

J A H R B U C H
DER
KAISERLICH-KÖNIGLICHEN
GEOLOGISCHEN REICHSANSTALT



LX. BAND 1910.

Mit 31 Tafeln.



Wien, 1910.

Verlag der k. k. Geologischen Reichsanstalt.

Commission bei R. Lechner (Wilh. Müller), k. u. k. Hofbuchhandlung
I. Graben 31.

Die Autoren allein sind für den Inhalt ihrer Mitteilungen verantwortlich.

Inhalt.

Personalstand der k. k. geologischen Reichsanstalt (Dezember 1910)	Seite V
Korrespondenten der k. k. geologischen Reichsanstalt 1910	VIII

Heft 1.

Die geologischen und hydrographischen Verhältnisse der Therme „Stubičke Toplice“ in Kroatien und deren chemisch-physikalische Eigenschaften. Von Hofrat Dr. Gorjanović-Kramberger, Feldzeugmeister Chr. Baron Steeb und Mag. der Ph. M. Melkus. Mit zwei Tafeln (Nr. I—II) und sechs Zinkotypen im Text	1
Die Lemeš-Schichten. Ein Beitrag zur Kenntnis der Juraformation in Mittel-dalmatien. Von Marthe Furlani. Mit zwei Tafeln (Nr. III—IV) und einem Profil im Text	67
Die Bruchlinie des „Vostry“ im Bereiche der SW-Sektion des Kartenblattes Zone 6, Kol. X, und ihre Umgebung. Von Dr. Adalbert Liebus. Mit einer geologischen Karte (Taf. Nr. V) und einer Zinkotypie im Text	99
Der Kalksilikatfels von Reigersdorf bei Mährisch-Schönberg. Von Artur Scheit. Mit einer Lichtdrucktafel (Nr. VI)	115
Quartärstudien im Gebiete der nordischen Vereisung Galiziens. Von Walery Ritter v. Łoziński. Mit zwei Tafeln (Nr. VII—VIII) und vier Zinkotypen im Text	133
Miocän in Szczerzec bei Lemberg. Von Dr. Wilhelm v. Friedberg. Mit 8 Textfiguren	163

Heft 2.

Über den Untergrund der Kreide und über präkretazische Schichtenverschiebungen in Nordböhmen. Von W. Petrascheck. Hierzu drei Tafeln (IX—XI) und zwei Figuren im Text	179
Zur jungtertiären Fauna von Tehuantepec. Von E. Böse und F. Toulia. Mit zwei Tafeln (Nr. XII—XIII)	215
Die Bellerophonkalke von Oberkrain und ihre Brachiopodenfauna. Von F. Kossmat und C. Diener. Mit zwei Tafeln (Nr. XIV—XV) und sechs Textillustrationen	277
Geologie der Kammerker—Sonntagshorngruppe. Von F. Felix Hahn in München. I. Teil. Mit zwei paläontologischen Tafeln (Nr. XVI [I]—XVII [II]) und 20 Figuren im Text	311

Heft 3.

Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Paläozoikum. Von Carl Renz. Mit 5 Tafeln (Nr. XVIII [I]—XXII [V]) und 38 Zinkotypen im Text.	421
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Geologie der Kammerker — Sonntagshorngruppe. Von F. Felix Hahn in München. II. Teil. Mit einer geologischen Karte im Maßstab 1:25.000 (Tafel XXIII [I]), zwei Profiltafeln (Taf. XXIV [II]—XXV [III]), einer tektonischen Übersichtskarte (Tafel XXVI [IV]) und 16 Zinkotypien im Text	637
Arbeiten aus dem chemischen Laboratorium der k. k. geologischen Reichsanstalt, ausgeführt in den Jahren 1907—1909 von C. v. John und C. F. Eichleiter	718
Die Messungen der Erdwärme bei Stubičke Toplice in den Jahren 1909 und 1910. Von Christian Freiherr v. Steeb, k. u. k. Feldzeugmeister d. R. Mit drei Tafeln (Nr. XXVII [I], XXVIII [II] und XXIX [III])	751
Das Alter der Flöze in der Peterswalder Mulde und die Natur der Orlauer und der Michalkowitzer Störung im Mährisch-Ostrauer Steinkohlenrevier. Von W. Petrascheck. Mit zwei Tafeln (Nr. XXX und XXXI) und 3 Figuren im Text	779

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel		Seite
I—II	zu: Gorjanović-Kramberger, Baron Steeb und Ph. M. Melkus. Die geologischen und hydrographischen Verhältnisse der Therme „Stubičke Toplice“ in Kroatien und deren chemisch-physikalische Eigenschaften	1
III—IV	zu: M. Furlani. Die Lemeš-Schichten	67
V	zu: A. Liebus. Die Bruchlinie des „Vostry“ im Bereiche der SW-Sektion des Kartenblattes Zone 6, Kol. X und ihre Umgebung	99
VI	zu: A. Scheit. Der Kalksilikatfels von Reigersdorf bei Mährisch-Schönberg	115
VII—VIII	zu: W. R. v. Loziński. Quartärstudien im Gebiete der nordischen Vereisung Galiziens	133
IX—XI	zu: W. Petrascheck. Über den Untergrund der Kreide und über präkretazische Schichtenverschiebungen in Nordböhmen	179
XII—XIII	zu: E. Böse und F. Toulà. Zur jungtertiären Fauna von Tehuantepec	215
XIV—XV	zu: F. Kossmat und C. Diener. Die Bellerophon- von Oberkrain und ihre Brachiopodenfauna	
XVI—XVII	zu: F. F. Hahn. Geologie der Kammerker — Sonntagshorngruppe. I. Teil	
XVIII—XXII	zu: C. Renz. Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Paläozoikum	
XXIII—XXVI	zu: F. F. Hahn. Geologie der Kammerker — Sonntagshorngruppe. II. Teil	
XXVII—XXIX	zu: Chr. Frh. v. Steeb. Die Messungen der Erdwärme Stubičke Toplice in den Jahren 1909 und 1910	
XXX—XXXI	zu: W. Petrascheck. Das Alter der Flöze in der Peterswalder Mulde und die Natur der Orlauer und Michalkowitzer Störung im Mährisch-Ostrauer Steinkohlenrevier	779

Personalstand

der

k. k. geologischen Reichsanstalt.

Direktor:

Tietze Emil, Ritter des österr. kaiserl. Ordens der Eisernen Krone III. Kl., Besitzer des kaiserl. russischen Skt. Stanislaus-Ordens II. Kl., des Komturkreuzes II. Kl. des königl. schwedischen Nordsternordens und des Kommandeurkreuzes des Sternes von Rumänien, Ritter des portugiesischen Skt. Jakobsordens und des montenegrinischen Danilo-Ordens, Phil. Dr., k. k. Hofrat, Mitglied der kaiserl. Leop. Carol. deutschen Akademie der Naturforscher in Halle, Ehrenpräsident der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien, Ehrenmitglied der Société géologique de Belgique in Lüttich, der Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie in Brüssel, der Geological Society of London, der königl. serbischen Akademie der Wissenschaften in Belgrad, der uralischen Gesellschaft von Freunden der Naturwissenschaften in Jekaterinenburg, der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, der rumänischen Geographischen Gesellschaft in Bukarest, der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur in Breslau und des Naturh. und Kulturh. Vereines in Asch, korrespondendes Mitglied der Geographischen Gesellschaft in Leipzig, Gesellschaft Antonio Alzate in Mexiko etc., III. Hauptsektion Nr. 6.

Vizedirektor:

Michael, III. Erdbergerlande Nr. 4.

Chefgeologen:

Weller Friedrich, Phil. Dr. hon. causa, k. k. Bergrat, korr. Mitglied der kais. Akademie der Wissenschaften, korr. Mitglied der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen, II. Schüttelstraße Nr. 15.

Geyer Georg, Ritter des kais. österr. Franz Josef-Ordens, III. Hörnesgasse Nr. 9.

VI

Bukowski Gejza v., III. Hansalgasse Nr. 3.

Rosival August, a. o. Professor an der k. k. Technischen Hochschule,
III. Kolonitzplatz Nr. 8.

Vorstand des chemischen Laboratoriums:

John von Johnesberg Konrad, k. k. Regierungsrat, Mitglied der kaiserl. Leop. Carol. deutschen Akademie der Naturforscher in Halle, korr. Mitglied der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen etc., II. Valeriestraße Nr. 50.

Geologen:

Dreger Julius, Phil. Dr., k. k. Bergrat, Ehrenbürger der Stadt Leipnik und der Gemeinde Mösel, III. Ungargasse Nr. 71.

Kerner von Marilaun Fritz, Med. U. Dr., XIII. Penzingerstraße Nr. 78.

Chemiker:

Eichleiter Friedrich, III. Kollergasse Nr. 18.

Adjunkten:

Kossmat Franz, Phil. Dr., a. o. Professor an der k. k. Universität und Privatdozent an der k. k. Hochschule für Bodenkultur, III. Beatrixgasse Nr. 26.

Hinterlechner Karl, Phil. Dr., XVIII. Klostergasse Nr. 37.

Hammer Wilhelm, Phil. Dr., XIII. Waidhausenstraße Nr. 16.

Schubert Richard Johann, Phil. Dr., II. Schüttelstraße Nr. 77.

Waagen Lukas, Phil. Dr., III. Sophienbrückengasse Nr. 10.

Ampferer Otto, Phil. Dr., II. Schüttelstraße Nr. 77.

Bibliothekar:

Matosch Anton, Phil. Dr., kais. Rat, Besitzer der kais. ottomanischen Medaille für Kunst und Gewerbe, III. Hauptstraße Nr. 33.

Assistenten:

Petrascheck Wilhelm, Phil. Dr., III. Geusaugasse Nr. 31.

Trener Giovanni Battista, Phil. Dr., II. Kurzbauergasse Nr. 1.

Ohnesorge Theodor, Phil. Dr., III. Hörnesgasse Nr. 24.

Praktikanten:

Beck Heinrich, Phil. Dr., III. Erdbergstraße Nr. 35.

Vetters Hermann, Phil. Dr., Privatdozent an der k. k. montanistischen Hochschule in Leoben, XVII. Hernalsergürtel Nr. 11.

Für das Museum:

Želízko Johann, Amtsassistent, III. Löwengasse Nr. 37.

Für die Kartensammlung:**Zeichner:**

Lauf Oskar, I. Johannesgasse 8.

Skala Guido, III. Hauptstraße Nr. 81.

Fieß Otto, III. St. Nikolausplatz Nr. 14.

Für die Kanzlei:

Girardi Ernst, k. k. Oberrechnungsrat, III. Geologengasse Nr. 1.

In zeitlicher Verwendung:

Girardi Margarete, III. Geologengasse Nr. 1.

Diener:

Laborant: Kalunder Franz, Besitzer des silbernen Verdienstkreuzes mit der Krone, III. Rasumofskygasse Nr. 25.

Amtsdiener: Palme Franz, Ulbing Johann, III. Rasumofskygasse Nr. 23, Wallner Mathias, III. Schüttelstraße Nr. 55.

Präparator: Špatný Franz, III. Rasumofskygasse Nr. 25.

Amtsdienergehilfe für das Museum: Kreyčá Alois, III. Erdbergstraße 33.

Amtsdienergehilfe für das Laboratorium: Felix Johann, III. Lechnerstraße 13.

Korrespondenten
der
k. k. geologischen Reichsanstalt
1910.

Pater Leonhard Angerer, Gymnasialprofessor in Kremsmünster.
Alfons Freiherr Vesque von Püttlingen, k. u. k. Kämmerer,
Wien.

Die geologischen und hydrographischen Verhältnisse der Therme „Stubičke Toplice“ in Kroatien

und deren chemisch-physikalische Eigenschaften.

Von Hofrat Dr. Gorjanović-Kramberger, Feldzeugmeister d. R.
Chr. Baron Steeb und Mag. der Ph. Milan Melkus.

Mit zwei Tafeln (Nr. I—II) und sechs Zinkotypien im Text.

Einleitung.

Die heißen Quellen von Stubičke Toplice (Stubica-Töplitz) — 20 km nördlich von Agram — sind schon lange bekannt. Als im Jahre 1205 König Andreas dem Comes Wratislaw die vom König Emmerich 1203 konfiszierten Besitzungen zurückgab, erwähnt die betreffende Urkunde beim Prädium „Zlubiza“ (d. i. Stubica) speziell: „Tupliza“¹⁾. Dieser bezeichnende Name (Toplica oder Therme) bezieht sich auf „Stubičke Toplice“.

Bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts bestand aber kein Bade-etablissement. Man badete in hölzernen Kisten im Freien und begnügte sich mit einigen primitiven Wirtshäusern. Erst als um 1820 der Agramer Bischof Maximilian Verhovacz v. Rakitovecs das gesamte Territorium in seinen Besitz brachte, entstanden die meisten der jetzt vorhandenen Gebäude. Eine Vergrößerung des Bade-etablissements erfolgte dann um das Jahr 1895.

Über die erste Einrichtung des Bades berichtete Baumbachs Buch: Physisch-chemische Untersuchung der Mineralquellen von Sztubitzta in Kroatien (Agram 1820). Demselben liegt nicht nur eine Ansicht des Bades, sondern auch ein Situationsplan bei. Letzterer ist beiläufig im Maßstabe 1:3100 entworfen und in Kupfer gestochen.

Über die Veränderungen bis zur Gegenwart geben folgende Elaborate Aufschluß, welche sich im Archiv der Baronin Antonie Rauchs'schen Herrschaft Golubovec befinden.

1. Franz Ritter v. Ernst, ein Plan des Bades 1:2880 vom Jahre 1861.

¹⁾ Tkalčić, Monumenta Episcopatus Zagrabienensis, Tomus I, pag. 17, Zagrabiae 1873.

2. J. Hochmayer, Ingenieur, drei Aufnahmen des Bades 1:1440 aus dem Sommer 1880 und wahrscheinlich bald danach.

In zwei dieser Pläne sind Nivellementkoten eingetragen. Dieselben beziehen sich auf einen Nullpunkt knapp südöstlich der Kapelle und sind nach abwärts gezählt. Für die absolute Höhe des nicht näher bezeichneten Nullpunktes wurde 163·6 *m* angenommen. Dies dürfte auf 5—10 *cm* genau sein.

3. A. Piatki, Geometer, ein sehr genauer Plan des Bades 1:1000, mit verlässlichen Höhenkoten. Der Plan ist nicht datiert, dürfte etwa aus dem Jahre 1894 stammen.

Piatki benützte als Ausgangspunkt für das Nivellement die oberste Stufe beim Eingange an der Nordostfront des Hauptgebäudes. Er nahm für dieselbe die Höhe 170·000 *m* an. Die 1907 ausgeführte Trassierung der Eisenbahn Zabok—Stubica steht mit den Höhen der Militärmappierung in entsprechender Übereinstimmung. Um diesem Eisenbahnprojekt und daher auch der Militärmappierung die Höhenkoten anzupassen, wurden die von Piatki bestimmten Koten um 7·60 *m* verringert. Durch diese Veränderung bekommt der Boden an der Südwestecke des Hauptgebäudes die Kote 162·16.

4. Der Plan von Piatki ist 1896 und 1908 flüchtig reambuliert worden. In letzterem Jahre wurde auch eine große Zahl von Höhenkoten bestimmt. Der so ergänzte Plan, im Maße 1:2000 vervielfältigt, liegt als Tafel II bei. Auf derselben sind die für den vorliegenden Zweck wichtigsten absoluten Höhen besonders verzeichnet.

Nachfolgendes Elaborat war ursprünglich von Hofrat Gorjanović-Kramberger in einem etwas geringeren Umfang geplant. Die intensive Beteiligung des Barons Steeb an den Untersuchungen der Thermen, die von ihm und Prof. Dr. St. Škreb durchgeführten Bodentemperaturmessungen gestalteten diese Studie etwas umfangreicher. Die geologische Karte und die entsprechenden Textbilder hatte Hofrat Gorjanović zum leichteren Verständnis des geologischen Teiles beigelegt. Den chemisch-physikalischen Teil endlich besorgte Herr Milan Melkus, Adjunkt am Chemisch-analytischen Landesinstitut zu Agram.

Die Abhandlung zerfällt infolge der verschiedenen Gesichtspunkte, nach welchen die in Rede stehenden Thermen untersucht wurden, in drei Abteilungen:

- I. Die geologischen und hydrographischen Verhältnisse.
- II. Die Wasserstände der heißen Quellen.
- III. Die physikalisch-chemischen Untersuchungen.

Agram, im September 1909.

I. Die geologischen und hydrographischen Verhältnisse.

Von Hofrat Dr. Gorjanović-Kramberger.

A. Allgemeine topographische und oroplastische Verhältnisse.

(Hierzu Tafel I.)

Das Bad Stubičke Toplice liegt in 45°—58' nördl. Breite und 33°—36' östl. Länge nach Ferro (siehe: Zone 22, Kol. XIV der Spezialkarte 1:75.000, Blatt: Zagreb [Agram]), dann in einer abs. Höhe von rund 162 *m*.

Das Bad befindet sich am SW-Abhange des Kamenjakberges und am NW-Abhange des Agramer-Gebirges, und zwar am Fuße der Nordspitze des Kapelšćakberges, jenem halbinselartigen Vorsprunge, den die beiden sich vereinigenden Bäche Vidak und Toplicabach bilden. Der Toplicabach, der hier hauptsächlich in Betracht kommt, erhält von O, resp. SO und S her mehrere Zuflüsse, von denen ich den Burnjak, Hum, Slani potok, Rijeka potok und den Vidak mit dem Lampuš erwähnen möchte. Der Toplicabach fließt zuerst in OW-Richtung, dreht sich aber, zum SO-Abhange des Kamenjak gelangend, nach SW bis zum Fuße des Kapelšćak, von wo er dann, das Bad links lassend, fast rechtwinkelig nach NW, respektive NNW abbiegt und dann, in das Krapinatal gelangend, in den gleichnamigen Fluß einmündet. Längs des Toplicabaches zieht ein romantisches, mit Dörfern, Schlössern und Orten besätes Tal. Das Stubicatal (so möchte ich nämlich den zwischen Bad Stubica und Gornja Stubica sich erstreckenden ziemlich abgeschlossenen Teil des Toplicabachtales nennen) ist beim Marktfleck Doljnja Stubica etwas über ein Kilometer breit, nahe beim Bade, und zwar zwischen der SW-Spitze des Kamenjakberges und Kapelšćak auf bloß etwas über 250 *m* eingeengt. Von da an dreht, wie gesagt, der Toplicabach nach NNW und gelangt da ins Oroslavjetal. In dieser Talwende und im südlichen Winkel des Oroslavjetales liegt das Thermalgebiet von Stubičke Toplice.

Die beiden Talstrecken des Toplicabaches, nämlich das Stubica- und das Oroslavjetal, werden, und zwar ersteres durch das hier sanft abfallende Gelände des Zagrebgebirges im Süden und den teilweisen Steilhang des Kamenjak im Norden, das zweite aber von den niederen Ausläufern des Zagrebgebirges im Westen und den des Kamenjak im Osten begrenzt. Die beiden in Rede stehenden Täler stehen so ziemlich aufeinander senkrecht und wenn wir sie ihrer Lage nach gegenüber dem Agramer-Gebirge bezeichnen wollen, so ist das Stubicatal ein Längs- und das Oroslavjetal ein Quertal.

Wie bereits erwähnt, liegt Stubičke Toplice beiläufig in 162 *m* abs. Höhe. Die bedeutendste Erhebung in der nächsten Umgebung des Bades bildet der nach NO hinziehende, steil gegen das Stubicatal abfallende Bergrücken Kamenjak mit der Kote 270 (Sv. Theodor). Gegen N ist die Abdachung dieses Berges bloß eine allmähliche, denn wir sehen, ausgenommen einige Erosionsfurchen und kürzere Taleinschnitte $\frac{3}{4}$ *km* nördlicher von Sv. Theodor, noch immer Erhebungen

bis 261 *m.* Der Kamenjakberg mit seinen nach Norden gegen das Krapinatal abfallenden Hügeln bildet gleichzeitig die rechtsseitige Begrenzung des Oroslavjetales, während das linksseitige Gelände des Tales eine mehrfach durchfurchte Terrasse mit bis 184 *m* abs. Höhe bildet. Die relative Erhebung derselben ober dem Tal von Oroslavje beträgt daher nur 15—22 *m.*

Die südliche Begrenzung des Stubicatales bilden, wie gesagt, die sanften nördlichen Ausläufer des Agramer-Gebirges, von welchen der Kapelšćakberg mit 247 *m* abs. Höhe die höchste Erhebung im näheren Umkreis des Bades darstellt. Eine Reihe verschieden großer, gegen Norden in den Gebirgskörper eingeschnittener und durch viele kleinere Erosionsfurchen zergliederter Quertäler verleihen der ganzen Gegend ein äußerst malerisches Gepräge, welches noch insbesondere durch die vielen zerstreut umherliegenden Häusergruppen und Kulturen erhöht wird.

B. Geologische Darstellung.

(Hierzu Fig. 1 und Taf. I.)

Das älteste aufgedeckte geologische Glied der näheren Umgebung des Bades Stubičke Toplice ist ein miocäner Lithothamnienkalk. Derselbe umkreist den östlichen Teil der Depression beim Bad und bildet den bereits erwähnten, von SW nach NO streichenden Steilhang des Berges Kamenjak. Ganz unvermittelt und knapp bei der Kapelle in der Nähe des Kurhauses sehen wir abermals einen bloß wenige Schritte betragenden Leithakalkfels auftauchen.

In stratigraphischer Hinsicht wäre zu bemerken, daß der Leithakalkzug des Kamenjakberges im allgemeinen ein NO—SW-Streichen bekundet, welches sich indessen an seiner SW-Spitze in O—W ändert. Da der Leithakalk noch in Bänke gesondert ist, so zeigt er auch bezüglich seiner übrigen Lagerungsverhältnisse sehr nennenswerte Erscheinungen. Er fällt nämlich im großen Steinbruch, östlich von der Kote 271 (bei einem Streichen von NO—SW), unter einem Winkel von 40° nach NW ein, während er gleichzeitig da, und zwar knapp am Abhange eine jähe knieartige Biegung gegen SO macht, wobei dieser Faltenschenkel einen steilen Winkel von 77° einschließt. An der SW-Spitze des Kamenjakberges fällt der dort O—W streichende Kalk, ähnlich wie im vorerwähnten Steinbruch, nach N, und zwar unter einem Winkel von 45°.

Jene 400 *m* vom Kamenjak entfernte und bei der Kapelle SW des Kurhauses befindliche Leithakalkklippe scheint ein ONO—WSW-Streichen und ein flaches Einfallen nach SSO per 25° aufzuweisen.

Auf dem Lithothamnienkalk lagern unterpontische gelblichweiße plattige Kalkmergeln mit *Limnaeus* und *Planorbis*, welche am Kamenjak transgredierend über jenen Kalk auftreten. Diese Süßwassermergeln streichen an der Borova Vis, westlich der Kote 271, von NO nach SW und fallen gegen NW ein; kurz sie lagern konform mit dem Leithakalk. Ebenso liegen solche Mergel auf jener Leithakalkklippe bei der Kapelle, nur daß sie hier entsprechend der Lage des Kalkes ebenfalls von ONO nach WSW streichen und gegen SSO unter einem

Winkel von 42° einfallen, während dieses Streichen etwas südöstlicher in ein NW—SO übergeht, wobei diese Süßwassermergel nach SW unter einem Winkel von 19° oder auch bloß nur 10° einfallen. Diese Süßwasserkalkmergeln zeigen also, was Streichen und Einfallen betrifft, ein verschiedenes Verhalten, welches offenbar von der jeweiligen Anlagerung auf den Leithakalk abhängig war.

Gegen den Kapelščak heraufgehend, gelangen wir in die oberpontischen Mergel, welche ober dem Dorfe von O nach W streichen und gegen N unter einem Winkel von 21° einfallen.

Die Terrasse von Oroslavje stellt uns eine abradierte oberpontische Fläche dar, welche von Sand und Bachschotter überlagert ist. An der Serpentine westlich vom Kurhause streichen diese pliocänen verworfenen Mergel beiläufig von ONO—WSW und fallen gegen NNW ein.

Was endlich die Depression von Stubičke Toplice betrifft, so besteht dieselbe, nach den Aufschlüssen der Bachufer urteilend, aus einer 1—1.30 m dicken Lage eines sandigen gelben Lehmes. Unter letzterem sehen wir den älteren Bachschotter von variabler Mächtigkeit und unter (stellenweise auch über ihm) diesem endlich — lokal — einen zähen graublauen Tegel. Dieser Tegel ist das Produkt von Sedimentationen ruhiger Wasserausammlung, vielleicht auch von Thermal-tümpeln. Noch möchte ich bemerken, daß bei der Mühle (NNO vom Bade) Bachschotter in verschiedener Höhenlage im Lehm in Gestalt von linsenartigen Einlagerungen zu beobachten ist. Dies ist auch selbstverständlich, da ja der Toplicabach, ins breitere Tal gelangend, des öfteren seinen Lauf änderte. Den besten Beweis dafür liefert uns die Terrasse von Oroslavje, die ja ein Werk der abradierenden Tätigkeit dieser Bäche ist.

Geotektonische Verhältnisse.

(Fig. 1, 2 und 3.)

