p.m.	4 ^h p.m.	4.20 ^h p.m.	5 ^h p.m.	6 ^h p.m.	6.40 ^h p.m.
0 m	17.2	17.3	18.1	19.8	20.0	20.4	21.0	19.5
0.1 „	15.9	16.3	17.4	19.3	19.5	20.1	20.9	19.2
0.2 „	15.6	16.1	16.9	18.7	19.0	19.7	20.6	18.6
0.3 „	15.4	16.0	16.5	17.8	18.1	19.2	19.9	17.9
0.4 „	14.5	15.1	15.9	17.3	17.7	18.6	19.1	16.8
0.5 „	14.1	14.4	14.9	15.8	16.0	16.3	16.4	15.9
1 „	—	—	—	—	13.9	14.3	14.4	14.3
2 „	—	—	—	—	—	—	—	13.5
5 „	—	—	—	—	—	—	—	12.0
8 „	—	—	—	—	—	—	—	11.5
22 (Grund) m	—	—	—	—	—	—	—	10.0

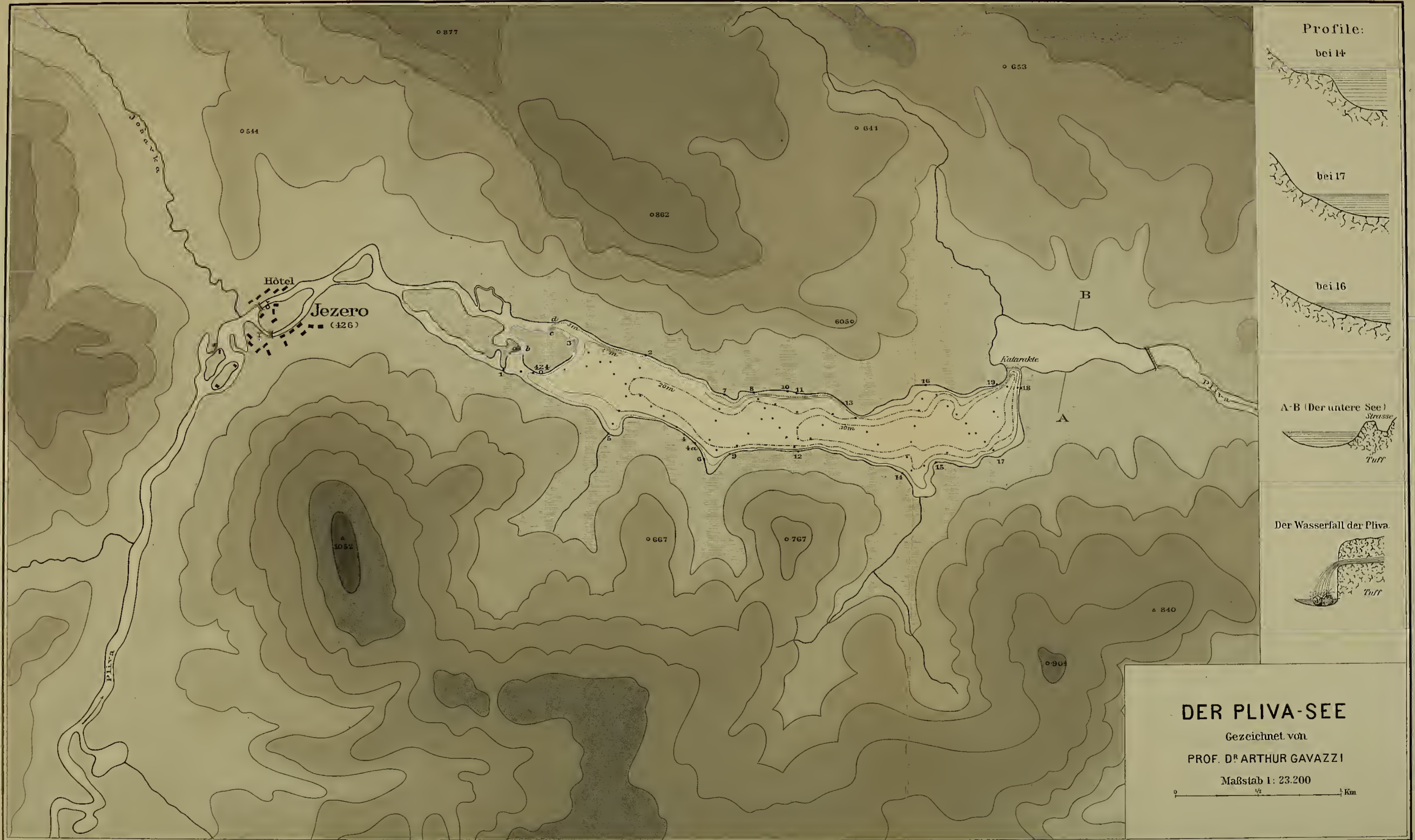
¹⁾ Peucker K.: Morphometrie der Koppenteiche; S. A., Wanderer im Riesengebirge, Hirschberg 1896, S. 12 und 13.

Aus diesen Zahlen erhellt, dass sich die Sprungschicht gleich unter der Oberfläche befindet. Um 6 Uhr p. m. zwischen der Oberfläche (0_m) und 1 m Tiefe beträgt der Sprung volle 6.6° C. Es ist mir ein einziger Fall aus der ganzen limnologischen Literatur bekannt, in welchem der Sprung grösser ist: im Hallstätter See betrug die Temperatur am 28. Juli 1896 um 6 p. m. an der Oberfläche 23.0° C. und in der Tiefe von 1 m nur 15.2° C.; also eine Differenz von 7.8° C.

Ob unser Fall vereinzelt ist oder regelmässig im Sommer wiederkehrt, sollten weitere Beobachtungen entscheiden.

Zum Schlusse führe ich an, dass das Wasser schmutziggelb war, und dass seine Durchsichtigkeit nur 2.4 m betrug.

GAVAZZI: Der Plivasee.



Profile:

bei 14

bei 17

bei 16

A-B (Der untere See)

Der Wasserfall der Pliva

DER PLIVA-SEE

Gezeichnet von

PROF. DR. ARTHUR GAVAZZI

Maßstab 1: 23.200

0 1/2 km

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [8_1902](#)

Autor(en)/Author(s): Gavazzi Arthur

Artikel/Article: [Der Plivasee. 334-339](#)