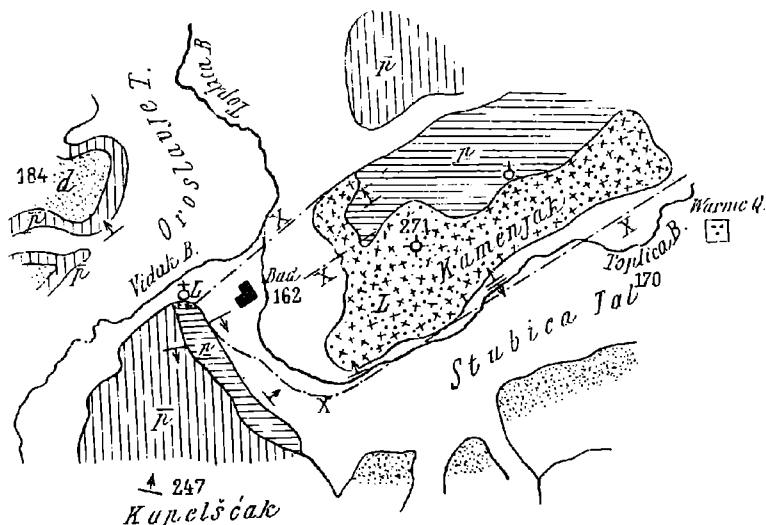
So klein auch unser in Rede stehendes Gebiet ist und obwohl da nur miocäne Strandbildungen, pliocäne Mergel und diluviale Schotter und Lehme zum Absatz gelangten, so weist uns doch die Art und Weise des Auftretens des Leithakalkes einerseits, dann das gegenseitige Verhalten der mio-pliocänen Bildungen und endlich das Vorhandensein von Thermen andererseits auf gewichtige tektonische Momente hin, welche sich im Gebiete der Thermen von Stubica in nicht ferner geologischer Vergangenheit abgespielt haben.

Zuerst wollen wir den Leithakalk ins Auge fassen.

Der Leithakalk, den wir in der Umgebung von Stubica beobachten, ist da zumeist in kleinen losen Partien vorhanden und ist entweder an die Kreidebildungen angelagert, wie bei Gornja Stubica, Pasansko und bei Slani Dol, oder er bildet selbständige größere oder kleinere Rücken, welche aus den sie umgebenden pliocänen Ablagerungen herausragen. So ist es bei Stubičke Toplice der Fall, wo uns der Leithakalk den von SW nach NO streichenden Bergrücken Kamenjak darstellt. Dieser Rücken bildet knapp an seinem SO-Steilrande eine antiklinale Knickung, deren SO-Schenkel nur im Bereiche des Steinbruches noch teilweise sichtbar ist, während an der SW-Spitze

des Berges bloß jener flache und nach N einfallende Schenkel vorhanden ist. Der SO-Rand des Kamenjak ist also abgebrochen und abgesunken. Sein unter einem Winkel von 77° nach SO einfallender Schenkel bildet aber den Gegenflügel jener Leithakalkzone, welche sich ober Slani Dol direkt auf den Körper des Agramer Gebirges lehnt. Ferner reichte der Leithakalk des Kamenjak weiter in SW-Richtung bis zur Kapelle (SW vom Kurhause), wo er jetzt eine bloß wenige Schritte lange und niedere Klippe bildet. Letztere ist also die SW-Spitze des einst da zusammenhängenden Leithakalkrückens. Von da zur NW-Ecke des Kamenjak — Borova Vis — zieht endlich die

Fig. 1.



Geologisch-tektonische Skizze der Gegend um Stubičke Toplice (1:25.000).

L = Leithakalk; p = unterpontische Süßwasserkalkmergel; \bar{p} = oberpontische Brackwassermergel; d = Terrassendiluvium; x = Bruchlinien, die nördlichste davon bezeichnet zugleich den Verlauf der Thermalspalte (siehe auch Taf. I); \uparrow = Streichen und Einfallen der Schichten.

Thermalzone, die uns gleichzeitig das Vorhandensein einer tiefen Spalte augenscheinlich macht. Die einst zwischen der Klippe und dem SW-Rande des Kamenjakberges befindliche Leithakalkmasse ist zufolge der dieses Terrain umgrenzenden Spalten (x) abgesunken.

Nun wollen wir das Verhältnis, welches zwischen den pliocänen Bildungen und dem Leithakalk besteht, ins Auge fassen. Vor allem muß betont werden, daß das Pliocän hier durch zwei Abteilungen vertreten ist: durch eine ältere Süßwasserfazies und eine jüngere brackische Abteilung. Erstere, nämlich jene hellen plattigen Kalkmergel überlagern den Leithakalk des Kamenjak an seiner NW-Flanke und langen bis auf den Bergrücken herauf. Dieselben Mergel überlagern auch die westliche Spitze — die Borova Vis — deren Basis

indessen aus Lithothamnienkalk besteht, doch scheint mir diese vorgelagerte Bergspitze eine vom Leithakalkkörper des Sv. Theodor abgesunkene Partie darzustellen, was uns die Einsattelung zwischen beiden Bergen anzudeuten scheint.

Die in Rede stehenden Süßwassermergel der unterpontischen Stufe sowie auch der Leithakalk streichen von SW nach NO und fallen, wie bereits erwähnt, nach NW ein. Auch jene Leithakalkklippe bei der Kapelle hat im direkten Gefolge jene Kalkmergel, die zuerst, und zwar am Leithakalk selbst, von ONO nach WSW streichen und nach SSO unter einem Winkel von 42° einfallen. Dieses Streichen ändert sich aber, in SO-Richtung gehend, in NW—SO, wobei sich der Einfallswinkel auf 19° und bloß 10° verkleinert. Das Verhalten des unterpontischen Kalkmergels als des direkt auf dem Leithakalk lagernden stratigraphischen Elements deutet unzweifelhaft darauf hin, daß a) zu Ende des Miocäns eine Senkung der hier vorhandenen Leithakalkmassen stattgefunden hat, derzufolge eine Transgression der unterpontischen Bildungen über den Leithakalk eingeleitet wurde (die sarmatischen Bildungen sind da nämlich verdeckt), und daß b) der miocäne Leithakalkrücken des Kamenjak während der Anlagerung des Süßwasserkalkmergels noch den Raum zwischen dem SW-Abhänge des Kamenjak und der Kapellenklippe eingenommen hat. Dieser Raum wird im NW durch den Vidakbach begrenzt. Diese Grenzlinie fällt gleichzeitig mit jenem Verwurf zusammen, an welchem der Leithakalk samt dem ihm da aufgelagert gewesenen unterpontischen Süßwassermergel abgesunken ist. Diesen Verbruch markiert uns da speziell noch die Thermalzone von Stubičke Toplice.

Fig. 2

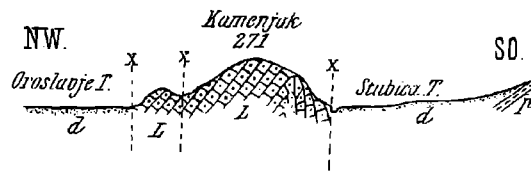
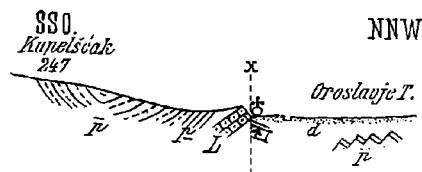


Fig. 3



Schematische Profilskizzen, und zwar: Fig. 2 durch den Kamenjak in NW—SO-Richtung und Fig. 3 über den Kapelščak und die Leithakalkklippe bei der Kapelle ins Tal von Oroslavje in SSO—NNW-Richtung.

L = Leithakalk; p = unterpontische Kalkmergel; \bar{p} = oberpontische Mergel; d = Diluvium; x = Verwürfe.

Der SO-Rand des Kamenjakberges, welcher zugleich einen Teil des rechten Ufers des Toplicabaches bildet, ist — wie ich dies bereits betont habe — ein Bruchrand, welcher parallel mit jenem soeben beschriebenen der Thermalzone verläuft und NO bei der Kote 170 (westl. des Weges nach Dol. Stubica) das Dasein einer Therme einleitete.

Die Umgebung der nördlichen Ecke des Kapelšćak, das ist die Leithakalkklippe samt jenen Kalkmergeln, bildet also einen integrierenden Teil der einstigen aus dem oberpontischen Meer herausragenden Leithakalkinsel des Kamenjakberges. Die nachträglichen postpliocänen Krustenbewegungen zerbrachen jene Leithakalkinsel und die durch Spalten getrennten Schollen sanken zum Teil in die Tiefe. Die beiden von SW nach NO verlaufenden Spalten an den entsprechenden Rändern des Kamenjakberges sind Parallelspalten zu jenen des NW-Abhanges des Agramer-Gebirges, welche bei Anfang des Oligocäns (?) längs der Linie Gornja Bistra—Kraljev Vrh die teilweise eruptive Tätigkeit daselbst bewirkte und auch später (postpliocän) jenen Leithakalkabbruch bewerkstelligte, der an der Linie Novaki—Pila vor unsere Augen tritt. Die oberpontischen Bildungen, welche die Basis der Terrasse Oroslavje westlich beim Bad bilden, lassen (an der Straßenserpentine) sehr deutlich die postpliocänen Verbrüche in einer Reihe von Verwerfern innerhalb der genannten oberpontischen Bildungen erkennen. Die Terrasse selbst und die Schichtenköpfe dieser Verwürfe sind mit diluvialen Bachschotter bedeckt. Es kann sein, daß dieser Schotter jener Schotterlage entspricht, welche wir unter der Lehmdecke der Talsohle beobachten, woraus sich die Sprunghöhe des Verwurfes mit beiläufig 23 m annehmen ließe. Nach erfolgtem postpliocänen — also diluvialen — Verbruch nämlich wurde die Erosionsbasis da tiefer gelegt und das jetzige Tal von Oroslavje respektive Stubica ausgewaschen und angeschwemmt.

Unsere geotektonischen Betrachtungen ergaben, daß das Thermengebiet von Stubica an eine von SW nach NO streichende Spalte gebunden ist und daß uns die in Rede stehenden Thermen demnach aus der Tiefe aufsteigende Spaltquellen darstellen. Die bereits erwähnten warmen Tümpel bei der Kote 170 (am Wege nach Dol. Stubica) bilden eine Parallelerscheinung zur Thermalzone von Bad Stubica, indem dieselben durch dieselbe Ursache, nämlich den von SW nach NO verlaufenden Leithakalkverbruch des Südostrandes des Kamenjak bedingt wurden.

C. Die hydrographischen Verhältnisse.

(Hierzu Tafel I und II.)

Wir haben dieselben schon teilweise berührt. Im nachfolgenden geben wir ein zusammenhängendes Bild aller in hydrographischer Hinsicht in Betracht kommenden Faktoren. Als solche sind zu nennen: die Bäche, die Kaltwasserquellen und Brunnen, dann die Thermen.

I. Die Bäche.

Diesbezüglich kommt bloß der Toplicabach mit seinem Zufluß Vidakbach und davon nur die in der Umgebung des Bades gelegenen Bachstrecken in Betracht.

Wir wissen bereits, daß beide Bäche beiläufig zu Anfang des Diluviums hier in einem etwa 22 m höher gelegenen Niveau sich windeten. Als sprechenden Beweis dafür sehen wir die Abrasionsterrasse von Oroslavje. Nach stattgehabtem Einsinken des SW-Endes des Kamenjak, wobei neben dem Leithakalk auch die demselben angelagerten alt- und jungpliocänen Mergel mit in die Tiefe gesunken sind, was uns die staffelförmig und mehrfach verworfenen oberpontischen Mergel der SO-Ecke der Terrasse von Oroslavje beweisen, wurden auch jene Bachläufe in ein enger umgrenztes Gebiet zwischen der genannten Terrasse und den stehengebliebenen Kamenjakrücken eingeschlossen. Nachdem die Bäche diesen oberen Teil des Oroslavjetales mittels Sedimente, Schotter und Sand, ausgeglichen und überdies die atmosphärischen Wässer von den anliegenden Abhängen die lehmigen Verwitterungsprodukte herabspülten und ablegten, erhielt dies Tal allmählich sein jetziges Antlitz.

Es wird nun notwendig sein, das jetzige Verhalten der beiden Bäche in Betracht zu ziehen, da es nicht ohne Belang für die Grundwasser- und Thermalverhältnisse sein dürfte. Feldzeugmeister Freiherr v. Steeb hat sich der mühevollen Arbeit unterzogen und alte, bis auf nahezu 100 Jahre zurückreichende kartographische Aufzeichnungen in bezug auf die stattgefundenen Änderungen der in Rede stehenden Bachläufe, insbesondere aber hinsichtlich einer etwa vor sich gegangenen vertikalen Verschiebung der Bachsohlen, nachgeprüft. Da es nicht gelegnet werden kann, daß die beiden genannten Bäche — speziell aber der Toplicabach — in bezug auf seine erosive Tätigkeit sowohl in vertikaler als horizontaler Richtung hin von eminenter Wichtigkeit hinsichtlich der Schwankungen der in dieser Depression angesammelten Grundwässer — ja zum Teil auch der Thermalwässer — ist, so glaube ich, daß es von Wichtigkeit sein dürfte, die von v. Steeb eruierten Ergebnisse in bezug auf die beiden Bäche Toplica und Vidak wörtlich folgen zu lassen:

a) Der Vidak.

„Der Vidak potok hat seinen Lauf während der letzten 100 Jahre nur wenig geändert. Vor dem Jahre 1861 bildete er bei der ehemaligen Therme F (Tafel II), 40 m nach N ausbiegend, eine Serpentine. Im Jahre 1880 soll der Vidak bei normalem Wasserstande eine Breite von 3·8—7·6 m, eine Tiefe von 0·8—2·0 m und eine Geschwindigkeit von 0·6 m gehabt haben, so daß in der Sekunde etwa 0·5 m³ abfließen. Dies stimmt nicht mit dem gegenwärtigen Zustande. Bei etwas höherem Sommerwasserstande wurde nämlich¹⁾ zunächst des Steges, in der

¹⁾ Am 31. August 1909. Am 26. August 1909, bei einem um 0·08 m niedrigeren Wasserstande, ergab sich zunächst der untersten Brücke (bei 161·07) die in der Sekunde abfließende Wassermasse mit 0·04 m³, die größte Tiefe mit 0·11 m.

Verlängerung der NO-Front des Hauptgebäudes, die Bachbreite mit 1.50 m , die durchschnittliche Tiefe mit 0.31 m , die größte Tiefe mit 0.59 m , die Geschwindigkeit mit kaum 0.2 m und die in der Sekunde abfließende Wassermasse mit etwa 0.08 m^3 — also zirka ein Sechstel der Bestimmung vom Jahre 1880 — ermittelt. Abwärts der Schleuse (160-650) ist die Wassermasse noch etwas geringer, da durch erstere Wasser durchsickert.

1880 sollen Hochwässer häufig die Ufer überschwemmt haben. Dies geschieht jetzt selten. Das Bachbett, welches im oberen Teile bis 6 m breit ist und über 1 m hohe Ufer besitzt, genügt gegenwärtig gewöhnlich, um die Hochwässer aufzunehmen. Dies ist um so mehr tunlich, als bei bedeutendem Wasserstande die Schleuse und das Überfallwehr daneben (160-650) einen Teil des Wassers, bei der Levinquelle vorbei, direkt in die Toplica fließen lassen. Nur beim Eisgang, wenn Stauungen vorkommen, oder nach anhaltendem starken Regen tritt jetzt der Vidak aus seinen Ufern¹⁾.

b) Die Toplica.

„Bei der Toplica ist der Abschnitt zwischen den beiden, erst 1903 erbauten Wehren bis etwa 30 m stromauf des oberen Wehrs seit 1820 fast unverändert geblieben. Noch weiter aufwärts war aber damals der Bach stark gegen Westen gekrümmt, so daß er sich bis auf zirka 20 m der Wiesenquelle näherte. Diese Serpentine wanderte stromauf. 1861 stimmte das Bachbett bereits bis auf 150 m südlich des oberen Wehrs mit dem jetzigen überein. 1880 wurde die Breite der Toplica mit 5.7 — 38.0 m , die Tiefe mit 1.6 — 2.4 m , die Geschwindigkeit mit 0.5 m bei Normalwasser angegeben. In einer Sekunde flossen 1.3 m^3 Wasser ab.

Dies weicht bedeutend vom jetzigen Zustande ab. Am 21. September 1909 wurde 115 m stromauf vom oberen Wehr die Bachbreite mit 5.65 m , die durchschnittliche Tiefe mit 0.85 m , die größte Tiefe mit 1.14 m , die Geschwindigkeit mit 0.03 m und die in einer Sekunde abfließende Wassermenge mit 0.14 m^3 ermittelt.

Am selben Tage war 14 m abwärts des Steges die Bachbreite 5.70 m , die durchschnittliche Tiefe 0.11 m , die Geschwindigkeit 0.5 m und die in einer Sekunde abfließende Wassermasse 0.29 m^3 .

Die Wassermasse wäre also jetzt nur etwa der fünfte Teil von jener im Jahre 1880. Wenn man auch berücksichtigt, daß die neuen Daten sich auf das Herbstniederwasser beziehen — also vielleicht ein Minimum darstellen — so bleibt dieser Unterschied doch auffallend.

Die Hochwässer verursachten 1880 ausgedehnte Überschwemmungen. Bei abnorm hohen Inundationen kam das Wasser längs der Chaussee und floß durch das Badehauptgebäude wieder in das Toplicabett. Solche Überschwemmungen dürften im Raume innerhalb

¹⁾ Ein solches Hochwasser war Mitte Oktober 1909. Dasselbe zerstörte einen Teil der Schleuße beim Abflusse zur Levinquelle. Dieselbe wurde wieder hergestellt und bei dieser Gelegenheit das Überfallwehr daselbst verbreitert.

des Badeetablissemments beinahe die Kote 162 *m* erreicht haben. Um diese sehr unangenehmen Hochwässer abzuwehren, wurde Ende 1880 oder vielleicht 1881 rings um das Bad die aufgedämmte Straße hergestellt, welche durchaus höher als 162 *m* liegt. Gleichzeitig beseitigte man die 150 *m* stromauf des jetzigen oberen Wehrs befindliche Serpentine durch einen Durchstich.

Gegenwärtig treten zwei- bis dreimal jährlich ein bis zwei Tage während Hochwässer auf, welche beim oberen Wehr¹⁾ die absolute Höhe von 161·0 *m* bis vielleicht 161·3 *m* erreichen dürften. Beim Steg entspricht dies den Koten 159 *m* und 160·5 *m*²⁾.

Oberhalb des jetzigen unteren Wehrs wendete sich die Toplica 1820 nicht nach rechts, sondern strömte gerade, in nördlicher Richtung weiter und vereinigte sich zwischen den zwei jetzt bestehenden Vidakbrücken mit diesem Bache. Derselbe mündete also nicht, wie heute unterhalb der Mühle in die Toplica, sondern letztere floß im Vidakbette — mit dem Vidak gemeinsam — zur Mühle.

Nur das überschüssige Wasser der Toplica gelangte über ein Wehr, in der Gegend der heutigen Schleuse (160·650), an der Levinquelle vorbei in einen tiefer liegenden Abfluß. Letzterer benützte beiläufig das heutige Bett der Toplica und mündete abwärts der Mühle in die vereinigten Vidak-Toplica-Bäche.

Die Gegend westlich und südwestlich des Levinbrunnens, wo die Vereinigung der Toplica und des Vidak stattfand, scheint (1820) sehr verwildert gewesen zu sein. Inselbildungen und tote Arme nahmen einen größeren Raum ein.

Im Jahre 1861 war dies bereits reguliert. Die Toplica floß in einem geraden Bette vom jetzigen unteren Wehr zum Vidak und vereinigte sich mit diesem in sehr spitzem Winkel, etwa 20 *m* stromab der jetzigen, untersten Vidakbrücke (161·07). Für den Abfluß des Toplicaüberwassers war im rechten Ufer ein 25 *m* langes Wehr eingebaut. Dasselbe erstreckte sich von der heutigen Mündung des Abflußkanals, des heißen Wassers (unterhalb des zweiten Wehrs), bis etwa 6 *m* westlich des Levinbrunnens. Rechts dieses Wehrs lag der tiefere Abfluß³⁾. Reste dieses Wehrs, aus einer Pfostenwand hergestellt, bestehen heute noch neben der Levinquelle. Die Pilotenköpfe besitzen jetzt die Kote 159·43 *m*.

Im Jahre 1880 war dieses Wehr schon an einigen Stellen durchbrochen, insbesondere aber, bis auf 25 *m* stromaufwärts vom Wehr, das Ufer durchgerissen. Der Toplica war damit in einer langen Strecke der Weg in den tieferen Abfluß — also beiläufig in das heutige Toplicabett — eröffnet. Es gelangte daher damals nicht nur kein Toplicawasser in den Vidak, sondern floß sogar ein Teil des letzteren zurück gegen die Toplica.

¹⁾ Der Wehrbalken hat die Kote 159·82 *m*. Mitte Oktober 1909 wurde diese Stauhöhe auf 159·56 vermindert. Gleichzeitig ist das untere Wehr, welches nur aus einem Staubalken bestand, beseitigt worden.

²⁾ Von den letzteren Angaben ist die zweite die verlässlichere. Seit Ende Oktober 1909 besteht 18·7 *m* stromauf vom oberen Wehr und 2·5 *m* vom linken Ufer ein Pegel in der Toplica. Der Nullpunkt desselben hat die Kote 159·52 *m*.

³⁾ Der Abfall unmittelbar beim Wehr dürfte 0·9 *m* betragen haben.

Um den Betrieb der Mühle zu ermöglichen, mußte der Vidak gegen die Toplica abgesperrt werden, nur das Überwasser gelangte dahin. Hochwässer erweiterten die Öffnungen im rechten Toplicaufer und so entstand bis etwa 1886 im Prinzip das heutige Verhältnis, bei dem kein Toplicawasser zur Mühle gelangt. Dem entspricht auch eine Darstellung, welche etwa aus dem Jahre 1894 stammen dürfte. Nach derselben wendete sich die Toplica zu jener Zeit stromab des heutigen unteren Wehrs zuerst gegen Ost, dann gegen West — gegen den Vidak potok — und vereinigte sich mit diesem Bache, nach einem abermals gegen Ost gekehrten Bogen, an derselben Stelle wie gegenwärtig.

1895, oder im Frühjahr 1896, wurde die Bachkrümmung östlich der Mühle abgeschnitten und bald darauf der Bachteil zunächst des jetzigen Steges reguliert. Dabei ergab sich die Notwendigkeit, den Abfluß des Vidak Überwassers anders zu gestalten. Derselbe erfolgte nämlich bishin in einem schmalen Graben, welcher fast gegen die Laufrichtung der Toplica gerichtet war. Der neue Abfluß wurde mehr gegen Nordost gedreht und verbreitert. Diese Rinne gelangte dadurch in die Gegend der Levinquelle. Dieser Vidakabfluß ist durch eine Schleuse und daneben befindliches Überfallwehr (Kote 160.65 *m*) gegen die zirka 2 *m* tiefer liegende Toplica abgeschlossen, so daß gewöhnlich nur etwas Sickerwasser dahin gelangt. Bei Hochwasser im Vidak stürzen aber hier, bei der Levinquelle, bedeutende Wassermassen in die Toplica.

1902 trat ein außergewöhnlich großes Hochwasser ein. Dasselbe riß die Uferversicherungen in der Gegend des jetzigen Steges weg. Die Breite des Bachbettes, bishin 8—9 *m*, wurde dadurch in diesem Abschnitte verdoppelt, die Stegquelle freigelegt. Dasselbe Hochwasser demolierte das Wehr der Sermage'schen Mühle, zirka 1.5 *km* unterhalb der zum Bade gehörigen Mühle.

Vorstehendes kann dahin zusammengefaßt werden, daß die Toplica stromauf vom unteren Wehr seit etwa 30 Jahren beinahe im gleichen Bette fließt, während stromab obigen Wehrs bis in die jüngste Zeit mannigfache Veränderungen vorgekommen sind. Besonders der Raum etwa 30 *m* südlich und östlich des Levinbrunnens ist von dem stets wechselnden Abfluß des Vidak Überwassers vielfach durchwühlt. Die jetzige Stegquelle blieb bis 1894 östlich der Rinne — wenn auch manchmal nur einige Meter weit — dann lag sie westlich der Toplica und erst durch die Regulierung vom Jahre 1896, beziehungsweise Verbreiterung des Bachbettes gelegentlich des Hochwassers vom Jahre 1902 kam die Stegquelle in die Furche der Toplica. Im Sommer 1909 war bereits wieder in der Gegend der Stegquelle und 20 bis 25 *m* auf- und abwärts derselben das früher über 17 *m* breite Bachbett, durch eine 20—60 *cm* hohe Schotterablagerung am linken Ufer, auf 9 *m* verengt.

Die Levinquelle befand sich 1820 bis 1880 innerhalb des Vidak Überfallwasserabflusses, war dann 1894 nördlich dieser Rinne und ist durch die Regulierung von 1896 wieder in dieselbe gekommen.

Über die Niveauverhältnisse jenes Raumes, in dem seinerzeit das Toplicaüberwasser abgeflossen — also unterhalb der betreffenden Wehr vom Jahre 1861 — geben die Höhenkoten vom Jahre 1880 einen wenn auch nicht ganz verlässlichen Aufschluß. Sie sind nämlich an und für sich allerdings auf 5—10 *cm* richtig, es ist aber nicht immer tunlich, den Punkt verlässlich zu ermitteln, auf den sie sich beziehen.

Nach diesen Koten vom Jahre 1880 hätte der Bachgrund zwischen der Levin- und Stegquelle die absolute Höhe 158·91 *m*, er würde also 0·24 *m* über der ersteren und 0·52 *m* über der letzteren Quelle gelegen sein. Dies erscheint etwas zu hoch. Die Wassertiefe war an jener Stelle, beinahe wie jetzt, 0·2 *m*.

Mit Sicherheit lassen die vorhandenen Nivellements erkennen, daß der Grund der Toplica seit etwa 15 Jahren seine Höhenlage nicht bemerkenswert geändert hat. Sollte dies geschehen sein, so hat sich das Bachbett vielleicht um einige Zentimeter gehoben¹⁾.

Wir wollen diesen von v. Steeb gemachten Erhebungen vorläufig nur dies hinzufügen, daß wir in unseren nächsten Erörterungen über die Schwankungen des Thermalwassers hauptsächlich die Verhältnisse des Toplicabaches im Auge halten werden, als auch die Tatsache, daß das Bett dieses Baches seit mehreren Jahrzehnten (bestimmt aber seit zirka 15 Jahren) im vertikalen Sinne keine bemerkenswerten Oszillationen erlitten hat. Andererseits aber müssen wir auf den Umstand hinweisen, daß die Breite des Bachbettes beim Steg in neuester Zeit (1902) eine horizontale Ausbreitung im Niveau des Thermalhorizonts erfahren hat.

2. Die Quellen und Kaltwasserbrunnen.

Quellen gibt es um Stubičke Toplice nur wenige und diese liegen am NW-Abhange des Kamenjak in der Nähe und südlich bei der Kote 209. Es sind dies Schichtquellen, gebunden an die ober-

¹⁾ Der Toplicagrund hatte nach dem Nivellement von Piatki (aus dem Jahre 1894, vielleicht auch früher) vom jetzt bestehenden oberen Wehr 56 *m* stromauf die Kote 158·98 *m*, dann 120 *m* oberhalb desselben Wehrs die Kote 159·87 *m*. Für den Bachgrund ergibt sich daher ein Gefälle von 6 *mm* auf einen Meter, woraus für den Grund an der Stelle des jetzt bestehenden oberen Wehrs die Kote 158·64 *m* resultiert. Gegenwärtig entspricht dem Bachgrunde knapp unterhalb des Wehrs die Kote 158·72 *m*.

Piatki gibt weiters für den Toplicagrund 11 *m* abwärts vom jetzigen Steg die Kote 158·12 *m*. Heute entspricht der tiefsten Stelle des Grundes beim Stege die Kote 158·20 *m*. Dies würde ein Gefälle von 7 *mm* auf den Meter ergeben, was wahrscheinlich zu groß. Die Bachsohle liegt also hier voraussichtlich um 2—3 *cm* höher als früher.

Piatki bestimmte endlich bei der Mündung des Vidak potok in die Toplica die Kote des Bachgrundes mit 157·72 *m*. An dieser Stelle befindet sich jetzt eine Sandbank. 5 *m* stromabwärts davon, bei der Furt, besitzt die tiefste Stelle des Bachbettes gegenwärtig die Kote 157·74 *m*. Es liegt hier also die Bachsohle heute um 2 *cm* höher wie vor 15 Jahren, wenn man auch das Gefälle des Bachbettes (etwa 2 *cm*) gar nicht berücksichtigt.

pliocänen Bildungen. Dieselben stehen in gar keinem Zusammenhang, weder mit den Grund- noch den Thermalwässern. Wir können deshalb sogleich auf die Betrachtungen der Kaltwasserbrunnen übergehen. (Die Kotierungen und Wasserstände wurden von v. Steeb eruiert.)

Die Brunnen sind natürlich an die Wohnstätten der Menschen gebunden und wir finden sie auch dementsprechend am N- und NO-Abhang des Kapelšćak.

a) Der Kaltwasserbrunnen südlich der Kapelle. Es ist dies der den Thermen am nächsten gelegene, im Gebrauche stehende Kaltwasserbrunnen. Seine Entfernung vom Maximilianeum beträgt bloß 120 m und er liegt sozusagen in der SW-Verlängerung der Thermalspalte.

Die absolute Höhe des Bodens beträgt . . . 165·22 m,
 Der Wasserspiegel befindet sich in einer abs. Höhe von 155·99 m,
 Die Temperatur des Wassers fand ich = 14·5° C.

Der Brunnenschacht befindet sich bereits in der Zone der unterpontischen Mergel. Der Wasserspiegel dieses Brunnens liegt etwas über 2·5 m unter dem tiefsten Thermalhorizont (im Bache) oder etwas über 4·5 m unter dem mittleren Thermalwasserstandim Maximilianeum. Da dieser Brunnen überdies auch um über 3·5 m unter dem Wasserspiegel des Baches Toplica liegt, so ist dadurch seine vollständige Unabhängigkeit von den Fluktuationen sowohl des Wasserstandes des Baches, als auch den der Thermen evident. Die an die Thermalinie relativ stark genäherte Lage dieses Brunnenschachtes scheint die Ursache zu sein, daß die Temperatur des Wassers um zirka 1° C höher ist als die der übrigen Brunnen. Noch wäre zu bemerken, daß das Wasserquantum dieses Brunnens, wie man mir erzählte, teilweise vom Regenwetter und der Dürre abhängt¹⁾.

b) Der Brunnen des Gajski liegt südöstlich und am weitesten vom Maximilianeum.

Die Erdoberfläche liegt in 163·03 m abs. Höhe.
 Der Wasserspiegel liegt in . . . 160·00 m „
 Die Temperatur des Wassers = 13·4° C.

Nach dem Regen wird das Wasser trüb. Dieser Brunnen ist zirka 75 m vom Toplicabache entfernt.

c) Der Brunnen des Flegar (Norton) liegt etwa 100 m NW vom vorigen.

Die Erdoberfläche befindet sich in der abs. Höhe 163·0 m.
 Der Wasserstand desselben liegt etwa in „ „ 159·5 m.
 Die Temperatur des Wassers beträgt 12·4° C.

Dieser Brunnen ist zirka 60 m vom Toplicabache entfernt.

¹⁾ Baron Steeb hat noch einen aufgelassenen Brunnen, welcher nördlich und knapp bei der Kapelle steht, gemessen. Er fand: Bodenoberfläche = 164·0 m, Wasserspiegel 159·8 m. -- Wasser stagnierend. Dieser Brunnen, 41 m vom Kapellenbrunnen ad a), liegt bereits in der diluvialen Depression und reiht sich den übrigen Grundwasserbrunnen an.

d) Der Brunnen des Šipek liegt 250 m westlich vom Maximilianeum und zirka 70 m vom Vidakbache entfernt.

Die Erdoberfläche liegt in	164·08 m abs. Höhe.
Der Wasserspiegel liegt in	161·86 m „
Die Temperatur des Wassers beträgt	13·4° C.

Nach einem Regen trübt sich das Wasser.

e) Der Brunnen des Majdić liegt vom vorigen westlich und zirka 120 m entfernt. Die Temperatur des Wassers beträgt 12·5° C, dasselbe ist stets klar.

3. Die Thermalquellen.

Das Thermalgebiet von Stubičke Toplice ist in so mancher Beziehung von Interesse. Die eingehenden Untersuchungen über die Oszillationen des Thermalwasserstandes einerseits, dann die gemachten Erhebungen über die Temperaturverhältnisse des Bodens im Bereiche der Thermen andererseits ergaben einige bemerkenswerte Data, welche zur näheren Erkenntnis der Natur dieser Thermen, insbesondere ihre Abhängigkeit von den tektonischen und meteorologischen Verhältnissen in mancher Hinsicht zu erkennen geben.

Um alle diese Erscheinungen möglichst übersichtlich zu gestalten, werde ich dieses Kapitel in drei Abteilungen zerlegen, wovon das erste die einzelnen Thermalquellen behandeln, ein zweites die Bodentemperaturen im Bereiche der Thermen veranschaulichen und endlich ein dritter Abschnitt einige allgemeinere Folgerungen besprechen soll.

a) Die Beschreibung der Thermen.

α) Die Thermen der Spalte des NW-Abhanges des Kamenjak.

Diese Thermen bilden das Bad Stubičke Toplice. Die nachfolgende Beschreibung der einzelnen Quellen verdanke ich Sr. Exzellenz Herrn Baron Steeb.

Das Maximilianeum.

„Das Maximilianeum ist ein im Badehauptgebäude befindliches Bassin, mit gewölbter Decke. Der Wasserspiegel mißt beiläufig 33 m². Der Boden liegt am Nordwestende in der absoluten Höhe 160·15 m. Er ist aus einem Pfostenbelag gebildet, durch Löcher in demselben quillt das warme Wasser. Besonders reichlich und heiß — etwa 50—56° C — ist dieser Zufluß am Südostende. Während der Badesaison wird von 6—8 Uhr abends das Wasser vollständig abgelassen, es steigt dann bis 6 Uhr früh gewöhnlich auf 38—45 cm. Dies entspricht einem Zufusse von etwa 14 m³ in 10 Stunden; doch erfolgt derselbe mit rasch abnehmender Geschwindigkeit. In der Nacht vom 1. auf den 2. Juni 1909 erreichte die Wasserhöhe

nach der 1. Stunde	13 cm
„ „ 2.	19

nach der 3. Stunde 24 *cm*

„ „ 4. „ 28 „

Nach der 9. Stunde war die Wasserhöhe 40 *cm*.

Sie wächst dann in der Regel noch weiters durch 12 Stunden bis zur durchschnittlichen Höhe von 51 *cm*¹⁾. Das Maximilianeum enthält dann zirka 16·5 *m*³. Dieses Badebassin wurde um das Jahr 1820 erbaut. Sein Wasserinhalt ist damals „nach einer oberflächlichen Schätzung“ mit 3 Kubikklaftern oder 20·46 *m*³ angegeben worden. Dies würde der Wasserhöhe von 62 *cm* entsprechen. Piatki hat zirka im Jahre 1894 die absolute Höhe des Wasserspiegels und Bodens ermittelt. Danach war vor ungefähr 15 Jahren die Wasserhöhe im Maximilianeum 97 *cm*, also um 46 *cm* größer als jetzt²⁾.

Etwa 15 *m* nördlich vom Maximilianeum, dort wo seit 1893 die Wannebäder sind, war in einer Bodenvertiefung eine heiße Quelle.

Beiläufig 30 *m* nordwestlich vom Maximilianeum, im Hofe des Kurbauwes, steht ein Brunnen, der (nach 10 Minuten Pumpen) zirka 50° C heißes Wasser liefert.

Die Hauptquelle.

Die Hauptquelle befindet sich in einem runden, mit Bruchsteinen ausgemauerten Brunnen von 3·08 *m* Durchmesser, also 7·45 *m*² horizontalem Querschnitt. Die Brunnenwände wurden vor etwa 15 Jahren auf der Außenseite mittels einer zirka 20 *cm* dicken Betonschicht gedichtet, welche bis über den Wasserspiegel reicht.

Die Sohle des Brunnens liegt in der absoluten Höhe 159·73 *m*. Die durchschnittliche Wasserhöhe kann mit 72 *cm* angenommen werden. Die Wassermasse im Brunnen beträgt dann 5·35 *m*³. Die Temperatur desselben mißt 52—59° C.

Auf dem Brunnen steht ein achteckiger Turm. Derselbe enthält zirka 2·75 *m* über dem Quellenspiegel einen 3·7 *m*³ großen Eisencasson. In diesen wird das Quellwasser gepumpt und von dort in die verschiedenen Badeanlagen verteilt. Die Pumpe, von einer kleinen Dampfmaschine angetrieben, fördert mindestens 2·5 *m*³ in der Stunde³⁾.

¹⁾ Nach Beobachtungen vom 5. Juli bis 8. August 1909 erreichte die Wasserhöhe im Maximilianeum im Durchschnitte 8 Stunden nach dem Schließen des Abflusses 37 *cm*, nach abermals 8 Stunden stieg das Wasser um etwas mehr als 5 *cm* und in noch weiteren 6 Stunden um ein wenig mehr als 2 *cm*, so daß 22 Stunden nach dem Schließen des Abflusses die Wassertiefe durchschnittlich 45 *cm* betrug.

Das Steigen des Wassers mißt also im Mittel von der 4. zur 8. Stunde, nach Sperrung des Abflusses, 2·5 *cm*, von der 8. zur 16. Stunde etwas mehr als 0·5 *cm* und von der 16. bis zur 22. Stunde zirka 0·3 *cm* per Stunde.

²⁾ Vor dem Jahre 1880 soll sich das Niveau des Maximilianeums plötzlich gesenkt haben, als man den Abfluß desselben reinigte. Man vermutete die undurchlässige Erdschicht an einer Stelle durchgeschlagen zu haben und bemühte sich dies wieder zu dichten, es soll aber nicht vollständig gelungen sein.

³⁾ Im Frühjahr 1909 ist die Leistungsfähigkeit dieser Pumpe durch verschiedene Verbesserungen auf beinahe das Doppelte gestiegen.

In dieser Weise — aber ohne Pumpenanlage — bestand die Hauptquelle schon 1820. Damals umgab das Quellenhaus ein kleines Dunstbad — das Dianabad. In demselben wurde mittels Blechröhren der heiße Wasserdampf auf die leidenden Körperteile geleitet.

Die Mächtigkeit des Zuflusses zur Hauptquelle läßt sich schon danach beurteilen, daß die vorhandene Pumpe den Quellenwasserspiegel nur um etwa 20 *cm* zu erniedrigen vermag; dann übersteigt der Zufluß die Leistungsfähigkeit der Pumpe (2·5 *m*³ per Stunde). Während des Pumpens sinkt die Quelle nicht jedesmal in derselben Weise; wahrscheinlich arbeitet die Maschine ungleich. Nach dem Einstellen des Pumpens steigt aber der Wasserspiegel scheinbar stets nach demselben Gesetze. Deutlich ist zu erkennen, daß der Zufluß um so stärker wird, je tiefer die Quelle ausgepumpt wurde.

Weitere Details sind aus der auf pag. 18 befindlichen Tabelle I zu entnehmen.

Das Niveau der Hauptquelle scheint sich im Laufe der Zeit geändert zu haben. Hochmayer gibt nämlich 1880 eine Kote 160·73 *m* an, welche sich auf den Wasserspiegel der Hauptquelle beziehen dürfte. Derselbe wäre demnach vor 30 Jahren um 0·28 *m* höher gewesen als jetzt.

Andererseits ist jedoch 1820 das Wasser der Hauptquelle im natürlichen Gefälle — ohne Pumpen — in das Bauernbad (heutiges Schweizerhaus) gefloßen. Für den Wasserspiegel des letzteren ermittelte Piatki vor etwa 15 Jahren die absolute Höhe 159·34 *m*, das ist um 0·11 *m* weniger als das gegenwärtige Niveau der Hauptquelle. Dieselbe könnte somit auch heute noch in das Bauernbad fließen.

Die Wiesenquelle.

Die Wiesenquelle wurde 1902 erschlossen. Der etwa 2 *m* tiefe, runde Brunnen hat 1·56 *m* Durchmesser, also einen horizontalen Querschnitt von 1·91 *m*². Die Verkleidung besteht aus trockenem Bruchsteinmauerwerk. Die Sohle besitzt die absolute Höhe 159·16 *m*, die durchschnittliche Wasserhöhe 66 *cm*. Die Wassermenge im Brunnen mißt 1·3 *m*³, die Temperatur der Quelle beträgt 44—52° C.

Der Brunnen ist nur lose mit Pfosten zugedeckt. Durch eine eiserne Saugleitung ist die Verbindung mit der zirka 65 *m* entfernten, bei der Hauptquelle stehenden Pumpe hergestellt.

Die Mächtigkeit des Zuflusses läßt die auf pag. 19 befindliche Tabelle II erkennen. Während des Pumpens ändert sich der Wasserspiegel unregelmäßiger als bei der Hauptquelle. Dies erklärt sich dadurch, weil die Wassermenge der Wiesenquelle etwa nur ein Viertel von jener der Hauptquelle ausmacht. Das Steigen der Wiesenquelle nach dem Einstellen des Pumpens findet vielleicht deshalb rascher statt, weil die Brunnenverkleidung durchlässig, bei der Hauptquelle aber abgedichtet ist. Bei der Wiesenquelle vermag die Pumpe den Wasserspiegel um etwas mehr zu erniedrigen, als bei der Hauptquelle.

Hauptquelle.

Tabelle I. (Zu pag. 17.)

Benanntlich				Am 25. Juni 1908 nach der															
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	
				Stunde															
				gepumpt				nicht gepumpt				gepumpt				nicht gepumpt			
W a s s e r	Höhe	bei Beginn der Stunde		cm	69	58	50	50	46	46	60	64	66	57	53	51	48	62	66
		bis zum Ende der Stunde	abgenommen	cm	13	6	0	4	0	—	—	—	9	4	2	3	—	—	—
			zugekommen	cm	—	—	—	—	—	14	4	2	—	—	—	—	14	4	—
	heraus gepumpt			m ³	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	—	—	—	2.5	2.5	2.5	2.5	—	—	—
	im Brunnen abgenommen			m ³	1.0	0.4	0	0.3	0	—	—	—	0.7	0.3	0.1	0.2	—	—	—
	in den Brunnen zugeflossen			m ³	1.5	2.1	2.5	2.2	2.5	1.0	0.3	0.1	1.8	2.2	2.4	2.3	1.0	0.3	—

Wiesenquelle.

Tabelle II. (Zu pag. 17.)

[19]

Über die Therme „Štubičke Toplice“ in Kroatien.

19

Benanntlich			Am 26. Juni 1908 nach der																	
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.			
			Stunde																	
			gepumpt					nicht gepumpt			gepumpt				nicht gepumpt					
Wasser	Höhe	bei Beginn der Stunde		cm	70	48	51	49	46	49	69	71	71	60	50	39	43	70	71	
		bis zum Ende der Stunde	abgenommen		22	—	2	3	—	—	—	—	—	11	10	11	—	—	—	—
			zugekommen		—	3	—	—	3	20	2	0	—	—	—	11	27	1	—	—
	heraus gepumpt		m ³	2·5	2·5	2·5	2·5	2·5	—	—	—	2·5	2·5	2·5	2·5	—	—	—		
	im Brunnen abgenommen			0·4	— 0·1	0·04	0·1	— 0·1	—	—	—	0·2	0·2	0·2	— 0·1	—	—	—		
	in den Brunnen zugeflossen			2·9	2·6	2·4	2·4	2·6	0·4	0·04	0	2·3	2·3	2·3	2·6	0·5	0·02	—		

Das Antonia-Schlammbad.

Das Antonia-Schlammbad wurde etwa 1893 an derselben Stelle erbaut, wo schon seit 1861 eine mit heißem Schlamm erfüllte Grube bestand. Dieselbe war damals etwa 19 *m* lang und 8 *m* breit. Nach dem Nivellement vom Jahre 1880 hatte der Wasserspiegel die absolute Höhe 160·55 *m*.

Am 1. Juni 1909, als das Schlammbad vollständig von Schlamm gereinigt war, besaß die Wasseroberfläche die absolute Höhe 160·04 *m*, also um 51 *cm* weniger als vor 30 Jahren. Die Tiefe des Wassers betrug 0·70 *m*, die Temperatur desselben 40—50° C.

Zirka 5 *m* nördlich vom jetzigen Antonia-Schlammbad bestand früher ein Bauernbad mit zwei Bassins. Das Wasser derselben stieg direkt aus dem Boden auf. Der Wasserspiegel soll 1880 die Kote 160·58 *m* gehabt haben.

Eine heiße Quelle liegt zirka 12 *m* südsüdöstlich des Antonia-Schlammades, unter der Straße. Diese Quelle war bereits 1820 als „Quelle D“ bekannt.

Der Levinbrunnen.

Der Levinbrunnen, ein 2·5 *m* tiefer Rammbrunnen (Nortonbrunnen), wurde vor beiläufig 10 Jahren geschlagen. In der letzten Zeit lieferte er kein Wasser. Im Frühjahr 1909 wurde das Rohr herausgezogen und konstatiert, daß die Sauglöcher desselben durch die Sedimente des Wassers verlegt waren. Das Rohr wurde gereinigt und die Pumpe funktioniert wieder. Die Spitze des Eisenrohres erreicht die Kote 158·30 *m*. Das Wasser ist sehr warm.

Die Levinquelle.

Die Levinquelle, wenige Meter südlich des Levinbrunnens, am linken unteren Rande der Rinne des Vidak Überwasserabflusses. Die Quelle liegt in der absoluten Höhe 158·91 *m*, also 0·6 *m* höher als das untere Ende des Levinbrunnens. Das sehr heiße Wasser hat die Temperatur 63—65° C.

Die Stegquelle.

Die Stegquelle wurde erst im Sommer 1908 beobachtet. Sie besitzt die absolute Höhe 158·63 *m* und die Temperatur 59—63° C. Die Stegquelle quillt aus einem etwa 15 *cm* tiefen Loche im linken, höheren, gewöhnlich trockenen Teile des Toplicabettes, zirka 0·20 *m* über dem Sommernormalwasser dieses Baches. Im Sommer 1909 war diese Quelle wieder mit Bachschotter überdeckt.

In den Toplicabach fließt an vielen Stellen heißes Wasser, so daß er in der Strecke vom oberen Wehr bis nahe zur Vereinigung mit dem Vidak eine erhöhte Temperatur aufweist, ja an einigen Stellen derart warm ist, daß man kaum darin stehen kann.

Besonders bemerkenswert sind folgende Stellen:

Beim oberen Wehr und etwa 10 *m* stromab davon tritt am linken Ufer sehr heißes Wasser reichlich in die Toplica. Früher war zirka 25 *m* aufwärts dieses Wehrs, am linken Ufer, auch eine heiße Quelle. Diese hat aufgehört, seit das Bachbett durch die Wirkung des Wehrs sich gehoben hat.

Der Abflußgraben für das Vidak Überfallwasser, bei der Levinquelle, führt sehr heißes Wasser, etwa 50° C.

Beim Steg waren im Sommer 1908 zunächst des rechten Ufers, im darauffolgenden Herbst beim linken Ufer der Toplica mehrere heiße Quellen.

1861 wird unter der Mitte des jetzt bestehenden Steges eine heiße Quelle gezeichnet. Das damalige Bachbett lag 20 *m* westlich von dieser Quelle. Diese floß in einem etwa 50 *m* langen Rinnsal in den Toplica-Überfallwasserabfluß. Beiläufig im Jahre 1866 soll in der Gegend des jetzt bestehenden Steges noch mehr heißes Wasser gewesen sein als heute, dagegen bei der Levinquelle vielleicht etwas weniger.

Etwa 25 *m* nordöstlich und 50 *m* nordnordöstlich vom rechten Ende des Steges sind flache Vertiefungen in der Wiese (Kote 160·16 und 160·10), die vor zirka 10 Jahren laues Wasser enthalten haben sollen.

Beiläufig 30 *m* unterhalb des Steges, nahe am rechten Ufer, ist das Bachwasser sehr warm.

Bereits versiegte Thermalquellen.

Heiße Quellen waren mehrere im Jahre 1820 vorhanden, von denen jetzt gar keine Spur mehr besteht. Es sind dies besonders die Quellen: *F*, *G*, *H* (Tafel II), von denen letztere die heißeste gewesen sein soll. Gegenwärtig wachsen dort Fichten. Um das Jahr 1875 soll es noch möglich gewesen sein, in der Quelle *H* Eier zu kochen. Sie war damals ein großes schlammiges Loch, später wurde dasselbe verschüttet.

In der Gegend des jetzigen oberen Wehrs, am rechten Ufer der Toplica, bestand 1820 ein Schlammbad, daher wahrscheinlich auch eine warme Quelle. Jetzt ist keine Spur davon zu finden.

Während des Erdbebens vom 9. November 1880 entstand 25 *m* nordwestlich vom Badehauptgebäude ein etwa 11 *m* tiefer Trichter von 5 *m* Durchmesser, welcher sich mit heißem Wasser füllte. An derselben Stelle war ehemals ein Brunnen, der später verschüttet worden ist. Das Füllmaterial hat sich offenbar durch die Erschütterung beim Beben gesetzt.

Das Einfließen des heißen Wassers verursachte kleinere Unterwaschungen, welche vom 9. auf den 10. November die Bildung eines zweiten Trichters von 6 *m* Durchmesser, zunächst des ersten, zur Folge hatten.

Am 17. und 18. November entstanden noch einige kleine Senkungen von 0·5 *m* Durchmesser, 19 *m* nördlich des ersteren Trichters. (Vergleiche Dr. Wähner, Das Erdbeben von Agram am 9. November 1880, pag. 95; und Torbar, Izvješće o zagrebačkom potresu 9. studena 1880. Rad akademije Knj. I, Zagreb 1882, pag. 52.)

β) Die Thermen der Spalte des SO-Abhanges des Kamenjak.

Außerhalb des Baderayons, beinahe 2 km nordöstlich von Stubičke Toplice, zwischen der nach Stubica dolnja führenden Chaussee und dem Toplicabache, liegen zwei Tümpel mit warmem Wasser, „Jezerčica“ genannt (Tafel I).

Der kleinere Tümpel ist eine fast rechteckige Vertiefung, 10·5 m lang, 5·5 m breit, etwa 0·5 m tief. Den moorigen Grund bedeckt mehrere Zentimeter hoch ein Wasser, dessen Temperatur Prof. Stephan Škreb am 15. Mai 1909 mit 34·2° C bestimmte.

Etwa 25 Schritte südwestlich davon liegt der größere Tümpel. Er ist oval, hat 12 m und 7·5 m Durchmesser, dann bei 0·75 m Tiefe. Das Wasser steht etwa 20 cm hoch, seine Temperatur wurde am selben Tage wie beim kleineren Tümpel von Prof. Škreb mit 32·0° C ermittelt.

b) Die Bodentemperatur im Bereiche der Thermen.

Die diesbezüglichen, sehr bemerkenswerten Erhebungen führten die Herren Baron Steeb und Prof. Stephan Škreb aus. Die erlangten Resultate bestätigen in schönster Weise die von mir auf geologischer Grundlage festgestellte Lage der Thermalspalte.

Über die Gestalt der Schichte heißen Wassers, welche nahe unter der Erdoberfläche liegt, schreibt Baron Steeb:

„Die obere Begrenzung dieser Wasserzone kann man, in beschränkter Ausdehnung, als eben annehmen. Werden der Wasserspiegel der Haupt-, Wiesen- und Stegquelle als Punkte dieser Ebene betrachtet, so ergibt sich für dieselbe der „kürzeste Fall“ in der Richtung gegen Ostnordost und die Neigung desselben mit beiläufig 1:100 oder zirka 0° 35'. Diese Thermenebene befindet sich mit den meisten bestehenden oder bestandenen heißen Quellen in guter Übereinstimmung.

Die Spitze des Levinbrunnens liegt 0·6 m, die Levinquelle 0·1 m unter dieser Ebene, daher begreiflich, daß sich dort heißes Wasser findet. Die heiße Quelle beim Abfluß der Bäder, unter der Straße südöstlich vom Schlambade, ist 0·2 m unter der Thermenebene.

Bei der kräftigen heißen Quelle am linken Ende des oberen Wehrs und unterhalb desselben liegt die Thermenebene 0·8 m über der Bachsohle. In der Gegend des Steges fällt die Thermenebene fast mit der Bachsohle überein, daher ist hier der Austritt des heißen Wassers so häufig.

Bei den 1820 bestandenen drei Quellen *F*, *G*, *H* liegt jetzt die Erdoberfläche 1·0—1·6 m über der Thermenebene. Beim Schlambad vom Jahre 1820 — am rechten Ende des jetzigen Wehrs — befindet sich die Thermenebene 1·6 m unter der heutigen Erdoberfläche.

Die Vertiefungen am rechten Ufer der Toplica (160·16—160·10), beim Steg, welche einst laues Wasser enthielten, waren damals etwa 1 m tiefer und lagen dann nur etwa 0·9 m über der Thermenebene.

Alle bisher angeführten Stellen, welche mit der Thermenebene nicht in Widerspruch stehen, liegen nördöstlich der Hauptquelle. Südwestlich derselben kommt nur ein Objekt in Betracht: das Maxi-

milianeum — und dieses paßt nicht in die Thermenebene, denn sein Wasserspiegel befindet sich fast 0.3 m unter der Thermenebene. Die obere Begrenzung der heißen Wasserschicht scheint hier viel flacher anzusteigen als die Thermenebene. Erstere dürfte im Maximilianeum ihren höchsten Punkt erreichen und dann rasch gegen Südwest abfallen.

Jedenfalls befindet sich das Maximilianeum gegen die anderen Quellen in einer Sonderstellung.“

Um die horizontale Ausdehnung der heißen Wasserschicht zu ermitteln, beantragte Baron Steeb, auf einer größeren Zahl von Punkten die Erdtemperatur zu ermitteln. Diese Messungen hat er tatsächlich Mitte Mai 1909 im Verein mit Prof. Stephan Škreb, Assistent des Agrar Meteorologischen Observatoriums, durchgeführt¹⁾. Das Resultat dieser 160 Erdtemperaturmessungen, auf 112 Punkten, sind die auf Tafel II rot eingezeichneten Isothermen für 0.5 m unter der Erdoberfläche. Die Linie für die Temperatur 15° C kann als verlässlich gelten, da sie nach vielen, nahe aneinanderliegenden Punkten entworfen worden ist. Diese 15° -Isotherme stellt beiläufig die Grenze für die Einwirkung des heißen Wassers dar. Die normale Temperatur, in 0.5 m Tiefe, bei Stubičke Toplice wurde nämlich für die Beobachtungstage mit etwa 10° C ermittelt.

Für die 25° - und besonders für die 30° -Isotherme standen nur eine geringere Zahl gemessener Punkte zur Verfügung. Der Toplica-bach und die Gebäude hinderten die Bestimmung derselben. Bei diesen Isothermen beruht daher manches auf Kombination²⁾.

Den Isothermen von 25° und 30° C in der Tiefe 0.5 m entsprechen in 1 m Tiefe Temperaturen von etwa 33° , beziehungsweise 41° C .

c) Allgemeine Folgerungen.

(Hierzu Tafel I und II.)

Im tektonischen Teil haben wir bereits erwähnt, daß sich die Thermalzone von Stubičke Toplice von der NW-Ecke des Kamenjaker Leithakalkkrückens — der Borova Vis — in SW-Richtung zu jener kleinen Leithakalkklippe bei der Kapelle sv. Kata hinzieht, wo sie eben an den Abbruch dieser miocänen Strandbildung gebunden ist. Diese Thermalzone wurde noch — wie wir gesehen haben — durch Temperaturmessungen des Bodens festgestellt. Längs dieses von SW nach NO streichenden Verbruches sehen wir die Thermen emporquellen, und zwar in einer Ausdehnung von etwas über 300 m . Dabei ist zu bemerken, daß jetzt ein großer Teil der Thermen im Bette des Toplica- und im Überfallwasserabfluß des Vidakbaches in den vorerwähnten Bach unbehindert emporquillt. Diese von SW nach NO

¹⁾ Beide Herren beabsichtigen über die Methode und weiteren Ergebnisse dieser Untersuchungen anderwärts zu berichten.

²⁾ Die Isothermen in der Gegend des Schlamm-bades und der Wiesenquelle wurden, auf Grund von Messungen in der Mitte des Septembers 1909, etwas modifiziert.

streichende Hauptthermalspalte verqueren kleinere in OSO-Richtung, worüber uns besonders die Wiesen- und Hauptquelle belehren, die ihre Zusammengehörigkeit gelegentlich des Pumpens auf eine unzweideutige Weise dokumentieren.

Das Thermalgebiet war aber seinerzeit größer gewesen! Während sich die jetzigen Thermalquellen vom Kurhause aus (Maximilianeum) bis etwas unterhalb des Steges, also etwas über 300 *m* erstrecken, langte vormals — wie es scheint — diese Zone noch etwa 110 *m* weiter nach NO. Diese nun nicht mehr vorhandenen Thermen aber lagen hauptsächlich in den einstigen Bachwindungen, die jetzt trocken liegen. Aber auch in querer Richtung war die Thermalzone einst ausgedehnter; sie reichte nämlich von dem jetzigen Maximilianeum und Schlammbad weiter in NW-Richtung bis zum Vidakbach (siehe Tafel II, *F*, *G*, *H*), war also hier an 120 *m* breit, während sie jetzt bloß eine Breite von 55 *m* aufweist. Eine der Hauptursachen des Eingehens, respektive der Verkleinerung des Thermalgebietes hat man in erster Linie in dem bereits erwähnten Umstand, daß eben ein großer Teil der Thermen im Bachbett einen freien Ausfluß findet, zu suchen. Da wir noch am Schlusse unserer Auseinandersetzungen auf dieses Thema zurückkommen werden, wollen wir zuerst die Lage des Thermalhorizonts ins Auge fassen. Diesbezüglich gibt uns der Toplicabach den gewünschten Aufschluß. Unter der Humusschicht folgt im angeschwemmten Depressionsgebiete von Toplica eine 1—1.3, ja 2 *m* dicke Schicht eines etwas sandigen Lehmes. In diesem Lehm sehen wir zuweilen (besonders gegenüber der Mühle) linsenartige Einlagerungen von Bachschotter und Sand. Unter der Lehmdecke liegt also das eigentliche Bachdiluvium. Diese Schotterlage entspricht wohl jenem Deckenschotter der Terrasse von Oroslavje, welchen seinerzeit die Bäche — jene pontischen Mergel abradierend — dort zurückgelassen haben. Durch das allmähliche Einsinken des Oroslavjetales wurden — wie schon bemerkt — die Bachläufe in letzteres eingelenkt, wo sie nun jene jetzt unter dem Lehm oder die in denselben gelagerten Schotterschichten hinterließen. Unter oder auch über dem Schotter sehen wir lokal einen zähen blaugrauen Tegel, welcher als Ablagerung ruhig stehender, zum Teil auch der thermalen Wasseransammlungen anzusehen ist. Ober diesem Tegel oder auch unter ihm (Schlammbad) quillt das Thermalwasser hervor. Wo immer also in der Thermalzone jene Lehmdecke wegerodiert oder auch künstlich entfernt wurde, mußten eo ipso Thermalwässer angezapft werden.

Ohne dem chemischen Teil dieser Abhandlung zu präjudizieren, möchte ich nur einige Eigenschaften des Thermalwassers erwähnen. Vor allem die Temperaturverhältnisse desselben. Ich werde da nebst den drei in Gebrauch stehenden Thermen, nämlich: das Maximilianeum, die Haupt- und Wiesenquelle (Näheres darüber im Abschnitte über die Schwankungen des Thermalwassers), noch die im Bachbette befindliche und von mir untersuchte Stegquelleals auch die Thermen im Vidak-Überfallwasser, beim Levinbrunnen, in Betracht ziehen.

Jene drei im Gebrauch stehenden Thermalquellen zeigen folgende Temperaturen (ich habe den Aufzeichnungen des Herrn Melkus noch meine und jene von Baumbach hinzugefügt):

	Baumbach (1820)	Melkus (1908)	Gorjanović (1908)
Maximilianeum	40·2° C	50·0° C	56·0° C
Hauptquelle	53·7° C	59·4° C	51·5° C
Wiesenquelle	—	44·2° C	52·0° C

Da das Wasser dieser drei Thermalwasser in verschiedenen großen Bassins zur Aufsammlung gelangt, so ist es auch natürlich, daß diese Wässer auch verschiedene Temperaturen aufweisen werden, was ja mit der ungleichmäßigen Abkühlung des angesammelten Wassers zusammenhängt. Direkte Messungen an Quellen selbst sind da entweder unmöglich (Haupt- und Wiesenquelle), weil sich die Quellen in Schächten befinden, oder nur teilweise (Maximilianeum) durchführbar, insofern man nämlich imstande ist, das aufgesammelte Wasser abzulassen und so sich der eigentlichen Quelle zu nähern. Aber auch in diesem Falle verbleibt noch immer ein hinreichendes und bereits kühleres Thermalwasserquantum, welches dann das neu emporquellende Wasser sofort abkühlt. Ich ließ zum Beispiel im Maximilianeum an einer Stelle den Boden des Reservoirs heben und steckte in die emporquellende Therme das Thermometer hinein. Ich erzielte dadurch Temperaturen, welche gegen alle bisher gemessenen differierten. In eben diesem Umstande liegt die Tatsache, daß ein jeder Beobachter andere Temperaturbeträge fand.

Die höchste Temperatur der Therme Stubičke Toplice wäre nach obigen Aufzeichnungen 59·4° C.

Ich konnte indessen aus obigen Gründen die Temperatur der Therme per 59·4° C nicht für die maximale Temperatur ansehen. Ich suchte mir daher Quellen auf, die möglichst ohne Hinzutun von Grundwasser oder durch bereits aufgesammeltes Thermalwasser zum Teil abgekühlt wären, also solche Quellen, die frei aus dem Thermalhorizont herausfließen. Dieser Fall ist in reichlichem Maß im Bett des Toplica- und zum Teil im Bett des Vidak-Überfallwasserabflusses gegeben. Vor dem Stege grub ich in der unmittelbaren Nähe des Toplicabaches, und zwar im Bachschotter eine flache Grube; das herausfließende Wasser — die Stegquelle — zeigte eine Temperatur von 63° C (Melkus) oder 62·7° C (meine Beobachtung). Bei der Levinquelle knapp ober dem Bett des Vidak-Überfallwasserabflusses fand ich eine Temperatur von 64·5 C (Melkus 65° C). Es liegt demnach das pleistothermale Gebiet von Stubičke Toplice im Bett des Toplica- und des Vidak-Überfallwasserabflusses, wo auch, wie es scheint das meiste Thermalwasser ausfließt. Der (1908) linksseitig fließende Toplicaarm beim Steg zeigte am 22. Juli 1908 eine Temperatur von 52° C, etwas weiter oben 56·6 und 57·5° C und erwies sich dadurch als ein direkter Ausfluß der im Bachbette selbst hervorbrechenden Thermalquellen.

Mit dem Thermalwasser steigen zahlreiche Gasblasen empor. Am Stege stehend fühlt man oft einen deutlichen Geruch nach $H_2 S$, den andere Beobachter nicht verzeichneten.

Das Ergebnis der Temperaturmessungen lieferte uns die Tatsache, daß die Therme von Stubica eine der heißesten Thermen

Kroatiens ist. Indem unsere Therme tiefreichenden Spalten ihr Dasein verdankt und da sie infolge ihrer chemischen Eigenschaften sich als unveränderlich erweist, muß man sie als eine sogenannte juvenile Therme bezeichnen. Wäre sie vadoser Herkunft, so hätte man — die mittlere Jahrestemperatur per 12° C angenommen — ihren Ausgangspunkt in eine Tiefe von beiläufig 1749 m zu verlegen (die geothermische Tiefenstufe per 33 m 1° C angenommen). Freilich ist dieser Wert ein ganz approximativer und kann hier — die vulkanische Ursache des Bestandes dieser Therme in Betracht ziehend — überhaupt kaum in Rechnung gezogen werden. Wir müssen uns die Entstehung unserer Therme als durch die Entgasung eines intrakrustalen Magmaherdes vorstellen. Eine weitere Folge einer derartigen Entstehungsweise der Therme gibt sich in ihrer Radioaktivität zu erkennen, die auch tatsächlich festgestellt wurde.

Es ist demnach die Therme von Stubica eine postvulkanische Erscheinung, wie man derartige gewöhnlich in vulkanischen Gebieten, respektive in einst gewesenen derartigen Gebieten beobachtet.

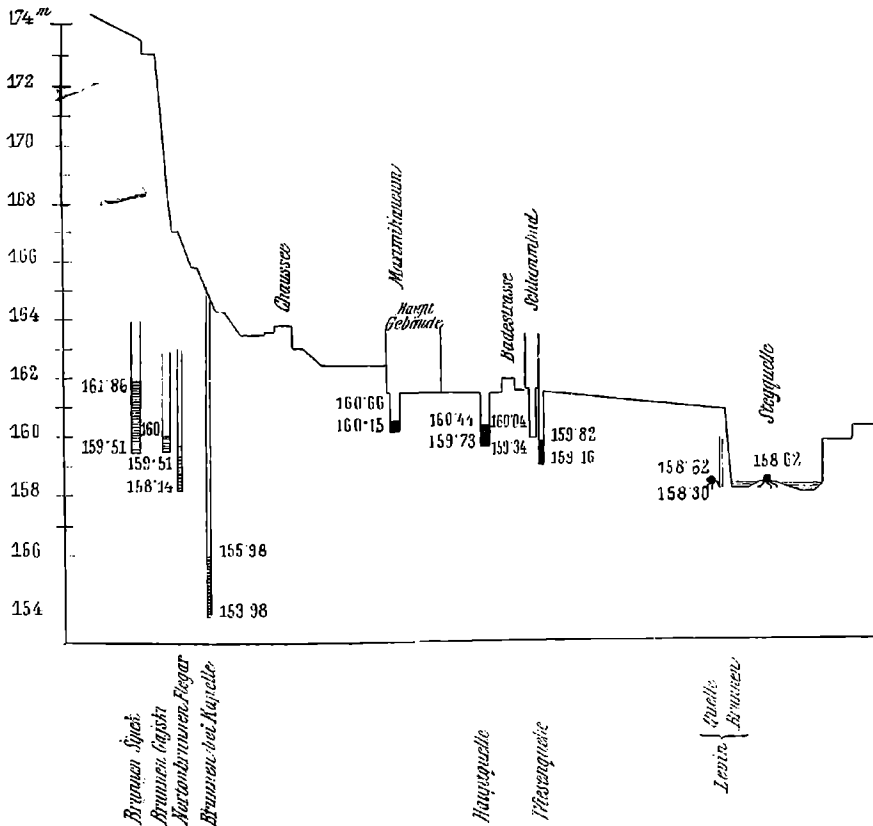
Die konstanten chemischen Eigenschaften dieser Therme haben wir bereits erwähnt; im chemischen Teile dieser Abhandlung sind die näheren Belege hierzu ersichtlich.

Was die Konstanz der Temperaturverhältnisse der Therme betrifft, so ergaben sich da sehr variable Aufzeichnungen, die aber — wie wir gesehen haben — nur auf unzulänglichen Beobachtungen fußen. Beweis dessen ist die einfache Tatsache, daß nach den Temperaturbeobachtungen von 1820 an und bis auf heute die Thermen von Stubica eine scheinbare Temperaturzunahme ergeben würden, was aber tatsächlich gänzlich ausgeschlossen werden muß, da man gerade das Gegenteil davon zu erwarten hätte. Richtig dürfte voraussichtlich die Annahme sein, daß mit den chemischen Eigenschaften auch die Temperatur unserer Therme bis auf heute unverändert verblieb.

Von besonderem Interesse ist wohl die Frage, ob die Ergiebigkeit der Thermen mit der Zeit abgenommen hat? Wir haben bereits einmal diese Frage berührt, indem wir die Verkleinerung des Thermalgebietes erwähnten. Wir haben bei jener Gelegenheit auch hervorgehoben, daß sowohl die Länge als auch die Breite des von den Thermen eingenommenen Areals sich reduziert hat. Die Reduktion dieses Gebietes längs der Thermalspalte geschah so, daß sich dasselbe in seiner NO-Strecke verkürzt, wobei gleichzeitig auch die seitwärts (NW) der Spalte liegenden Thermalquellen versiegten. Dieses Eingehen des Thermalgebietes geschieht nun in der Weise, daß die Nebenstränge der Thermalspalten infolge erleichterten Ausflusses des Thermalwassers aus der Hauptspalte eben durch diese letztere hervorbricht, demzufolge jene Nebenspalten versiegen. Die Ursache des Eingehens des Thermalgebietes erblicke ich darin, daß eben ein großer Teil der noch funktionierenden Thermalspalte im Bachbette sozusagen offen daliegt und so dem Thermalwasser ein unbehindertes Ausfließen gestattet. Wir haben bereits erwähnt, daß der Thermalhorizont 1—1,3 m unter der Oberfläche liegt und hier durch eine fast undurchlässige Lehmschicht bedeckt ist. Das Thermal-

wasser ergießt sich nun in jene unter dem Lehm gelegene Schotterlage. Wird nun innerhalb des Thermalgebietes durch einen künstlichen oder natürlichen Eingriff jenes Ausfließen des Thermalwassers erleichtert, indem der Widerstand, welcher gegen ein freies Emporquellen der Therme besteht, behoben wird, so wird an derartigen Stellen das Wasser auch entsprechend stärker hervortreten, was aber

Fig. 4.



Profil von SW gegen NO durch das Gebiet der heißen Quellen in Stubičke Toplice.

eine Verringerung der Ergiebigkeit der Thermen im bedeckten Terrain zur Folge haben muß. Daß dem wirklich so ist, beweist uns der einfache Vergleich des Thermalwasserstandes der gefaßten gegenüber demjenigen der frei im Bach emporquellenden Thermen. Der Thermalwasserstand der einzelnen Thermen fällt nämlich allmählich gegen das Bachbett schreitend so, daß der Wasserstand des vom Bache entferntesten Maximilianeums am höchsten ist, derjenige der Hauptquelle etwas niedriger, jener der Wiesenquelle wiederum tiefer steht, bis

endlich im Bachbette selbst, also an der tiefsten Stelle der Depression, die Stegquelle ihren Ausfluß hat¹⁾.

Der Toplicabach ist es, den wir als den direkten Regulator der in der Depression von Bad Stubica sich befindlichen Grund- und Thermalwässer aufzufassen haben. Der Bach hat sich bereits sein Bett in das durchlässige Niveau der diluvialen Ablagerungen vertieft, damit würde auch das Niveau des Grundwasserspiegels direkt geregelt, insofern als das Grundwasser und mit ihm auch alle übrigen im Schotter zirkulierenden (Thermal)Wässer gegen den Bach fließen. Hebt sich der Wasserstand des Baches, so werden notwendigerweise auch sämtliche Grundwässer der in Rede stehenden Depression infolge des stauenden Einflusses der Wassersäule des Baches gehoben. Dadurch wird ein Druck auf die Thermalspalten ausgeübt und dadurch wiederum das Thermalwasser gehoben. Fällt der Wasserstand des Baches, so fällt mit ihm auch gleichzeitig der Grundwasserspiegel. Denken wir uns das Bett des Toplicabaches um einen halben Meter vertieft, so würde dementsprechend das Grundwasserniveau und mit ihm das der Thermen fallen. Es ist das gegenseitige Verhalten derartiger Heilquellen vom Stande des Grundwassers in mehreren Fällen in unzweifelhafter Weise festgestellt worden, wobei es sich gezeigt hat, daß „die Verminderung des Druckes, den der oberflächliche süße Grundwasserstrom auf die Spalten ausübt, auf denen das Mineralwasser emporsteigt, eine Verminderung des Auftriebes und damit eine Abnahme der Wasserfülle der Quelle zur Folge haben muß“ (Kayser, Allgemeine Geologie, 1905, pag. 276.)

Die Ausbreitung des Bettes des Toplicabaches gerade in seinem pleistothermalen Gebiet, wodurch nicht nur die Wassersäule des Baches erniedrigt, sondern auch eine relativ bedeutende Strecke starker Thermalquellen direkt aufgedeckt wurde, bietet uns genügende Anhaltspunkte, um das Sinken des Niveaus der im Gebrauch stehenden Thermen als selbstverständlich zu machen. Da sich eben die Höhe des Toplicabettes seit mehreren Jahrzehnten kaum merklich geändert hat, die horizontale Ausbreitung des Bachbettes aber erst neueren Datums (zirka 15 und besonders 7 Jahre) ist, die absolute Abnahme des Thermalwasserstandes (wie er im Bassin des Maximilianbades genau nachweisbar ist) ebenfalls in diesen neueren Zeitabschnitt hineinfällt, so ist es eben die Bloßlegung eines bedeutenden Thermalgebietes

¹⁾ Der höhere Thermalstand der Wiesenquelle und auch der Hauptquelle gegenüber desjenigen des Maximilianeums findet seine Erklärung darin, daß die beiden vorerwähnten Thermalquellen aus einer die Hauptspalte diagonal verquerenden Nebenspalte emporquellen und ihren gegenseitigen Zusammenhang durch ein gleichsinniges Fluktuieren zu erkennen geben. Dabei wird noch die Wiesenquelle ihrer großen Nähe beim Toplicabach wegen von diesem bei hohem Wasserstande seitlich infiltriert. Das Maximilianeum dagegen sitzt auf der Hauptspalte und ist von dem vorher erwähnten anderen Einfluß (der seitlichen Bachinfiltration) entrückt. Außerdem bekundet das Maximilianeum überhaupt einen tieferen Thermalwasserspiegel gegenüber dem der beiden übrigen — der Haupt- und Wiesenquelle — was offenbar mit einer tieferen Lage des Untergrundes jener Quelle zusammenhängt, da ja bekanntlich der Grundwasserspiegel und mit ihm auch der der Thermen von der Konfiguration des Bodens abhängt, respektive sich diesem anpaßt.

an der Hauptpalte und das dadurch eingeleitete unbehinderte Abfließen der Thermen eine der Hauptursachen der Verkleinerung des Thermalgebietes im allgemeinen und des niedrigeren Thermalwasserstandes der einzelnen Badeanlagen. Denn durch das freie Ausfließen der großen Menge Thermalwassers an der tiefsten Stelle des Thermalgebietes muß ja der Auftrieb des Thermalwassers an der ganzen übrigen Thermalstrecke verkleinert und demzufolge erniedrigt werden. Mit der Reduktion des Thermalgebietes in seiner Längs- und Quererstreckung mußten sich selbstverständlich auch die Temperaturverhältnisse des Bodens im Bereiche des Thermalgebietes geändert haben. Freilich lagen keine älteren diesbezüglichen Messungen der Bodentemperaturen vor, aber die einst an den Punkten *F*, *G*, *H* gelegenen heißen Quellen bezeugen zur Genüge, daß sich das durch die Thermen erwärmte Bodenareal verkleinert hat. In dieser Reduktion der Bodenisothermen könnte man vielleicht auch einen Beweis einer allgemeinen Abnahme der Thermen erblicken. Es ist doch selbstverständlich, daß gerade so wie die seinerzeitige vulkanische Tätigkeit in den nachbarlichen Gebieten von Stubičke Toplice ausgeblieben ist, daß einmal auch dieses letzte Lebenszeichen einstiger vulkanischer Tätigkeit, die sich noch in den Exhalationen heißer Wasserdämpfe, respektive Wassers kundgibt, allmählich aufhören wird. Dies wird ja das Ende aller juvenilen Thermen sein!

A n h a n g.

1. Mineralische Bestandteile des Thermalschlammes.

Es dürfte nicht ohne Interesse sein, auch die mineralischen Bestandteile des schlammigen Thermalabsatzes einiger im Gebrauch stehender Thermalquellen von Stubičke Toplice kennen zu lernen. Freilich kann auf Grund eines derartigen Befundes noch kein Schluß auf die etwaige Herkunft jener fraglichen Bestandteile aus abyssischen Erdräumen gezogen werden, da ja diese Bestandteile ebensogut auch durch die beiden Bäche Vidak und Toplica seinerzeit oberirdisch herbeigeschwemmt und jetzt von den Thermen mitgerissen worden sein können. Immerhin ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß diese feinen Mineralpartikelchen, die jetzt im Thermalschlamm vorhanden sind, wirklich auch von den Thermen mechanisch emporgehoben werden.

Die nachfolgende mikroskopische Schlammanalyse wurde von Herrn Ferdo Koch, Kustos am Geologisch-paläontologischen Nationalmuseum in Agram, durchgeführt.

a) Schlamm aus der Hauptquelle.

Überwiegend Quarz. Derselbe ist zumeist wasserhell und erscheint in größeren, oft abgerundeten Stückchen oder in kleineren scharfkantigen Bruchstücken. Gut ausgebildete Quarzkriställchen mit Prisma und den beiden Rhomboedern sind auch vorhanden. Dieselben entstammen von einer Druse, die sich wahrscheinlich in einer Kluft

eines Sandsteines ausbildete. Grünliche und gelbe abgerollte Jaspisse und Splitter von Feuerstein (?) kommen auch ziemlich häufig vor.

Feldspat, und zwar trikliner, ist selten und dann in säulenförmigen Stückchen, die an den Enden abgeschliffen sind.

Turmalin fand man nur in einem Kriställchen. Er ist von blaugrauer Farbe, gut pleochroitisch und voll schwarzer Einschlüsse.

Epidot erscheint häufiger als Feldspat; er ist gelb und scharfkantig.

Muskovit kommt in feinen Schüppchen vor.

Kalzit ist häufig, zumeist abgerundet. — Weiters findet man im Schlamme Bruchstücke von Tonschiefer mit Quarzadern, rötlichem grünem und gelbem Sandstein.

b) Schlamm aus dem Maximilianeum.

Im Schlamme dieser Quelle findet man dieselben Bestandteile wie im Schlamme der Hauptquelle, nur sind dieselben viel feiner.

Quarz ist auch hier überwiegend, wasserhell, scharfkantig. Manche feine Quarznädelchen kommen auch vor. Außerdem sah man auch einen Splitter von violetter Quarz — Amethyst.

Turmalin erscheint in kleinen prismatischen Kriställchen mit Terminalflächen. — Der Epidot ist gelb und nicht abgerundet. Der Kaliglimmer (Muskovit) kommt häufig, doch in sehr feinen Schüppchen vor. — Partikelchen eines grünen Minerals könnten einem Pyroxen entsprechen (so auch im Schlamme der Hauptquelle).

Außerdem sieht man zerriebenen Tonschiefer, erdige Partikel und Flocken, Holz und Wurzelreste. Feldspat (Plagioklas) erscheint in kleinen, meist zertrümmerten Körnern mit Zwillingslamellen.

c) Schlamm aus der Wiesenquelle.

Der Schlamm besteht aus sehr fein zerriebenen Bestandteilen und zwar hauptsächlich aus Quarz. Derselbe ist meist abgerundet.

Feldspat ist sehr selten, abgerundet oder auch hie und da kantig.

Turmalin ist selten, und zwar in stumpfen Säulchen vorhanden.

Glimmer (Muskovit) sehr häufig in feinen Schüppchen.

Epidot ist auch selten, gelb und abgerundet. Es kommen noch grüne Körnchen vor, die einer chloritischen Substanz angehören könnten. Abgerollte Kalk- und Tonschieferpartikel sind nicht selten. Erdige, oft durch Eisenoxyd gelbbraun gefärbte Partikel sind häufig. Pflanzenreste sind in Menge vorhanden.

2. Absätze der Hauptquelle.

Der gemauerte Schacht der Hauptquelle ist von einer Kruste eines Thermalabsatzes belegt, dessen chemische Zusammensetzung von Herrn Melkus erschlossen wurde. Die Analyse ergab in Prozenten:

	Prozent
Feuchtigkeit	0·59
Glühverlust	8·12
SiO_2	4·66
Fe_2O_3	1·72
Al_2O_3	0·27
CaO	44·47
MgO	2·01
SO_3	unbedeutende Spuren
Cl	Spuren
CO_2	37·72

II. Die Wasserstände der heißen Quellen.

Von Feldzeugmeister Christ. Baron Steeb.

Messungen zur Bestimmung der Wasserhöhe der heißen Quellen wurden, mit einigen Unterbrechungen, vom 25. Juni bis 27. September 1908, dann ununterbrochen vom 10. November 1908 bis 10. Mai 1909 vorgenommen¹⁾. In der Sommerperiode erstreckten sich die Beobachtungen nur auf die Haupt- und Wiesenquelle, in der Winterperiode außerdem noch auf das Maximilianeum. In ersterem Zeitabschnitte ist aus der Haupt- und Wiesenquelle für den Badebetrieb gepumpt worden. Gewöhnlich war die Pumpe (sie förderte 2·5 m³ in der Stunde) vormittags 4—5 Stunden, nachmittags 4 Stunden in Tätigkeit. Manchmal pumpte man aber auch ununterbrochen Tag und Nacht, in einzelnen Fällen arbeiteten selbst zwei Pumpen. Anfangs schöpfte man vormittags aus der einen, nachmittags aus der anderen Quelle; später wechselte man diesbezüglich wochenweise und schließlich wurde vorwiegend nur die Hauptquelle benützt.

Durch dieses verschiedenartige Pumpen erleiden die Quellenwasserstände unregelmäßige Veränderungen. Diese erstrecken sich auch auf die Quelle, aus welcher nicht gepumpt wird.

Als am 25. Juni 1908 (siehe pag. 18) vormittags durch die Wasserentnahme die Hauptquelle um 20—23 cm gesunken war, trat bei der Wiesenquelle — aus welcher nicht gepumpt wurde — sofort eine Verringerung des Wasserstandes um 4—5 cm ein. Am Nachmittage desselben Tages senkte sich, unter den gleichen Verhältnissen, der Wasserspiegel der Hauptquelle um 21 cm, jener der Wiesenquelle um 3 cm.

Am nächsten Tage wurde bloß aus der Wiesenquelle gepumpt (siehe pag. 19). Dieselbe erlitt vormittags eine Erniedrigung um 23 cm, nachmittags um 30 cm. In beiden Fällen hatte die Hauptquelle 10 cm der Wasserhöhe verloren.

¹⁾ Im Juli und August 1909 wurde der Quellenstand auch beobachtet, diese Messungen konnten aber in vorliegender Abhandlung nur teilweise benützt werden.

Es scheint demnach die Wasserentnahme aus der höherliegenden Hauptquelle auf die Wiesenquelle weniger zu wirken, als im entgegengesetzten Falle die tieferliegende Wiesenquelle auf die Hauptquelle.

Das Maximilianeum ist an beiden Tagen, ganz unbeeinflusst vom Fallen der Haupt- und Wiesenquelle, gestiegen¹⁾.

Aus Vorstehendem folgt, daß eine etwaige Gesetzmäßigkeit im Wechsel der Wasserstände der heißen Quellen durch das Pumpen sehr beeinträchtigt wird, es werden daher hauptsächlich nur die Beobachtungen während der Wintersaison berücksichtigt, da in dieser Zeit aus den Quellen nicht gepumpt wurde.

Beim Maximilianeum blieb im Winterhalbjahr die Abflußöffnung von 6 bis 9 Uhr abends offen. Das Schließen derselben dürfte nicht stets im selben Moment geschehen sein, so daß in den betreffenden Daten kleinere Unsicherheiten vorkommen können.

Das Messen der Wasserstände geschah in der Sommersaison am Morgen, vor Beginn des Pumpens, und am Abend nach dem Einstellen desselben; in der Wintersaison nur zu Mittag. Es wurde dabei eine Latte stets auf denselben Punkt des Quellenbodens vertikal gestellt; der beim Herausziehen nasse Abschnitt bezeichnete die Wasserhöhe. Die im Winter benützte Latte war in Zentimeter geteilt. Bei diesem Vorgange dürfte das Resultat auf $+0.5\text{ cm}$ genau sein.

Am verlässlichsten erscheinen die Messungen bei der Wiesenquelle, da hier die Handhabung der Latte am leichtesten und ein Holzkreuz am Boden die Stelle für die Messung genau fixiert. Bei der Hauptquelle wurde beim Einsteigloch an der NW Seite, beim Maximilianeum am NW-Ende gemessen. Betreff der Wasserstände des letzteren ist zu beachten, daß das Wasser im Maximilianeum, nach dem Schließen des Abflusses, etwa durch 22 Stunden steigt²⁾. Die Messung um die Mittagszeit — 15 Stunden nach dem Sperren des Abflusses — gibt daher nicht die endgültige Wasserhöhe des Maximilianeums.

Die Resultate der Wasserstandsmessungen in der Wintersaison 1908/09 enthält die Tabelle am Schlusse dieses Abschnittes. Diese Beobachtungen umfassen die Zeit vom 11. November 1908 bis 11. Mai 1909, also 181 aufeinanderfolgende Tage. Beim Maximilianeum konnte am 15., 16. und 17. April nicht gemessen werden, so daß für dieses nur 178 Beobachtungstage bestehen. In obige Tabelle wurden auch einige meteorologische Daten aufgenommen³⁾.

Da in Stubické Toplice keine meteorologischen Beobachtungen vorgenommen werden, mußten für die Temperatur und den Luftdruck

¹⁾ Beobachtungen vom 5. Juli bis 8. August 1909 ergaben ähnliche Resultate. Die Hauptquelle senkte sich durch das Pumpen (mit der verbesserten Maschine) um 10 bis 31 cm, die Wiesenquelle zeigte dieselbe Bewegung, wenn auch in vermindertem Maße, nämlich nur 5 bis 19 cm; das Maximilianeum stieg aber ohne Unterbrechung.

²⁾ Vergleiche pag. 15.

³⁾ Ich verdanke dieselben, sowie manche wertvolle, fachmännische Ratschläge der besonderen Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. S. Škreb, Assistent des Agramer Meteorologischen Observatoriums.

die Erhebungen des Agramer Observatoriums zur Verwendung gelangen. Die betreffenden Ziffern repräsentieren Tagesmittel aus den drei Terminbeobachtungen (7^h vm., 2^h nm. und 9^h abds.). In Stubičke Toplice dürfte die Temperatur in der Wintersaison etwas niedriger sein; beim Luftdruck können dagegen nur sehr kleine Differenzen vorkommen.

Die Angaben über die Niederschläge beziehen sich auf Zlatar, welcher Ort 20 *km* nordöstlich von Stubičke Toplice und nur etwa 20 *m* höher als letzteres liegt. Bei diesen Daten sind schon bedeutendere Unterschiede möglich. Schwächere Niederschläge, die in Zlatar stattgefunden, müssen sich nicht bis Stubičke Toplice erstreckt haben und die Zeit der Niederschläge in diesen zwei Orten mag manchmal verschieden sein.

Die mittleren Wasserstände, welche sich für die einzelnen Monate, sowie aus 180 — beim Maximilianeum nur 177 — Beobachtungen ergeben, enthält die folgende Tabelle.

Monatsmittel		Maximilianeum	Hauptquelle	Wiesenquelle	Luftdruck <i>mm</i>
		Wasserstand zu Mittag in <i>cm</i>			
1908	11.—30. Nov.	48·12	66·15	64·45	751·88
	Dezember	48·15	66·99	63·93	750·32
1909	Jänner	47·35	70·43	65·75	753·60
	Februar	44·01	67·86	62·21	748·31
	März	58·86	78·03	70·91	741·12
	April	53·68	75·82	66·69	748·14
	1—10. Mai	66·06	82·28	76·28	747·90
Gesamtmittel		51·03	71·76	66·80	—

Die äußersten Extreme aller vom 11. November 1908 bis 10. Mai 1909 beobachteten 180, beziehungsweise 177 Wasserstände liegen beim Maximilianeum und bei der Wiesenquelle 36 *cm*, bei der Hauptquelle 27 *cm* auseinander. Die geringsten Abweichungen — 4 bis 5 *cm* — zeigen die Quellen im Februar, in der Frostperiode, die größten Abweichungen im Anfang Mai.

Die absolute Höhe des „Gesamtmittel“-Wasserspiegels beträgt:

beim Maximilianeum	160·660 <i>m</i>
bei der Hauptquelle	160·448 <i>m</i>
bei der Wiesenquelle	159·823 <i>m</i> .

Es sei nochmals bemerkt, daß dies beim Maximilianeum nicht der höchste Wasserstand ist.

Betreff der Bewegung ihres Wasserspiegels stehen die drei Quellen im allgemeinen in guter Übereinstimmung. Vom 14. bis 25. Jänner, dann anfangs Mai hatten alle drei Quellen einen ausnehmend hohen Stand. Vor der ersteren dieser Hochstandsperioden

und nach derselben bis anfangs März befand sich der Wasserstand der Haupt- und Wiesenquelle um beiläufig 3 cm unter dem Gesamtmittel. Nach dem 3. März stieg die Hauptquelle um 6 cm, die Wiesenquelle um 3 cm über das Gesamtmittel. Beide Quellen blieben so — mit einigen geringen Senkungen — bis zur Hochstandsperiode im Anfang Mai.

Das Maximilianeum stimmte in der Bewegung bis zur Hochstandsperiode im Jänner mehr mit der Hauptquelle und nach jener Periode mehr mit der Wiesenquelle überein.

Um diese Schwankungen im Niveau der Thermen mit jenen des Grundwassers bei Agram¹⁾ vergleichen zu können, diene folgende Tabelle.

Zeitabschnitt		Monatsmittel des Wasserstandes			
		Maximilianeum	Hauptquelle	Wiesenquelle	Grundwasser in Agram
		Differenz vom vorhergehenden Monat in cm			
1908	Dezember	0	— 1	0	3
1909	Jänner	1	— 3	— 2	— 4
	Februar	3	2	4	14
	März	15	— 10	— 9	— 20
	April	5	2	4	— 23
	1.—10. Mai	— 12	— 6	10	6

Wird berücksichtigt, daß die Grundwasserstände ein Mittelwert aus zwanzigjährigen Beobachtungen sind, während für die Quellen nur einfache Messungen vorliegen, so kann man vielleicht eine Analogie in der Bewegung der beiden annehmen. Dies natürlich mit jenem Vorbehalt, welcher einem Schlusse aus einer kurzen Beobachtungsreihe stets zukommt. Die Änderungen im Grundwasserstande sind bedeutender als jene der Thermen, sie beziehen sich aber auch auf das breite, wasserreiche Savetal und nicht auf das kleine Nebental von Stubica.

Aus dem Sommerhalbjahr, der Zeit in welcher gepumpt wurde, enthält nachfolgende Tabelle einige Daten. Es sind dies Wasserstände, welche bei der Haupt- und Wiesenquelle am Morgen vor dem Beginn des Pumpens, beim Maximilianeum etwa 22 Stunden nach dem Schließen des Abflusses gemessen wurden. Der „mittlere“ Wasserstand ist im Jahre 1908 der graphischen Darstellung der Quellenwasserstände entnommen, im Jahre 1909 aber gerechnet worden.

¹⁾ Im k. u. k. Garnisonsspital zu Agram wurde von 1884 bis 1902 täglich der Grundwasserstand beobachtet. Die bezüglichen Daten sind unter dem Titel: „Monatliche Übersichten der Ergebnisse von hydrometrischen Beobachtungen in 49 Stationen der Monarchie usw.“ im „Militärstatistischen Jahrbuch“ (seit 1895: „Statistik der Sanitätsverhältnisse der Mannschaft des k. u. k. Heeres“) veröffentlicht. Prof. Stephan Škreb hat hiernach die Monats- und Jahresmittel des Grundwasserstandes in Agram bestimmt.

Der tiefe Stand der Hauptquelle und die starken Schwankungen derselben Ende Juli und anfangs August 1908 erklären sich durch das forcierte Pumpen in dieser Zeit.

Zeitabschnitt		Maximilianum			Hauptquelle			Wiesenquelle		
		Wasserstand in <i>cm</i>								
		Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum
1908	25. Juni bis 26. Juli	—	—	—	66	69	61	65	75	56
	31. Juli bis 15. August	—	—	—	55	66	44	64	70	61
	1.—26. September	—	—	—	67	70	61	69	72	63
1909	5.—31. Juli	45	59	41	70	76	65	57	64	47
	1.—7. August	45	52	38	69	72	65	60	63	57

Kleinere Schwankungen der Quellenwasserspiegel finden beständig statt, abgesehen von den eben besprochenen größeren Veränderungen, welche die Quellen in längeren Perioden — etwa Monaten — erleiden.

Diese geringen Niveauänderungen betragen in 24 Stunden höchstens 3 *cm*, häufig kaum 1 *cm*. Die Bewegung des Wasserspiegels erfolgt durch einige Tage im selben Sinne und tritt dann in entgegengesetzter Richtung auf. Ein Beispiel dieser Schwankungen gibt die nachfolgende Tabelle auf pag. 36.

Vergleicht man in derselben die Veränderungen der Wasserstände mit jenen des Luftdruckes, so fällt eine Wechselbeziehung zwischen beiden auf.

Um dies deutlicher zu machen, sind auf nachstehender Tafel, Fig. 5 die Wasserstände und die meteorologischen Daten des Winterhalbjahres 1908/9 graphisch dargestellt. Die gezeichneten Wasserstände und Luftdrucke sind für je drei Tage „ausgeglichen“, wie man dies bei ähnlichen Untersuchungen öfter tut, um die kleinen Unregelmäßigkeiten der Messungsergebnisse zu beseitigen und das Hauptgesetz der Bewegung deutlicher erscheinen zu lassen.

Für den Tag *b* wurde also das arithmetische Mittel der Daten für die Tage *a*, *b*, *c* benützt, für *c* jenes der Daten für *b*, *c*, *d*, für *d* das Mittel der Tagesdaten für *c*, *d*, *e* usw.

Der Luftdruck wurde in entgegengesetzter Richtung gezeichnet, das heißt das Steigen desselben nach abwärts und das Fallen nach aufwärts aufgetragen.

Diese Darstellungen lassen deutlich erkennen, daß die Quellenwasserstände sich meistens in entgegengesetztem Sinne bewegen wie das Barometer. Die Veränderungen im Luftdrucke gelangen aber oft erst mit ein bis zwei Tage Verspätung bei den Quellen zur Geltung.

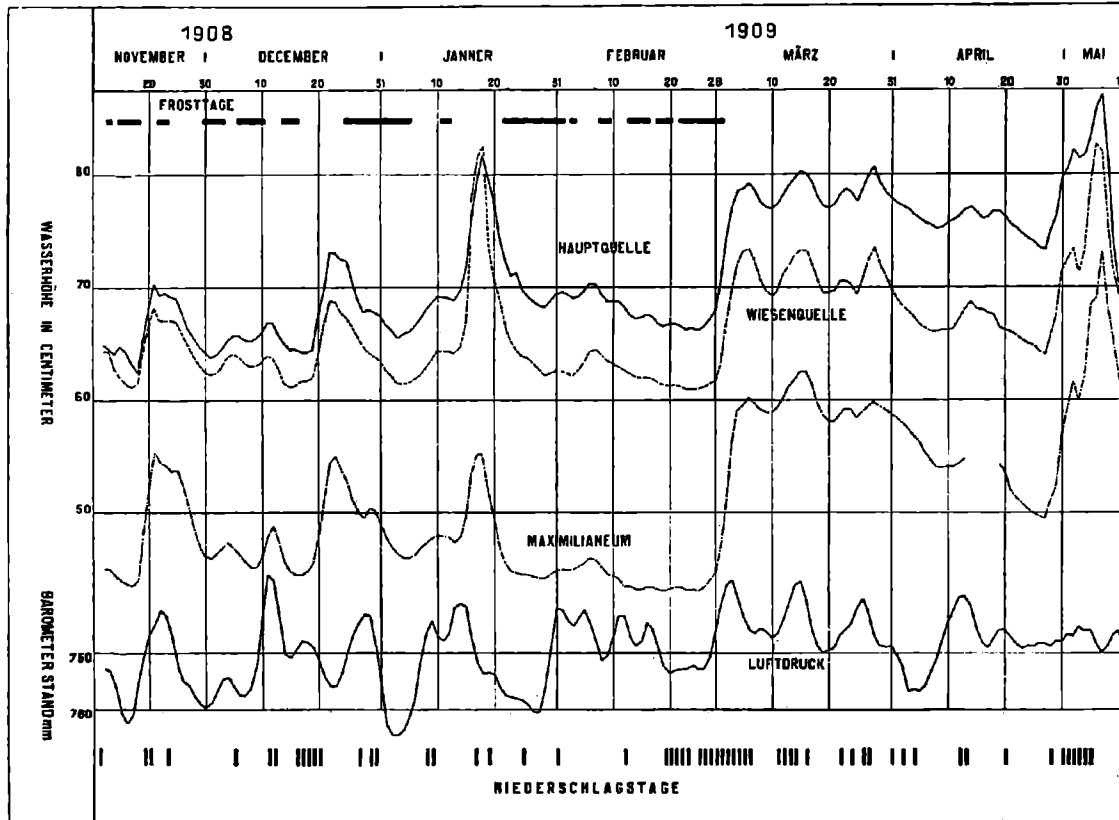
Datum		Temperatur in Agram C°	In den letzten 24 Stunden gestiegen (+) oder gefallen (—)				Niederschlag in Zlatar (● Regen, * Schnee) in mm
			Luft- druck in Agram <i>mm</i>	Maximi- lianeum	Haupt- quelle	Wiesen- quelle	
November 1908	25.	3	+ 6.7	— 1.5	— 1.5	— 1.0	
	26.	1	— 0.4	— 0.5	— 1.5	— 1.5	
	27.	3	+ 1.8	— 2.5	— 1.5	— 0.8	
	28.	4	+ 1.6	— 2.0	— 0.5	— 0.8	
	29.	3	+ 2.4	— 1.5	0.5	— 1.0	
	30.	— 2	+ 0.2	— 1.5	— 1.0	— 0.5	
Dezember 1908	1.	— 3	— 0.3	+ 0.5	— 0.5	— 0.5	
	2.	— 3	— 2.5	+ 0.3	+ 0.5	+ 0.3	
	3.	— 3	— 3.7	+ 0.8	+ 0.5	+ 0.8	
	4.	2	+ 0.5	+ 0.3	+ 0.5	+ 0.8	
	5.	2	+ 1.9	+ 0.5	+ 1.5	+ 0.8	* 0.1
	6.	— 1	+ 2.6	— 1.8	+ 1.0	— 0.5	
	7.	— 3	+ 0.2	— 1.0	— 0.5	— 1.0	
	8.	— 4	— 2.7	+ 1.0	+ 0.5	0	
	9.	0	— 1.9	— 1.5	— 0.5	0	
	10.	— 1	— 6.3	+ 0.3	+ 1.0	+ 0.3	
	11.	2	— 17.9	+ 4.0	+ 0.3	+ 0.3	● 12.0
	30.	— 6	+ 2.6	+ 1.5	0	0	* 0.6
	31.	— 7	+ 14.8	— 2.5	— 0.5	— 0.8	
Jänner 1909	1.	— 5	+ 5.2	— 1.0	— 0.5	0.2	
	2.	— 5	— 0.6	— 1.5	— 1.5	— 1.5	
	3.	— 3	+ 0.9	0	+ 0.5	+ 0.5	
	4.	— 2	0	— 0.5	— 1.0	— 1.0	
	5.	— 2	— 3.6	— 0.3	+ 1.5	+ 0.5	
	6.	2	— 2.9	+ 0.5	0	+ 0.5	
	7.	1	— 3.3	+ 0.3	0	0	
	8.	2	— 13.2	+ 1.0	+ 2.0	+ 0.5	● und *
	9.	1	+ 1.9	+ 0.5	+ 0.5	+ 1.5	12.6

Wechselt der Luftdruck kurz nacheinander seine Bewegungsrichtung — herrscht also keine ausgesprochene Tendenz — so verhalten sich die Quellen nicht gleichmäßig, während dies sonst gewöhnlich der Fall ist.

Schnee und Frost scheinen die Quellen „träg“ zu machen. Letzterer besonders dann, wenn der Boden beim Frieren naß gewesen. Im Februar 1908 änderte der Luftdruck in den ersten 20 Tagen siebenmal seine Bewegungsrichtung und erreichte (in Agram) 6—13 mm große Unterschiede. Die heißen Quellen fallen in dieser Zeit stetig, aber sehr langsam (etwa 2 mm pro Tag) und reagieren kaum auf die Änderungen des Luftdruckes.

Auch in der Sommersaison 1908 läßt sich — trotz des Pumpens — bei den heißen Quellen die dem Luftdruck entgegengesetzte

Fig. 5.



Bewegungsrichtung konstatieren. Den 14 Barometermaximas und 10 Barometerminimas¹⁾ in jener Zeit folgt sogleich oder längstens in zwei Tagen ein Fallen, beziehungsweise Steigen der Quellen. Auf ein Minimum (am 14. Juli) reagiert dagegen nur die Wiesenquelle und bei einem anderen Minimum (am 11. September) zeigt gar keine Quelle eine entsprechende Veränderung.

Eine Relation zwischen dem Maße der Bewegung des Barometers und des Wasserstandes ist nicht zu erkennen.

Für das Grundwasser in Budweis hat der k. k. Professor Franz Weyde durch 15jährige genaue Beobachtungen dieselben Wechselbeziehungen zwischen Luftdruck und Wasserstand gefunden, wie sie bei den heißen Quellen von Stubičke Toplice bestehen. Aus seinen Messungen folgert er aber auch, daß die Veränderungen im Barometerstande fünfmal so groß bei den Bewegungen des Wasserspiegels zum Ausdrucke kommen²⁾.

Auch anderwärts wurde ein Zusammenhang zwischen dem Wasserstande der Quellen und dem Luftdrucke festgestellt. So schreibt der Ingenieur und Hydrotekt Friedrich König³⁾: „Viele Beobachtungen haben ergeben, daß alle plötzlichen Barometerdepressionen bei zahlreichen Quellen eine Vermehrung ihrer Wassermenge hervorriefen, welche wieder nachließ, sobald das Barometer stieg.“

Direktor Haedicke aus Siegen sagt⁴⁾: „Die Schwankungen (des Grundwassers) entsprechen recht gut denen der relativen Luftfeuchtigkeit... Nahezu jedem Minimum oder Maximum der letzteren entspricht ein solches des Grundwassers. . . Im Mittel (vergingen) 2·9 Tage, bevor sich zum Beispiel ein Luftfeuchtigkeitsmaximum durch ein solches am Grundwasserstande kennzeichnete. Die Resultate decken sich übrigens mit jenen, die beim Vergleich des Barometerstandes mit dem Grundwasserstande sich ergeben haben: Die Schwankungen des einen entsprechen denen des anderen.“

Für diese Erscheinung läßt sich vielleicht im vorliegenden Falle folgende Erklärung geben:

Steigt der Luftdruck, so wird der Kraft, welche das Quellwasser hebt, in erhöhtem Maße entgegengewirkt; die Luft dringt aber auch stärker als bisher in die 1 bis 2 m dicke Erdschicht über

¹⁾ Unter Barometermaximum und Barometerminimum werden hier die extremen Stellungen des Barometers in einem kürzeren Zeitabschnitte verstanden.

²⁾ Meteorologische Zeitschrift, Wien 1903, Heft 8, pag. 364. Wilhelm Krebs machte 1890—1891 ähnliche Beobachtungen in Altona, seine Schlußfolgerungen stimmen aber weniger mit den Erhebungen in Stubičke Toplice überein. Er fand nämlich auf den großen Schwankungen des Grundwasserstandes, welche halbjährig verlaufen, kleine Wellen aufgesetzt, die in Beziehung zum Luftdrucke standen. Die Kuppenhöhe dieser Wellen soll durchschnittlich 84·5 % der entsprechenden Abwärtsbewegung des Barometers betragen haben. (Meteorologische Zeitschrift, 8. Jahrgang, 1891, pag. 236.) In Stubičke Toplice ist die Bewegung der Quellen meist größer als die zugehörige Veränderung des Barometers.

³⁾ Anlage und Ausführung von Wasserleitungen und Wasserwerken, Leipzig 1901, pag. 35.

⁴⁾ Monatsschrift „Das Wetter“, März 1909, pag. 56, im Aufsätze von J. F. Hoffmann, Die Veränderung des Grundwasserstandes und die Volger'sche Theorie.

dem heißen Wasser¹⁾. Aus dem Zusammentreffen dieser relativ kalten Luft, welche bei hohem Luftdrucke gewöhnlich trocken ist, mit dem Wasserdampfe, der die Erdschichten zunächst des Thermalwassers erfüllt, könnte sich vielleicht eine die Quellen hebende Wirkung ergeben. Dies sei jedoch nicht weiter untersucht, denn das Schlußresultat ist doch gewöhnlich ein Sinken der Quellenniveaus bei steigendem Luftdrucke.

Fällt der Luftdruck, so wird der Kraft, welche die Quellen hebt, weniger entgegengewirkt. Weiters werden sehr warme und feuchte Luftschichten an die kältere Erdoberfläche gesaugt und dadurch Kondensationswasser gebildet. Dies wird noch dadurch gefördert, daß die Verminderung des Luftdruckes und die Ausdehnung der Bodeluft Wärme bindet. Bei fallendem Luftdrucke wirkt somit alles zusammen, um ein Steigen der Quellen zu bewirken. Eine Barometerdepression müßte sich daher im Quellenstande kräftiger markieren als ein Luftdruckmaximum. Das Reagieren geschieht aber im ersteren Falle auch rascher, da die wärmere Luft schneller in die kältere strömt als umgekehrt²⁾.

Die Periode der Luftdruckzunahme ist nach Bouvard³⁾ im Durchschnitte fast dreimal so lange als die Zeit der Luftdruckabnahme, dies wäre ein Grund, daß das Fallen der Quellen langsamer erfolgt als das Steigen derselben.

Ist die Erdoberfläche in nassem Zustande gefroren oder mit Schnee bedeckt, so dürfte die Zirkulation der Luft sehr erschwert sein, es kann daher eine Veränderung im Luftdrucke nur eine geringe Wirkung auf die Quellen äußern.

Findet ein Niederschlag — besonders Regen — statt, so steigen sehr oft die heißen Quellen plötzlich um mehrere Zentimeter oder es tritt wenigstens eine Verminderung der etwa herrschenden fallenden Tendenz ein. So ein Anschwellen dauert gewöhnlich nicht länger, ja manchmal selbst kürzer als der Regen. Bei Schnee äußert sich die Veränderung bei den Quellen bisweilen etwas langsamer.

Diese Wirkung der Niederschläge ist während des Winterhalbjahres 1908/9 bei 27 Regenperioden 20mal eingetreten, und zwar siebenmal sofort, 13mal erst nach einem oder zwei Tagen, nur einmal bei steigendem Luftdrucke. Unter den sieben Fällen, in denen die

¹⁾ Nach Dr. F. Renk strömen durch eine 0,5 m dicke Schichte „Mittelkies“, mit einer Korngröße bis 7 mm, bei einem Drucke, welcher einer 20 mm hohen Wassersäule — also einer Barometerdifferenz von etwas über 1,5 mm — entspricht, in einer Minute per Quadratcentimeter 0,791 Liter Luft.

Durch einen Quadratmeter dringen daher unter denselben Verhältnissen fast 8 m³ Luft.

(Tonindustrie-Zeitung, Berlin, 15. Oktober 1894, Nr. 41, Vortrag des Ingenieurs G. Weigelin aus Stuttgart.)

²⁾ Professor Wolpert, „Prinzipien der Luftheizung und Ventilation“, pag. 88: Die theoretische Ausflußgeschwindigkeit der Luft aus einem Heizkanal. Die Bewegung der Luft in den Poren der Erde dürfte nach analogen Gesetzen vor sich gehen.

³⁾ Zeitschrift „Gaea“, XVI. Bd., 1880, pag. 711.

Quellen nicht reagierten, waren fünf bei steigendem Luftdruck und einer bei der geringen Niederschlagshöhe 1.1 mm (in Zlatar).

In der Sommersaison 1908 waren in der Beobachtungszeit 22 Regentage. Mit 15 derselben — das ist 68% — fällt ein Steigen der Haupt- und Wiesenquelle zusammen (hiervon ist in zwei Fällen nur je eine Quelle gestiegen). Inwieweit das Pumpen das Nichtreagieren der Quellen bewirkt hat, läßt sich nicht ermes sen.

In diesem Anschwellen der Quellen während eines Niederschlages müßte eine Resultierende des Einflusses, des Luftdruckes und der Wirkung des Regens vermutet werden. Ein direktes Eindringen des letzteren in die Quellen scheint ausgeschlossen. La Hire hat schon vor 200 Jahren durch seine Versuche gefunden, daß atmosphärische Niederschläge kaum 0.60 m tief in den Boden eindringen. Dr. Volger hat in neuerer Zeit bewiesen, daß Wasser in Sandboden selbst dann nicht tiefer einsinkt, wenn es auch mehrere Monate über demselben steht. Trotzdem ist nicht selten ein schwacher Regen mit einem Steigen der Quellen innerhalb eines Tages in Verbindung. Dabei zeigen die Quellen weder eine Temperaturabnahme, noch eine Trübung, welche Erscheinungen das direkte Einfließen des Regenwassers hervorrufen müßte.

Für obige Wirkung der Niederschläge auf den Quellenstand ist es schwer eine Erklärung zu finden. Naheliegend wäre es in der Abkühlung der Erdoberfläche durch den Regen die Ursache zu suchen. Gegen dies spricht aber die Tatsache, daß sich Temperaturänderungen in der Erde nur langsam und abgeschwächt fortpflanzen.

Mehrere Ausnahmen, bezüglich Einfluß des Luftdruckes und der Niederschläge, finden sich in der Tabelle auf pag. 42 und 43, welche alle Niederschläge vom 17. November 1908 bis 10. Jänner 1909 enthält. Vielleicht entsteht ein Teil dieser Widersprüche dadurch, daß die meteorologischen Aufzeichnungen nicht in Stubičke Toplice selbst erfolgten. Auch kann sich in den 24 Stunden Intervalle zwischen den Messungen der Quellen manche Veränderung im Wasserspiegel der Beobachtung entziehen.

Professor Franz We yde hat zum Beispiel konstatiert, daß das Grundwasser in Budweis vormittags und vormitternacht steigt, nachmittags und nachmitternacht aber fällt. Diese Bewegung beträgt allerdings gewöhnlich weniger als 1 cm¹⁾.

Die Niederschlagsperiode I (pag. 42) beginnt mit einer fallenden Tendenz der Quellen. Unmittelbar vorher, am 16. November, ist ein Barometermaximum gewesen. Am 19. November regnet es vormittags und die Quellen haben mittags einen 1.5—2 cm höheren Stand als Tags vorher. Vielleicht steht dies auch mit dem fallenden Luftdruck in Verbindung.

Am 20. November regnet es weiter, der Luftdruck fällt weiter und die Quellen steigen stark.

Am 21. November hört der Regen auf und die Quellen fallen, obwohl beim Luftdruck noch eine — wenn auch schwache — fallende Tendenz vorhanden ist.

¹⁾ Meteorologische Zeitschrift, Wien 1903, Heft 8, pag. 364.

Die Niederschlagsperiode II zeigt im Anfang bei allen Quellen eine fallende Tendenz, welche bereits am 21. November begonnen hatte. Nach dem stärkeren Niederschlag vom 23. November steigen aber sofort alle Quellen, obwohl der Luftdruck schnell zunimmt. Erst zwei Tage später erfolgt das der Barometerbewegung entsprechende Fallen der Quellen.

In der III. Niederschlagsperiode befinden sich die Quellen im Steigen. Am 3. Dezember ist ein Luftdruckminimum gewesen. Der schwache Niederschlag am 5. Dezember vermehrt die steigende Tendenz. Am 6. Dezember beginnt — entsprechend dem Gange des Barometers — das Fallen der Quellen.

In der IV. Niederschlagsperiode herrscht bei den Quellen, dem Luftdrucke entsprechend, eine steigende Tendenz. Der im gleichen Sinne wirkende Niederschlag kommt nicht deutlich zum Ausdrucke. Die Temperatur dürfte unter Null gewesen sein.

In der Periode V fällt der stärkere Niederschlag mit der Zunahme des Luftdruckes überein. Ein bemerkenswerteres Steigen der Quellen tritt erst einen Tag nach den Niederschlägen ein. In Stubičke Toplice dürfte Frost geherrscht haben.

Dasselbe dürfte auch während der VI. und VII. Periode der Fall gewesen sein. Während derselben reagieren die Quellen kaum auf die Niederschläge in Form von Schnee.

Abnorm starke Niederschläge, welche Hochwässer in der Toplica hervorrufen, stehen meist mit ausnehmend starkem Steigen der heißen Quellen in Verbindung. Diese Erscheinung wurde dreimal genauer beobachtet: in der Mitte August 1908, dann Mitte Jänner und Anfang Mai 1909. Die darüber erhobenen Daten enthält die weiter unten folgende Tabelle (pag. 44 und 45).

In der Niederschlagsperiode vom Sommer 1908 wurde bereits am 12. August ein Regen in Stubičke Toplice konstatiert, welchen die meteorologische Station Zlatar nicht registrierte. Am 14. August regnete es abermals und an den folgenden zwei Tagen fielen überaus starke Regen. Diese bedeutenden Niederschläge verursachten am 15. August ein Steigen der Toplica um fast 1 *m*. Bei der oberen Wehr erreichte das Hochwasser die absolute Höhe 160·59 *m*, beim Steg zirka 159·20 *m*. Der normale Wasserstand (159·82 *m* beim Wehr) trat erst wieder am 18. August ein.

Vom 15. auf den 16. August stiegen die Haupt- und die Wiesenquelle bedeutend, letztere aber am meisten. Gefördert wurde dies Steigen wahrscheinlich durch den fallenden Luftdruck. Die Wasserhöhe der Hauptquelle erreichte 94 *cm*, jene der Wiesenquelle 110 *cm*.

Am 16. August begannen die Quellen zu sinken, während das Toplicahochwasser erst am 17. August abgenommen hat. Ein Regen in der Nacht auf den 19. August hinderte nicht das weitere Sinken der Quellen, so daß dieselben am 20. August beiläufig das Niveau erreichten, welches sie vor der Regenperiode gehabt hatten.

Vom 16. August an stehen die Bewegungen des Luftdruckes und der Quellen im gewöhnlichen, umgekehrten Verhältnis zueinander.

Datum	Niederschlag in Zlatar			Tägliche Menge mm	Tempe- ratur C°	Gestiegen (+) oder gefallen (-) in den letzten 24 Stunden			
	Periode	Gattung und Zeit ● Regen, * Schnee, h Uhr, ' Minuten	—			Luft-	Maximi-	Haupt-	Wiesen-
						druck mm	lianeum	quelle	quelle
					in Agram		cm		
November 1908	17.	I	— ● 11—11h 30' vm., dann ● von 5h nm. an ● bis 7h dann 9—10h 45' vm.	—	— 5.7	— 6.6	+ 0.5	— 2.3	— 0.5
	18.			—	— 0.8	— 3.0	— 1.0	— 1.5	0
	19.			10.0	1.2	— 8.0	+ 2.0	+ 1.5	+ 1.5
	20.			0.4	2.3	— 2.8	+ 11.0	+ 8.0	+ 7.0
	21.			—	2.4	1.1	0.5	— 1.0	— 1.5
November 1908	22.	II	— * 7h 30—9h vm, dann ● bis 3h nm.	—	— 0.2	— 0.7	— 0.8	0	— 1.0
	23.			8.3	— 0.7	— 6.0	— 2.3	2.0	— 0.8
	24.			—	8.8	+ 9.8	+ 2.5	+ 2.5	+ 1.7
	25.			—	3.2	+ 6.7	— 1.5	— 1.5	— 1.0
Dezember 1908	4.	III	— * bis 7h fr.	—	2.4	+ 0.5	+ 0.3	+ 0.5	+ 0.8
	5.			0.1	1.8	+ 1.9	+ 0.5	+ 1.5	+ 0.8
	6.			—	— 1.2	+ 2.6	— 1.8	— 1.0	— 0.5
	10.	IV	— ● von 11—11h 30' vm. und ● von 3h nm. an ● und * von 9h vm. bis 4h nm.	—	— 1.5	6.3	+ 0.3	+ 1.0	+ 0.3
11.	12.0			2.4	— 17.9	+ 4.0	+ 0.8	+ 0.3	
12.	0.8			2.2	+ 0.8	+ 1.8	+ 0.8	+ 1.5	
13.	—	—	2.1	+ 16.7	— 3.5	— 1.5	— 2.5		

Dezember 1908	16.	V.	<ul style="list-style-type: none"> ● um 5^h nm. ● bis 8^h fr., dann 11—12^h vm. ● in der Nacht, 9^h 45'—10^h 15' vm., ● von 7^h 30' abds. an ● und * von 3^h nm. an ● von der Nacht bis 1^h nm. 	2·8	0·2	— 1·4	— 0·5	— 0·5	+ 0·5		
	17.			1·2	1·1	— 0·9	0·5	— 0·5	+ 0		
	18.			2·0	1·1	— 2·2	+ 1·0	+ 0·5	+ 0·5		
	19.			8·8	0·9	+ 3·7	+ 0·5	— 0·5	— 0·5		
	20.			5·0	2·8	+ 1·8	+ 0·5	+ 0·8	+ 1·0		
	21.			—	4·0	+ 2·9	+ 6·3	+ 8·8	+ 6·0		
	22.			—	2·7	+ 1·9	+ 3·7	+ 0·5	+ 1·0		
	28.			—	2·6	+ 0·4	— 1·0	— 2·0	— 1·0		
	27.			VI.	<ul style="list-style-type: none"> * vor Mitternacht * von Mitternacht bis 1^h nm. * von 5^h fr. bis 3^h nm. * von 8—12^h vm. — 	—	— 2·4	— 1·0	— 3·0	— 4·0	— 1·3
	28.					8·4	5·3	— 1·9	+ 0·5	+ 0·8	— 1·0
29.	0·4	— 4·7	— 0·9			+ 0·5	0	— 0·5			
30.	0·6	— 5·5	+ 2·6			+ 1·5	0	0			
31.	—	— 6·7	+ 14·8			— 2·5	— 0·5	— 0·8			
Jänner 1909	7.	VII.	<ul style="list-style-type: none"> — ● von 7^h 30' fr. bis in die Nacht, zuletzt * * bis 6^h fr., dann 7^h 30'—8^h 30' vm. — 	—	1·4	— 3·8	+ 0·2	0	0		
	8.			12·5	1·6	— 13·2	+ 1·0	+ 2·0	+ 0·5		
	9.			0·1	1·2	+ 1·9	+ 0·5	+ 0·5	+ 1·5		
	10.			—	0·4	+ 5·0	— 0·5	— 0·5	0		

Datum		Niederschlag in Zlatar		Toplica- Wasserstand (absolute Höhe beim oberen Wehr m)	Tempe- ratur C°	Gestiegen (+) oder gefallen (-) in den letzten 24 Stunden			
		Gattung und Zeit ● Regen, * Schnee, h Uhr, ' Minute	Menge mm			Luft- druck mm	Maximi- lianeum	Haupt- quelle	Wiesen- quelle
August 1908	12.	● in Stubičke Toplice	?	—	14·8	+ 3·8	—	+ 3·0	— 3·0
	13.	—	—	—	15·7	— 1·1	—	— 1·0	+ 2·0
	14.	● von 10 ^h 30' vm. bis in die Nacht	21·5	—	14·2	— 1·7	angeblich	— 3·0	— 1·5
	15.	● den ganzen Tag	84·8	Hochwasser	15·1	— 0·3	etwa 30 cm	+ 1·0	— 0·5
	16.	—	11·6	(160·6)	14·7	— 1·4	höher als	+ 40·5	+ 45·5
	17.	—	—	Wasser fällt	16·6	+ 3·4	gewöhnlich	6·5	— 5·5
	18.	● in Stubičke Teplice	?	—	17·8	+ 2·6	—	16·0	30·0
	19.	● bis 7 ^h früh	14·2	—	18·2	+ 1·6	—	— 8·0	— 5·0
	20.	—	—	—	18·9	— 0·2	—	— 8·5	— 4·5
	21.	—	—	—	21·2	— 1·6	—	+ 7·5	0
	Jänner 1909	12.	—	—	—	— 0·7	— 4·2	— 0·8	— 1·3
13.		—	—	—	1·3	— 1·0	— 0·8	— 0·3	— 0·3
14.		—	—	—	5·2	— 8·1	+ 0·5	+ 0·5	+ 0·8
15.		—	—	—	4·8	+ 6·5	+ 1·5	+ 2·5	+ 1·0
16.		—	—	—	9·3	+ 3·2	+ 3·5	+ 3·0	+ 4·5
17.		● und * bis 7 ^h früh	15·5	Hochw. (160·4)	2·6	+ 7·5	+ 6·5	+ 9·5	+ 27·0
18.		—	—	Wasser fällt	3·0	+ 2·1	+ 5·0	+ 4·0	+ 19·5
19.		* vor Mitternacht	0·6	—	0·8	+ 4·0	— 1·5	+ 1·0	— 4·5
20.		—	—	—	0·9	+ 1·6	— 3·0	— 3·5	— 3·0
21.		—	—	—	1·4	+ 3·3	— 3·0	— 3·0	— 1·5
22.		—	—	—	— 3·7	+ 1·8	— 1·5	— 3·0	— 2·3
23.		—	—	—	— 5·8	— 0·5	0	— 0·5	— 1·3

Jänner 1909	24.	—	—	—	6·4	— 0·5	— 0·5	— 0·5	— 0·8
	25.	* von 9h 45' abends an	0·4	—	— 9·3	+ 1·6	— 0	— 1·0	— 0·3
	26.	—	—	—	— 6·2	+ 0·9	— 0	— 0·5	— 0·3
	27.	—	—	—	— 5·4	+ 0·8	— 0	— 0	— 0
April 1909	26.	—	—	—	19·6	+ 1·1	— 0·5	— 0·5	— 0·5
	27.	—	—	—	19·8	— 0·6	— 0·5	— 0·5	— 1·0
	28.	{ ● von 8h bis 9h 15' vm. und von 4h bis 4h 15' nm., dann nachts }	27·8	—	15·3	— 0·7	— 0	+ 6·5	+ 0·5
	29. 30.	— ● von 6h 15' abds. an	— 16·8	—	13·2 12·9	+ 3·1 — 5·7	+ 5·0 — 1·5	+ 5·0 — 1·5	+ 5·0 0
Mai 1909	1.	● von 3h 45' bis 5h nm.	0·4	—	9·4	+ 3·1	+ 11·0	+ 6·5	+ 7·5
	2.	● von 4h bis 4h 30' nm. und nachts	8·5	—	8·6	— 1·5	— 3·0	— 2·5	— 4·5
	3.	● bis 3h nm.	20·1	—	6·8	+ 2·8	— 0·5	+ 1·0	— 0
	4.	● von 6h früh bis in die Nacht	84·9	—	9·4	— 6·5	— 1·0	— 1·0	— 2·0
	5.	● bis früh	—	—	12·4	+ 2·8	+ 8·0	+ 1·0	+ 8·0
	6.	—	—	Hochw. (160·2)	9·2	+ 3·7	+ 12·5	+ 4·5	+ 12·0
	7.	—	—	—	7·6	+ 3·0	— 8·5	+ 2·5	— 10·0
	8.	—	—	—	8·0	— 2·0	— 2·0	— 8·5	— 4·0

Anmerkung.

Die Wasserhöhe der Quellen wurde im August 1908 in der Früh, im Jänner und Mai 1909 zu mittag gemessen.
Der normale Wasserstand der Toplica hat beim oberen Wehr die absolute Höhe von 159·82 m.

[45]

Über die Therme „Stubičke Toplice“ in Kroatien.

In der Niederschlagsperiode vom Jänner 1909 nahmen die Quellen am 14. Jänner die steigende Tendenz an, nachdem bereits zwei Tage früher der Luftdruck zu fallen begonnen hatte. Auf den sehr starken Niederschlag vom 17. Jänner reagierten sogleich alle drei Quellen bedeutend, die Wiesenquelle aber weitaus am stärksten.

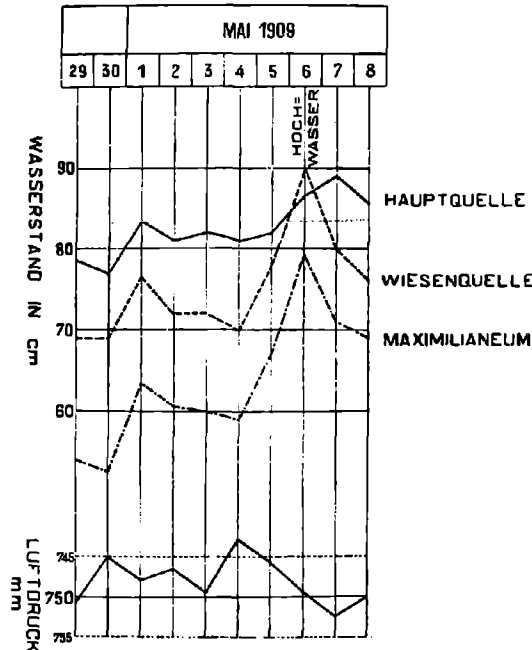
Der seit 15. Jänner wachsende Luftdruck dürfte aber bald dem Steigen der Quellen entgegen gewirkt haben.

Die Wasserhöhen betragen beim Maximilianeum 59 cm, bei der Hauptquelle 84 cm, bei der Wiesenquelle 97 cm. Die beiden letzteren Quellen waren also um 10 cm, beziehungsweise 13 cm tiefer als im August 1908.

Das Hochwasser der Toplica erreichte am 17. Jänner bei der oberen Wehr die absolute Höhe 160·39 m. Am nächsten Tage war das Wasser bereits gefallen.

In der Niederschlagsperiode anfangs Mai 1909 regnete es fast ununterbrochen eine Woche lang. Die gesamte Niederschlagsmenge in dieser Zeit beträgt in Zlatař 108·5 mm. Diese Regenperiode ist durch relativ geringere Niederschläge am 1. und 2. Mai in zwei Maximas geteilt, von denen das erstere (mit 44·6 mm) etwas geringer erscheint als das letztere (mit 55·0 mm).

Fig. 6.



Diese Teilung der Regenzeit korrespondiert mit einem geringen Steigen des Barometers¹⁾ am 1. und 3. Mai, welches auch die Luft-

¹⁾ In der Figur ist das Fallen des Barometers nach aufwärts eingetragen und das Steigen nach abwärts.

druckdepression vom 30. April bis 4. Mai unterbricht (siehe die vorstehende Figur 6).

Diese Rückfälle im Niederschlag und im Luftdruck kommen auch in der Bewegung der Quellen zum Ausdrucke. Ihr Wasserspiegel hat am 1. und 6. Mai einen hohen, am 4. Mai einen tieferen Stand. Diese Unterbrechung war jedoch zu kurz, um das erste Quellenhochwasser vollständig ablaufen zu lassen, daher das zweite Regenmaximum und Barometerminimum, vereint wirkend, besonders hohe Wasserstände hervorriefen.

Letztere finden am 6. Mai gleichzeitig mit einem Hochwasser der Toplica statt, welches beim oberen Wehr die absolute Höhe 160·22 m erreichte. Am nächsten Tage hatte die Toplica wieder den normalen Stand, die Hauptquelle ist aber noch um 2·5 cm gestiegen, während die beiden anderen Quellen bereits im Fallen begriffen waren. Am 8. Mai nimmt bei allen drei Quellen der Wasserstand ab, entsprechend der steigenden Tendenz des Luftdruckes.

Um den Vergleich der vorstehend angeführten drei Hochstandsperioden zu erleichtern, diene folgende Zusammenstellung.

Zeitabschnitt	Maximilianeum	Hauptquelle	Wiesenquelle	Toplicabach	Niederschlagsmenge mm	
	absolute Höhe des Hochwassers in m				in der ganzen Periode	am Tage unmittelbar vor dem Hochwasser
Mitte August 1908	—	160·67	160·26	160·6	118	84·8
Mitte Jänner 1909	160·74	160·57	160·13	160·4	15·5	
Anfang Mai 1909	160·95	160·62	160·06	160·2	109	34·9
Durchschnitt im Winterhalb- jahr 1908/9	160·66	160·45	159·82	159·8	—	—

Aus diesen Daten ergibt sich, daß zwischen dem Wasserstande des Maximilianeums und der Toplica kein Zusammenhang zu bestehen scheint¹⁾. Darauf deutet auch die Tatsache, daß das Pumpen aus der Hauptquelle gar keinen Einfluß auf den Wasserstand des Maximilianeums übt. Der dreimal so weit entfernte Toplicabach kann daher noch viel weniger eine solche Wirkung äußern.

¹⁾ Sehr deutlich spricht auch Folgendes dafür. Am 8. Dezember 1909 wurde das obere Wehr von der Toplica unterwaschen. Die Oberfläche dieses Baches senkte sich infolgedessen plötzlich um 54 cm. Im Maximilianeum war am 7. Dezember die Wasserhöhe 63 cm und am 9. Dezember nach dem Sinken des Baches — 66 cm.

Am 21. Oktober 1909 und am 21. Dezember 1909 hatte die Toplica denselben Wasserstand. Im Maximilianeum betrug aber die Wasserhöhe am ersteren Tage 42 cm, am letzteren Tage 67 cm.

Die Wiesenquelle bewegt sich dagegen analog wie die Toplica, nur bleibt ihr Niveau stets unter jenem der Hochwässer, und zwar um so mehr, je bedeutender die letzteren. Nachdem die Wiesenquelle während der Bachhochwässer auch eine Trübung erfahren soll, ist wohl anzunehmen, daß letztere direkt in die kaum 30 *m* entfernte Quelle strömen. Jedenfalls ist das Erdreich dort sehr durchlässig, macht sich doch das Pumpen in der Hauptquelle sofort in der 60 *m* davon liegenden Wiesenquelle bemerkbar. Sonst fließt das Grundwasser viel langsamer und gilt eine Fortbewegung desselben um einen Meter in der Stunde schon als eine bedeutende Geschwindigkeit¹⁾. Die obersten Erdschichten sind jedoch nicht durchlässig — Lehm — und dies erklärt die relativ geringere Einwirkung der bedeutenderen Hochwässer.

Dieses direkte Einfließen der Toplica-Hochwässer ist auch die Ursache, daß während derselben die Wiesenquelle sich über das Niveau der Hauptquelle erhebt, während sie sonst immer unter derselben liegt.

Bei der Hauptquelle bleibt der Einfluß der Toplica-Hochwässer zweifelhaft. Sie soll manchmal bei hohem Bachwasserstande auch getrübt sein. Jedenfalls kommen die Hochwässer mindestens indirekt zur Geltung, da ja auch die Niveauänderungen, welche das Pumpen in der Wiesenquelle verursacht, in der Hauptquelle bemerkbar sind. Gewiß wird aber der Einfluß der Hochwässer sehr abgeschwächt, denn einem Höhenunterschiede derselben von 40 *cm* entsprechen bei der Hauptquelle nur 5 *cm*.

Die Hauptursachen der starken Niveauveränderungen beim Maximilianeum und bei der Hauptquelle müssen daher der Regen und der Luftdruck sein. Bei ersterem scheint es weniger auf die Dauer, als auf die Intensität des Niederschlages anzukommen. Die 84·8 *mm*, welche während des ganzen 15. August 1908 fallen, korrespondieren mit demselben Wasserstand der Hauptquelle wie die 15·5 *mm*, welche am 17. Jänner 1909, aber wahrscheinlich in der halben Zeit gefallen sind. Allerdings stieg im ersteren Falle die Hauptquelle um 40·5 *cm*, während sie sich am 17. Jänner nur um 9·5 *cm* hob. Im August war aber auch der Luftdruck dem Steigen günstig und dürfte während des schlechten Wetters der Wasserverbrauch — durch Pumpen — abgenommen haben.

Jedenfalls kommt der Einfluß der Toplica auf den Wasserstand der Quellen, nicht immer deutlich zur Geltung. Dies zeigt eine Niederschlagsperiode im Anfange August 1909. Es regnete am 4., 5. und 6. August sehr stark (in Zlatar wurden im ganzen 109·2 *mm* gemessen). Der größte Niederschlag war auf den 5. August (in Zlatar um 7 Uhr früh 57·2 *mm* gemessen). An diesem Tage hatte die Toplica Hochwasser, beim oberen Wehr etwa 0·30 *m* über dem Normale oder 160·1 *m* absolute Höhe. Am 6. August war dieses Hochwasser fast ganz abgelaufen. Das Maximilianeum und die Wiesenquelle erreichten am 7. August, die Hauptquelle am 6. August den höchsten Stand²⁾.

¹⁾ Baurat G. Tolkmitt, Grundlage der Wasserbaukunst, Berlin 1898 pag. 18.

²⁾ Maximilianeum 52 *cm*, Hauptquelle 72 *cm*, Wiesenquelle 63 *cm*.

Derselbe überragte die durchschnittliche Wasserhöhe der Quellen im Winterhalbjahr 1908/9 beim Maximilianeum um nur 1 *cm*, bei der Wiesenquelle um 3 *cm*. Bei der Hauptquelle bestand keine Differenz mit diesem mittleren Wasserstande. Gegen den Stand am 3. August, vor Beginn des Regens, beträgt allerdings die Zunahme der Wasserhöhe beim Maximilianeum 13 *cm*, bei der Hauptquelle 7 *cm*, bei der Wiesenquelle 5 *cm*. Diese Ziffern lassen vermuten, daß das Toplica-Hochwasser keinen entscheidenden Einfluß auf das Steigen der Quellen hatte, nachdem bei der vom Bache entferntesten Therme der Wasserstand am meisten und bei der Wiesenquelle, welche der Toplica zunächst liegt, am wenigsten gewachsen ist.

Im Verlaufe längerer Zeiten — Jahrzehnten — scheint sich der Wasserstand der Thermen bedeutender zu ändern. So liegt jetzt der Wasserspiegel des Maximilianeums unzweifelhaft etwa 46 *cm* tiefer als vor 15 Jahren (pag. 16). Auch bei der Hauptquelle ist es ziemlich sicher (pag. 17), daß dieselbe vor 30 Jahren einen um zirka 28 *cm* größeren Wasserstand hatte. Beim Antonia-Schlammbad ergibt der Vergleich mit dem Nivellement vom Jahre 1880 ebenfalls eine Senkung des Wasserspiegels um etwa 51 *cm*. Eine heiße Quelle, welche 1861 unter der Mitte des jetzigen Steges konstatiert wurde, dürfte wahrscheinlich 40 *cm* über der Stegquelle gelegen sein. Die Vertiefungen am rechten Toplica-Ufer (160·18 und 160·10), nordöstlich vom Steg (pag. 21), welche einst laues Wasser enthielten, deuten auch auf ein Sinken der Thermen.

Diese Erscheinung glaubte man bald nach der Toplica-Regulierung vom Jahre 1896 und noch mehr nach dem Hochwasser vom Jahre 1902 (pag. 12) feststellen zu können. Als Ursache des Fallens der Thermen nahm man damals die Bachregulierung, dann das Wegreißen des Wehrs der Sermage'schen Mühle an. Hierdurch sollte eine Senkung des Bachgrundes, wie auch des Wasserspiegels eingetreten sein, so daß der Abfluß des heißen Wassers in die Toplica in erhöhtem Maße stattfindet.

Der Grund der Toplica hat sich aber nicht gesenkt (siehe pag 13).

Anders ist es mit dem Wasserspiegel. Die normale Wassertiefe war früher 0·5 bis 1·0 *m*, jetzt dürfte sie nur 0·3 bis 0·5 *m* betragen. Die bedeutende Verbreiterung des Bachbettes — besonders 1902 — dann das Wegreißen des Wehrs der Sermage'schen Mühle können dies verursacht haben.

Zur Verbesserung dieser mißlichen Verhältnisse — man glaubte damals auch noch an das Sinken des Bachgrundes — wurde 1903 das jetzt bestehende obere Wehr gebaut. Durch dasselbe hat sich unmittelbar oberhalb der Wasserspiegel um etwa 0·12 *m* gehoben. Weiters wurde daselbst durch Anschlemmen der Bachgrund um 1 *m* und zirka 20 *m* weiter oberhalb um etwa 0·15 *m* erhöht. Unterhalb des Wehrs ist jedoch der Wasserspiegel gesunken, also gerade in einer Gegend, wo heißes Wasser in das Bachbett austritt.

Die Menge des Thermalwassers, welches in die Toplica fließt, ergibt sich, wenn man die Wassermasse dieses Baches oberhalb

und unterhalb der Thermalzone vergleicht. Das Resultat wird allerdings mit jenen nicht unbedeutenden Fehlern belastet sein, welche bei solchen Bestimmungen mit primitiven Mitteln unvermeidlich sind.

Die Toplica bringt in die Thermalzone — 115 *m* stromauf vom oberen Wehr gemessen (pag. 10) — 0·140 *m*³ Wasser in der Sekunde. Nahe am unteren Ende jener Zone — 14 *m* stromab vom Steg — liefert die Toplica 0·295 *m*³ Wasser in der Sekunde. Dieser Bach hat also in der Thermalzone um 0·155 *m*³ Wasser per Sekunde zugenommen.

Die Temperatur der Toplica betrug, nach mehrfachen Messungen Ende August 1909, vor dem Eintritte in die Thermalzone etwa 18° C und nach dem Austritte aus derselben 33° C¹⁾. Damit die 0·140 *m*³ Wasser, welche die Toplica per Sekunde in die Thermalzone bringt, von 18° C auf 33° erwärmt werden, müssen die in jenem Gebiete per Sekunde zufließenden 0·155 *m*³ Wasser eine Temperatur von 46° C haben²⁾. Das Thermalwasser ist aber gewiß wärmer. Fast alle Quellen, die mehr oder weniger ausgekühlt gemessen wurden, haben über 50° C, jene in der Nähe des Steges über 60° C. Es muß daher im Thermalgebiete außer dem heißen Wasser auch noch kaltes Wasser in den Bach fließen. Die Menge desselben kann mit einem Viertel des gesamten Zuflusses angenommen werden, wenn man beim Thermalwasser eine Temperatur von 55° C und beim kalten Wasser von 20° C voraussetzt. Aber auch die danach verbleibende Menge des per Sekunde zufließenden heißen Wassers, von 0·116 *m*³, ist noch zu groß. Es wurde nämlich die Temperaturerhöhung nicht berücksichtigt, welche die Toplica durch das Fließen im warmen Boden der Thermalzone erfährt. Dieser Bach bewegt sich über 300 *m* in diesem Gebiete und zwei Drittel dieser Strecke liegen innerhalb der Isothermen von 25° aufwärts.

Von dem warmen Wasser, welches der Toplica zufließt, liefert der Abfluß der Bäder und der Quellen zunächst des Schlambades 0·009 *m*³; der Vidakabfluß, beziehungsweise das Gebiet der Levinquelle 0·008 *m*³ in der Sekunde³⁾. Es bleibt somit noch ein Bedarf von weniger als 0·1 *m*³ Thermalwasser in der Sekunde, oder rund

¹⁾ Etwa 120 *m* stromauf vom oberen Wehr, bei Kote 161·46, 50 *m* außerhalb der 15°-Isotherme hatte das Toplicawasser am 21. August 1909, zunächst des linken Ufers 19·2° C und am 26. August 1909 am rechten Ufer 17·4° C.

Etwa 8 *m* stromauf der Vidak-Toplica-Vereinigung, zirka 55 *m* stromab der 15° C Isotherme hatte das Wasser am 26. August 1909 am linken Ufer 32·5° C, am rechten Ufer 33·0° C.

Am 21. August 1909 ergab sich 70 *m* weiter stromauf, in der Mitte zwischen der 15°- und 20° C-Isotherme, dann noch 20 *m* weiter stromauf, bereits innerhalb der 20° C-Isotherme, an diesen beiden Stellen die gleiche Wassertemperatur von 32·6° C. Während der Messungen hatte die Luft am 21. August 25° C und am 26. August — nach einer sehr kühlen Nacht — kaum 20°.

²⁾ $0·155x + 0·140 \times 18 = (0·155 + 0·140) 33$, wobei *x* die Temperatur des zufließenden Wassers ist.

³⁾ Am 31. August 1909 war beim Abflußkanal, im Mittel von 2 Bestimmungen, der Inhalt des Wasserquerprofils 0·03 *m*², die Geschwindigkeit 0·3 *m*.

Am 21. August 1909 hatte dieser Abflußgraben, nahe der Mündung in die Toplica, ein Querprofil von 0·038 *m*², eine Geschwindigkeit von 0·2 *m*.

8000 m^3 in 24 Stunden. Dieses heiße Wasser fließt in der ganzen Strecke vom oberen Wehr bis etwa 20 m unterhalb vom Steg in die Toplica. Ein größerer Wasserstand ist dafür kein wesentliches Hindernis, denn gerade an mehreren tieferen Stellen ist die Toplica — am Grunde — sehr heiß. Auch Schotter beeinträchtigt kaum das Eindringen des Thermalwassers. Die von 1908 auf 1909 erfolgte ausgedehnte Anschwemmung am linken Toplicaufer, beim Steg (pag. 12), welche zahlreiche Ausflüsse von heißem Wasser verlegte, blieb ohne jede Rückwirkung auf den Stand der Thermen.

Wird die Fläche der Thermalzone mit 60.000 m^2 angenommen, so repräsentieren die 8000 m^3 , welche in 24 Stunden in die Toplica abfließen, eine 13 cm hohe Wasserschicht auf jenem Gebiete, also soviel als das Maximilianeum in der ersten Stunde steigt (pag. 15)¹⁾.

Zwischen Grundwasser und Thermen wurde bereits (pag. 34) ein Zusammenhang, betreffs der monatlichen Niveauschwankungen vermutet. Es scheint aber auch in diesen Bewegungen während längerer Zeiträume eine Analogie zu bestehen. Professor S. Škreb hat die Jahresmittel des Grundwasserstandes in Agram wie folgt bestimmt:

Im Jahre	Zentimeter
1887	338
1888	351
1889	348
1890	284
1891	324
1892	316
1893	279
1894	256
1895	271
1896	285
1897	274
1898	279
1899	258
1900	249
1901	233
1902	190

Der Grundwasserstand in Agram nimmt also im allgemeinen seit 1888 ab und fällt besonders vom Jahre 1898 bis 1902 beständig, in letzterem Zeitabschnitte im ganzen um 89 cm .

¹⁾ Gegen diese Wassermassen verschwindet die Wirkung des Pumpens. So wurde am 9., 10. und 11. August 1908 mit zwei Pumpen gearbeitet, am 4. und 5. desselben Monats ohne Unterbrechung und am 29. desselben Monats auch bei Nacht gepumpt und an allen diesen Tagen zeigten die Haupt- sowie die Wiesenquelle eine aufsteigende Tendenz, trotzdem ihnen 50 m^3 und mehr Wasser in 24 Stunden entnommen worden sind.

Dieses Sinken des Grundwassers scheint noch anzudauern. In Velika Gorica, zirka 14 *km* südöstlich Agram und etwa 7 *km* von der Save, wird seit dem Jahre 1901 das Wasserniveau eines Brunnens beobachtet. Nach einem Graphikon ¹⁾, welches die bezüglichen Messungen darstellt und die Wasserhöhen im Maße 1:50 verzeichnet, kann angenommen werden, daß in Velika Gorica der Grundwasserstand von 1901 bis 1908 um etwa 70 *cm* gesunken sei ²⁾.

Diese Verminderung des Grundwassers in der Save-Ebene bei und nahe unterhalb Agram muß sich, wenn auch in geringerem Maße, im Save-Seitentale bei Stubica bemerkbar machen. Es erscheint daher erklärlich, daß man in Stubičke Toplice nach dem Jahre 1896 und besonders seit 1902 ein Sinken der Thermen zu bemerken glaubte.

Auf das Sinken des Grundwassers in den letzten Jahrzehnten deutet auch die auffallend große Abnahme der Wassermasse der Toplice und des Vidak (pag. 9 und 10), nach den Ermittlungen vom Jahre 1880 und 1909. Die bekannte Unsicherheit derartiger Bestimmungen genügt nämlich nicht, um jene bedeutenden Differenzen (jetzt etwa ein Sechstel der früheren Wassermasse) zu erklären.

Vorstehendes laßt sich dahin zusammenfassen, daß wahrscheinlich die größeren Schwankungen im Niveau der Thermen, welche sich auf längere Perioden — Monate und Jahre — verteilen, hauptsächlich mit der Bewegung des Grundwassers zusammenhängen; während die kleineren Oscillationen des Wasserspiegels der Thermen durch den Luftdruck und die Niederschläge — ab und zu bei einzelnen Quellen auch durch die Toplica-Hochwässer — hervorgerufen werden. Voraussichtlich wirken aber noch Naturkräfte mit, deren Erkenntnis bisher nicht gelungen.

Die nachstehenden Tabellen auf pag. 53—56 geben uns ein übersichtliches Bild über die Wasserhöhen der heißen Quellen in Stubičke Toplice in der Zeit vom November 1908 bis Mai 1909.

¹⁾ Dieses Graphikon gehört zu dem in Druck befindlichen offiziellen Werke: „Oberine i vodostaji kraljevine Hrvatske i Slavonije u godini 1908“ (Niederschläge und Wasserstände im Jahre 1908 in den Königreichen Kroatien und Slawonien). In den Monaten Jänner, Februar und November 1901 wurde nicht beobachtet.

²⁾ Ähnliche Schwankungen im Grundwasserstande wurden unter andern auch im Conventbrunnen des Stiftes St. Thomas zu Brünn beobachtet. Die jährlichen Niveauänderungen betragen dort 0.39 bis 1.02 *m* und innerhalb eines Zeitraumes von 16 Jahren ergab sich eine Differenz von 2.02 *m*. (Liznar, Die periodischen Änderungen des Grundwasserstandes. Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, XVII. Band, pag. 369.)

Die Wasserhöhen der heißen Quellen in Stubičke Toplice.

(Gemessen um die Mittagsstunde, durch Peter Gajski.)

Luftdruck und Temperatur sind Tagesmittel der Terminbeobachtungen in Agram.
Der Niederschlag wurde in Zlatar um 7 Uhr früh gemessen, ist aber hier bei jenem Tage eingetragen, an dem der Niederschlag stattfand.

Datum	Maximi- lianeum	Haupt- quelle	Wiesen- quelle	Luft- druck <i>mm</i>	Tempe- ratur <i>C°</i>	Niederschlag (● Regen, * Schnee) <i>mm</i>	
	Wasserhöhe in <i>cm</i>						
November 1908	11.	45·0	65·8	62·3	52·4	0·0	* 6·5
	12.	45·0	65·5	67·0	53·0	1·6	—
	13.	45·0	63·5	63·5	53·1	— 2·7	—
	14.	44·8	64·3	62·5	53·7	0·8	—
	15.	43·5	64·5	62·0	61·9	— 1·7	—
	16.	43·5	65·3	61·5	66·4	— 4·9	—
	17.	44·0	63·0	61·0	59·8	— 5·7	—
	18.	43·0	61·5	61·0	56·8	— 0·8	—
	19.	45·0	68·0	62·5	48·8	1·2	●
	20.	56·0	71·0	69·5	46·0	2·3	● 10·4
	21.	55·5	70·0	68·0	44·9	2·4	—
	22.	54·8	70·0	67·0	44·2	— 0·2	—
	23.	52·5	68·0	66·8	39·2	— 0·7	* ● 8·3
	24.	55·0	70·5	68·0	48·0	3·8	—
25.	53·5	69·0	67·0	51·7	3·2	—	
26.	53·0	67·5	65·5	54·3	0·7	—	
27.	50·5	68·0	64·8	55·6	3·4	—	
28.	48·5	65·5	64·0	57·2	3·8	—	
29.	47·0	65·0	63·0	59·6	2·5	—	
30.	45·5	64·0	62·5	59·8	— 2·2	—	
Dezember 1908	1.	46·0	63·5	62·0	59·5	— 3·4	—
	2.	46·3	64·0	62·3	57·0	— 3·4	—
	3.	47·0	64·5	63·0	53·3	— 3·0	—
	4.	47·3	65·0	63·8	53·8	2·4	—
	5.	47·8	66·5	64·5	55·7	1·8	* 0·1
	6.	46·0	65·5	64·0	58·3	— 1·2	—
	7.	45·0	65·0	63·0	58·5	— 3·3	—
	8.	46·0	65·5	63·0	55·8	— 3·7	—
	9.	44·5	65·0	63·0	53·9	— 0·6	—
	10.	44·8	66·0	63·3	47·6	— 1·5	—
	11.	48·8	66·8	63·5	29·7	2·4	●
	12.	50·5	67·5	65·0	30·5	2·2	● * 12·8
	13.	47·0	66·0	62·5	47·2	2·1	—
	14.	45·0	64·0	61·0	52·7	— 2·9	—
	15.	45·0	65·0	61·0	50·5	— 2·8	—
	16.	44·5	64·5	61·5	49·1	— 0·2	●
17.	44·0	64·0	61·5	48·2	1·1	● 2·8	
18.	45·0	64·5	62·0	46·0	1·1	● 1·2	
19.	45·5	64·0	61·5	49·7	0·9	● * 2·0	
20.	46·0	64·8	62·5	51·5	2·8	● 13·3	
21.	52·3	73·5	68·5	54·4	4·0	—	
22.	56·0	74·0	69·5	56·3	2·7	—	
23.	55·0	72·0	68·5	56·7	2·6	—	
24.	54·0	7·30	68·0	54·5	1·0	—	
25.	52·5	72·5	67·0	49·4	— 0·3	—	
26.	52·0	71·3	66·8	45·9	— 1·0	—	

Datum		Maximi-	Haupt-	Wiesen-	Luft-	Tempe-	Niederschlag
		lianeum	quelle	quelle			
		Wasserhöhe in <i>cm</i>			<i>mm</i>	<i>C°</i>	(● Regen, * Schnee) <i>mm</i>
Dezember 1908	27.	49.0	67.3	65.5	44.9	— 2.4	* 3.4
	28.	49.5	68.0	64.5	43.0	— 5.3	—
	29.	50.0	68.0	64.0	42.1	— 4.7	* 0.4
	30.	51.5	68.0	64.0	44.7	— 5.5	* 0.6
	31.	49.0	67.5	63.3	59.5	— 6.7	—
Jänner 1909	1.	48.0	67.0	63.0	64.7	— 5.2	—
	2.	46.5	65.5	61.5	64.1	— 4.6	—
	3.	46.5	66.0	62.0	65.0	— 3.2	—
	4.	46.0	65.0	61.0	65.0	— 2.2	—
	5.	45.8	66.5	61.5	61.4	— 2.1	—
	6.	46.3	66.5	62.0	59.5	1.8	—
	7.	46.5	66.5	62.0	54.7	1.4	—
	8.	47.5	68.5	62.5	41.5	1.6	● * 12.5
	9.	48.0	69.0	64.0	43.4	1.2	* 0.1
	10.	47.5	68.5	64.0	43.4	0.4	—
	11.	48.5	70.0	65.0	49.6	— 0.1	—
	12.	47.8	68.8	64.0	45.4	— 0.7	—
	13.	47.0	68.5	63.8	44.4	1.3	—
	14.	47.5	69.0	64.5	36.3	5.2	—
	15.	49.0	71.5	65.5	42.8	4.8	—
	16.	52.5	74.5	70.0	46.0	9.3	—
	17.	59.0	84.0	97.0	53.5	2.6	● * 15.5
	18.	54.0	80.0	77.5	55.6	3.0	—
	19.	52.5	81.0	73.0	51.6	0.8	* 0.6
	20.	49.5	77.5	70.0	53.2	0.9	—
	21.	46.5	74.5	68.5	56.5	1.4	—
	22.	45.0	71.5	66.3	58.3	— 3.7	—
	23.	45.0	71.0	65.0	57.8	— 5.8	—
	24.	44.5	70.5	64.3	57.8	— 6.4	—
	25.	44.5	69.5	64.0	58.9	— 9.3	* 0.4
	26.	44.5	69.0	63.5	59.2	— 6.2	—
	27.	44.5	69.0	63.5	60.0	— 5.4	—
	28.	44.0	68.0	62.5	62.4	— 7.1	—
	29.	44.0	68.0	62.0	58.9	— 6.1	—
	30.	44.5	68.5	62.0	46.1	— 7.5	—
	31.	45.0	70.0	63.0	41.8	— 4.3	* 1.5
Februar 1909	1.	45.0	69.8	62.8	38.3	— 1.9	—
	2.	44.8	69.0	62.0	46.9	— 0.9	—
	3.	45.0	69.0	62.3	47.8	— 0.3	—
	4.	45.0	69.0	62.3	41.2	6.7	—
	5.	45.5	69.5	63.5	42.0	6.9	—
	6.	46.0	70.5	64.3	44.1	7.6	—
	7.	46.5	71.0	65.0	48.9	2.9	—
	8.	45.0	69.0	64.0	51.7	— 1.4	—
	9.	44.0	68.0	63.0	53.2	— 1.5	—
	10.	44.5	69.0	63.3	46.1	0.1	—
	11.	44.3	69.0	63.0	42.4	5.4	—
	12.	43.8	68.0	62.5	42.0	0.4	● * 1.1
	13.	43.5	67.5	62.3	45.8	— 0.9	—
	14.	43.0	67.0	62.0	54.0	— 2.6	—
	15.	43.0	67.0	62.0	46.8	— 2.6	—

Datum		Maximi-	Haupt-	Wiesen-	Luft-	Tempe-	Niederschlag
		lianeum	quelle	quelle			
		Wasserhöhe in cm			druck	ratur	(● Regen, * Schnee)
					mm	C°	mm
Februar 1909	16.	43·3	68·0	62·0	42·7	— 0·1	—
	17.	43·5	67·5	62·0	44·7	0·7	—
	18.	43·0	66·5	61·5	50·2	— 1·5	—
	19.	42·8	66·0	61·0	54·2	— 1·6	* * 1·5
	20.	43·3	67·0	61·5	53·1	— 1·1	* * 0·6
	21.	43·5	67·0	61·5	53·8	0·5	* * 1·2
	22.	43·0	66·0	61·0	53·0	— 2·6	* * 5·0
	23.	43·3	66·5	61·0	52·4	— 5·6	* * —
	24.	43·0	66·0	61·0	52·9	— 6·4	* * —
	25.	43·0	66·3	61·0	52·2	— 5·0	* * 5·3
	26.	43·0	66·0	61·0	53·7	— 2·2	* * 0·7
	27.	44·0	67·0	61·5	52·6	— 0·3	* * 0·5
	28.	44·8	68·0	61·8	46·4	— 0·6	* * —
März 1909	1.	45·0	68·5	61·8	40·6	— 0·4	* ● 4·6
	2.	51·5	75·0	66·0	27·6	6·1	● 5·5
	3.	59·0	79·5	72·5	35·5	4·1	● 3·9
	4.	58·0	77·0	71·0	38·0	4·3	● 0·9
	5.	60·0	79·0	73·0	37·6	6·1	● 0·1
	6.	60·5	80·0	75·5	45·5	1·1	* 2·0
	7.	60·0	78·5	71·5	44·4	2·1	—
	8.	58·5	77·0	70·5	39·5	3·1	—
	9.	59·0	77·0	69·5	43·2	4·6	—
	10.	59·0	77·0	69·0	45·9	4·8	—
	11.	58·5	77·0	69·0	43·2	5·4	●
	12.	60·5	78·0	71·0	41·0	4·2	● 3·2
	13.	61·5	79·5	72·5	38·7	5·9	● 1·3
	14.	61·5	79·5	72·5	38·7	5·2	● 6·1
	15.	62·5	80·0	73·5	31·5	7·8	—
	16.	63·5	81·0	74·0	37·1	3·5	● * 7·1
	17.	61·5	79·0	72·0	43·2	2·5	—
	18.	59·5	77·5	70·0	47·1	3·5	—
	19.	58·5	77·0	69·5	45·8	5·1	—
	20.	58·0	77·0	69·0	46·8	9·2	—
	21.	58·0	77·0	70·0	46·0	12·2	—
	22.	58·0	78·0	70·0	44·6	9·6	● 10·9
	23.	60·0	79·5	71·5	40·2	10·4	—
	24.	59·5	78·5	70·0	43·3	10·7	● 0·4
	25.	58·0	77·0	69·0	41·1	9·8	—
	26.	57·8	77·0	69·0	32·1	9·8	● 1·1
	27.	60·0	82·0	75·0	38·1	7·4	● 5·5
	28.	60·0	80·5	73·0	46·9	7·9	—
	29.	59·5	79·5	72·5	45·0	9·0	—
	30.	59·0	78·0	70·5	44·3	13·1	—
	31.	59·0	77·8	70·0	47·3	12·2	● 0·7
April 1909	1.	58·5	77·5	69·0	44·9	12·4	—
	2.	58·0	77·0	68·0	48·9	7·3	● 4·8
	3.	57·5	77·0	68·0	53·8	2·0	—
	4.	57·0	76·8	67·5	57·6	1·4	* ● 0·2
	5.	56·0	75·5	66·5	57·1	2·6	—
	6.	56·0	76·0	66·0	55·6	6·2	—
	7.	54·0	75·5	66·3	54·6	8·9	—

Datum	Maximilianeum	Hauptquelle	Wiesenquelle	Luftdruck mm	Temperatur C°	Niederschlag (● Regen, * Schnee) mm		
	Wasserhöhe in cm							
April 1909	8.	54·0	75·0	66·0	52·3	12·7	—	
	9.	54·0	75·0	66·0	43·5	14·3	—	
	10.	54·0	76·0	66·5	44·2	14·6	—	
	11.	54·3	76·0	66·0	43·3	13·1	—	
	12.	54·0	76·0	66·5	39·0	13·1	●	
	13.	55·0	77·0	69·0	38·1	9·5	● 9·8	
	14.	55·5	77·5	69·0	42·2	11·8	—	
	15.	—	76·8	68·0	44·6	14·6	—	
	16.	—	75·5	67·0	50·4	11·9	—	
	17.	—	76·0	69·0	49·3	15·8	—	
	18.	54·0	77·0	67·0	47·6	13·0	—	
	19.	56·5	77·0	66·5	45·2	13·5	—	
	20.	52·5	76·0	66·0	45·0	17·8	● 6·2	
	21.	52·0	75·5	66·0	47·2	15·1	—	
	22.	51·5	75·0	66·0	48·8	10·9	—	
	23.	50·5	74·5	65·0	49·1	14·0	—	
	24.	50·5	74·0	65·0	49·6	16·3	—	
	25.	50·0	74·0	65·0	47·8	19·0	—	
	26.	49·5	73·5	64·5	48·9	19·6	—	
	27.	49·0	73·0	63·5	48·3	19·8	—	
	28.	49·0	73·5	64·0	47·6	15·3	● 27·8	
	29.	54·0	73·5	69·0	50·7	13·2	—	
	30.	52·5	77·0	69·0	45·0	12·9	●	
	Mai 1909	1.	63·5	88·5	76·5	48·1	9·4	● 16·3
		2.	60·5	81·0	72·0	46·6	8·6	● 0·4
		3.	60·0	82·0	72·0	49·4	6·8	● 8·5
		4.	59·0	81·0	70·0	42·9	9·4	● 20·1
		5.	67·0	82·0	78·0	45·7	12·4	● 34·9
		6.	79·5	86·5	90·0	49·4	9·2	—
		7.	71·0	89·0	80·0	52·4	7·6	—
8.		69·0	85·5	76·0	50·4	8·0	—	
9.		65·0	70·0	72·0	46·6	10·6	—	

Aumerkung.

Jener Punkt des Quellenbodens, von dem vorstehende Wasserhöhen gemessen wurden, besitzt folgende absolute Höhe:

beim Maximilianeum	160·15 m
bei der Hauptquelle	159·73 m
bei der Wiesenquelle	159·16 m

Die zwei Hochwässer im Toplicebach, welche in vorstehendem Zeitabschnitte stattgefunden hatten, erreichten beim oberen Wehr die absolute Höhe:

am 17. Jänner 1909 von	160·39 m
am 6. Mai 1909 von	160·22 m

Gepumpt wurde am 9. Mai 1909 aus der Hauptquelle.

III. Die physikalisch-chemischen Untersuchungen

ausgeführt im königl. chemisch-analytischen Landesinstitut zu Agram
von Mag. der Ph. M. Milan Melkus.

Einleitung.

Bereits im Jahre 1820 wurde das Thermalwasser von Stubičke Toplice (wahrscheinlich der Hauptquelle) durch Friedrich Baum bach untersucht¹⁾.

Im Jahre 1856 hat Karl Ritter v. Hauer das Wasser der „Mineralquelle“, sowie der „Schlammquelle“ analysiert²⁾. Erstere Quelle dürfte mit der heutigen „Hauptquelle“ identisch sein.

Am 7. und 8. August 1908 hat Melkus behufs abermaliger Untersuchung dem Maximilianeum, der Haupt-, Wiesen- und Stegquelle Wasserproben entnommen. Weiters sammelte er das Gas, welches den Quellen reichlich entweicht, beim Maximilianeum und bei der Stegquelle, endlich grub er etwa 0·5 m tief Schlamm aus einer warmen Quelle im Toplicabette, unter dem rechten Ende des Steges. Während dieser zwei Tage regnete es fast ununterbrochen. Die Lufttemperatur betrug 20° C, der Luftdruck 751 mm.

Das Thermalwasser.

Die Temperatur der Quellen ermittelte Melkus folgendermaßen:

Maximilianeum	50·0° C
Hauptquelle	59·4° „
Wiesenquelle	44·2° „
Stegquelle	63·0° „
Levinquelle	63·5° „

Fr. Baum bach machte 1820 nachstehende Temperaturangaben:

Maximilianeum (wahrscheinlich ausgekühlt)	38·7—40·0° C
Hauptquelle („am Ursprung“)	58·7°

Karl v. Hauer bestimmte 1856 die Temperatur der „Quelle I“ (Hauptquelle?) mit 58·7° C.

Prof. Škreb ermittelte am 15. Mai 1909 bei 13° C Lufttemperatur die Wärme des Maximilianeums mit 47° C, der Wiesenquelle mit 37·5° C und der Stegquelle mit 59·1° C.

Im allgemeinen sei zu diesen Messungen bemerkt, daß es kaum möglich erscheint, das Thermometer an eine Stelle zu bringen, wo das Thermalwasser noch nicht abgekühlt wäre. Das Ergebnis der Temperaturbestimmung ist verschieden, je nach der Entfernung von jener Stelle. Dies erklärt die bedeutenden Differenzen der verschiedenen Messungen.

Das spezifische Gewicht des Thermalwassers bei 15° C beträgt — destilliertes Wasser derselben Temperatur als Einheit

¹⁾ Phisich-chemische Untersuchung der Mineralquelle von Sztubitzta in Croatia, Agram 1820.

²⁾ Jahrbuch der k. k. geol. R.-A., Jahrg. VII, 1856, pag. 663 und 838.

genommen — beim Maximilianeum 1·00045, bei der Hauptquelle 1·00047, bei der Wiesenquelle 1·00050 und bei der Stegquelle 1·00044.

Die Erniedrigung des Gefrierpunktes wurde mit dem Beckmanschen Apparat ermittelt, im Vergleich mit destilliertem Wasser, bei dem ein Zusatz von 1% Kochsalz (*NaCl*) den Gefrierpunkt um 0·59° C herabsetzt. Es ergab sich für das Maximilianeum 0·026, für die Hauptquelle 0·027, für die Wiesenquelle 0·026 und für die Stegquelle 0·027. Daraus folgt die Konzentration

$$\left(\frac{\Delta}{1\cdot85}\right)$$

für obige Quellen mit 0·0142, bzw. 0·0149, 0·0142 und 0·0149.

Der Leitungswiderstand für Elektrizität wurde nach der Methode von Kohlrausch bestimmt. Mit den kupfernen, versilberten Elektroden von 150 cm^3 ergab eine gesättigte Lösung von $CaSO_4$ ($K\ 18 = 0\cdot001891$) 30·5 Ohm, folglich war die Kapazität des Widerstandsgefäßes bei 18° C 0·0576755.

Beim Maximilianeum zeigte das Wasser bei 18° C einen Widerstand von 102 Ohm, was einer Leitungsfähigkeit $K\ 18 = 0\cdot0005654$ entspricht. Bei 50·2° C beträgt der Widerstand $K\ 50\cdot2 = 0\cdot0011513$, somit ist der Temperaturkoeffizient 0·0000151, oder die Leitungsfähigkeit für Elektrizität

$$K = \frac{0\cdot0151t + 0\cdot5624}{1000}$$

In analoger Weise ergab sich die Leitungsfähigkeit für Elektrizität beim Wasser

$$\text{der Hauptquelle mit } K = \frac{0\cdot0140t + 0\cdot5492}{1000}$$

$$\text{der Wiesenquelle mit } K = \frac{0\cdot0212t + 0\cdot5126}{1000}$$

$$\text{der Stegquelle mit } K = \frac{0\cdot0124t + 0\cdot5626}{1000}$$

Wie direkt wahrnehmbar, ist das Wasser aller Thermen vollständig klar, farblos und geruchlos. Es behält diese Eigenschaften auch nach längerem Stehen. Wird das Wasser abgedampft und der Rückstand ausgeglüht, so bildet sich keine Kohle, es fehlen somit organische Beimengungen.

Das Wasser reagiert sehr schwach alkalisch (auf Lackmus).

Die qualitative Analyse ergab in den 4 Thermen: größere Mengen von Kalium, Natrium, Kalzium und Magnesium, weiters kleinere Mengen von Eisen, Mangan und Aluminium, endlich Spuren von Lithium und Phosphorsäure. Vorstehende Elemente befinden sich in Verbindung mit einer oder der anderen der folgenden Säuren: Kohlen-, Silizium-, Schwefel-, Chlorwasserstoff- oder Jodwasserstoffsäure.

Die quantitative Analyse ergab untenstehendes Resultat.

Die Gesamtmenge der im Wasser befindlichen Kohlensäure wurde gravimetrisch bestimmt. Hierzu sind bei den Quellen Glasflaschen gefüllt worden, welche bestimmte Mengen Kalziumchlorid und Kalziumhydroxyd enthielten.

Bestandteile	Maximi- lianeum	Haupt- quelle	Wiesen- quelle	Steg- quelle
	enthält Gramm			
Alkalische Chloride, <i>KCl, NaCl, LiCl</i>	0·15442	in je 2000 cm^3 Wasser		
		0·15922	0·15866	0·15950
Kalk (bei 15·5° C), <i>CaCO₃</i>	0·56298	in je 4000 cm^3 Wasser		
		0·56303	0·55902	0·56246
Magnesium, <i>Mg, P₂ O₇</i>	0·46770	0·46631	0·46446	0·46574
Mangansulfid, <i>MnS</i>	0·00106	0·00110	0·00113	0·00111
Eisentrioxyd, <i>Fe₂ O₃</i>	0·00100	0·00110	0·00086	0·00099
Aluminiumtrioxyd, <i>Al₂ O₃</i>	0·00063	0·00070	0·00066	0·00071
Siliziumdioxyd, <i>Si O₂</i>	0·16677	0·16750	0·16785	0·16782
Halogene, <i>Ag Cl + Ag J</i>	0·04611	in je 1000 cm^3 Wasser		
		0·04200	0·04410	0·04490
Jod, <i>J</i>	0·00080	in je 50.000 cm^3 Wasser		
		0·00085	0·00065	0·00075
Bariumsulfat, <i>Ba SO₄</i>	0·46124	in je 2000 cm^3 Wasser		
		0·45790	0·45635	0·45791
Kohlendioxyde, <i>CO₂</i>	in 315·72 cm^3	in 355·60 cm^3	in 360·00 cm^3	in 340·42 cm^3
	0·06781	0·07652	0·07732	0·07351
	in 296·48 cm^3	in 298·46 cm^3	in 330·44 cm^3	in 326·48 cm^3
	0·06369	0·06438	0·07099	0·07019
Abdampfückstände bei 180° C getrocknet . .	0·3842	in je 1000 cm^3 Wasser		
		0·3890	0·3876	0·3900
Neutrale Kontrollsul- fate aus den Abdampf- rückständen	0·4621	0·4640	0·4571	0·4607

Aus vorstehenden Resultaten der Analyse resultiert folgende Zusammensetzung des Thermalwassers:

Bestandteile	Maximi- lianeum	Haupt- quelle	Wiesen- quelle	Steg- quelle
	10.000 Gramm Wasser enthalten Gramm			
Kaliumoxyd, <i>K₂ O</i>	0·09009	0·09035	0·09014	0·09010
Natriumoxyd, <i>Na₂ O</i>	0·34248	0·34558	0·34426	0·34651
Kalziumoxyd, <i>Ca O</i>	0·78818	0·78832	0·78619	0·78749
Magnesiumoxyd, <i>Mg O</i>	0·42014	0·42002	0·41948	0·42011
Eisentrioxyd, <i>Fe₂ O₃</i>	0·00251	0·00255	0·00214	0·00249
Manganoxyd, <i>Mn O</i>	0·00208	0·00208	0·00201	0·00211
Aluminiumtrioxyd, <i>Al₂ O₃</i>	0·00158	0·00175	0·00164	0·00178
Siliziumdioxyd, <i>Si O₂</i>	0·41698	0·41875	0·41138	0·41832
Chlor, <i>Cl</i>	0·11401	0·10386	0·10471	0·11037
Jod, <i>J</i>	0·00016	0·00017	0·00013	0·00015
Schwefeltrioxyd, <i>SO₃</i>	0·78601	0·78559	0·78412	0·78562
Kohlendioxyd, <i>CO₂</i>	2·14833	2·15199	2·14793	2·15954

Kombiniert man der Kontrolle wegen die einzelnen Bestandteile als Sulfate, so erhält man:

Bestandteile	Maximi-	Haupt-	Wiesen-	Steg-
	lianeum	quelle	quelle	quelle
10.000 Gramm Wasser enthalten Gramm				
K_2SO_4	0·16655	0·16703	0·16664	0·16656
Na_2SO_4	0·78382	0·79480	0·78785	0·79263
$CaSO_4$	1·91414	1·91448	1·90953	1·90559
$MgSO_4$	1·26048	1·26004	1·25838	1·29396
$MnSO_4$	0·00429	0·00442	0·00428	0·00449
Fe_2O_3	0·00251	0·00255	0·00214	0·00249
Al_2O_3	0·00158	0·00175	0·00164	0·00178
SiO_2	0·41693	0·41875	0·41188	0·41832
Zusammen	4·55025	4·56382	4·54184	4·58583
Direkt gefunden	4·62175	4·64071	4·57185	4·60718
Differenz	0·07150	0·07689	0·03001	0·02136

Werden die gefundenen Basen und Säuren zu wahrscheinlichen Salzen zusammengestellt, so erhält man nachstehendes:

Bestandteile	Maximi-	Haupt-	Wiesen-	Steg-
	lianeum	quelle	quelle	quelle
10.000 Gramm Wasser enthalten Gramm				
Kaliumsulfat, K_2SO_4	0·16655	0·16703	0·16664	0·16656
Natriumsulfat, Na_2SO_4	0·78382	0·79480	0·78785	0·79263
Kalziumsulfat, $CaSO_4$	0·47583	0·44147	0·44885	0·44138
Kalziumkarbonat, $CaCO_3$	1·07207	1·08439	1·11814	1·08146
Magnesiumjodid, MgJ_2	0·00018	0·00019	0·00014	0·00017
Magnesiumchlorid, $MgCl_2$	0·18476	0·16246	0·16848	0·17262
Magnesiumkarbonat, $MgCO_3$	0·78337	0·75894	0·74643	0·75153
Eisenkarbonat, $FeCO_3$	0·00458	0·00465	0·00390	0·00428
Mangankarbonat, $MnCO_3$	0·00827	0·00338	0·00325	0·00341
Aluminiumtrioxyd, Al_2O_3	0·00158	0·00175	0·00164	0·00178
Siliziumdioxyd, SiO_2	0·41693	0·41875	0·41188	0·41882
Kohlendioxyd, CO_2 , halbgebunden	0·85915	0·88313	0·90633	0·87458
Kohlendioxyd, CO_2 , freies	0·49000	0·37578	0·93527	0·41038
Zusammen, feste Bestandteile	3·84294	3·83781	3·84670	3·83774
Gefundener Abdampfrückstand	3·86273	3·89019	3·87643	3·90098

Nach der Methode von Than kann man das Verhältnis der einzelnen Bestandteile zueinander in folgender Weise darstellen:

Benanntlich	Maximilianium		Hauptquelle		Wiesenquelle		Stegquelle	
	Relatives Äquivalent	%	Relatives Äquivalent	%	Relatives Äquivalent	%	Relatives Äquivalent	%
$\frac{1}{2}$ Ca .	0·028167	45·30	0·028313	45·28	0·028078	45·24	0·028111	45·14
$\frac{1}{2}$ Mg .	0·021091	33·73	0·021039	33·74	0·021010	33·85	0·021043	33·83
$\frac{1}{2}$ Mn .	0·000058	0·09	0·000058	0·09	0·000056	0·09	0·000057	0·09
$\frac{1}{2}$ Fe .	0·000062	0·09	0·000063	0·09	0·000053	0·09	0·000060	0·09
Na .	0·011032	17·72	0·011131	17·71	0·011085	17·65	0·011132	17·79
K .	0·001904	3·07	0·001917	3·09	0·001912	3·08	0·001901	3·06
Summe .	0·062304	100·00	0·062521	100·00	0·062194	100·00	0·062304	100·00
J .	0·000001	—	0·000001	—	0·000001	—	0·000001	—
Cl .	0·003113	5·01	0·002928	4·30	0·002953	4·56	0·003113	5·01
$\frac{1}{2}$ SO ₄ .	0·019903	31·49	0·019650	31·34	0·019602	31·51	0·019767	31·68
HCO ₃ .	0·039487	63·50	0·039942	64·36	0·039638	63·98	0·039423	63·31
Summe .	0·062504	100·00	0·062521	100·00	0·062194	100·00	0·062304	100·00
SiO ₂ .	0·007257	9·80	0·006979	9·32	0·006856	9·19	0·006972	9·64
CO ₂ .	0·009772	13·30	0·008339	11·70	0·007614	10·48	0·009348	12·26
Al .	0·000030	0·03	0·060033	0·04	0·000031	0·03	0·000035	0·05

Zum Vergleiche der jetzigen Analyse mit jener von Karl Ritter v. Hauer diene folgende Tabelle:

Bestandteile	Analyse von		
	1856 durch Hauer		1908 durch Melkus
	Mineralquelle	Schlammquelle	Hauptquelle
	10.000 Gramm Wasser enthalten Gramm		
Kaliumoxyd, K ₂ O	0·141	0·139	0·090
Natriumoxyd, Na ₂ O	0·349	0·361	0·345
Kalziumoxyd, CaO	0·953	0·958	0·788
Magnesiumoxyd, MgO	0·402	0·450	0·420
Eisentrioxyd, Fe ₂ O ₃	Spuren	Spuren	0·002
Manganoxyd, MnO	"	"	0·001
Aluminiumtrioxyd, Al ₂ O ₃	0·002	0·013	0·001
Siliziumdioxyd, SiO ₂	0·366	0·359	0·418
Chlor, Cl	0·095	0·130	0·103
Jod, J	—	—	0·0001
Schwefeltrioxyd, SO ₃	0·759	0·849	0·785
Kohlendioxyd, CO ₂	2·32	2·608	2·151
Abdampfrückstand in neutrale Sulfate verwandelt	4·651	4·630	4·563

Die Unterschiede zwischen vorstehenden Analysen vom Jahre 1856 und 1908 bestehen hauptsächlich darin, daß erst jetzt Jod, Mangan und Phosphorsäure konstatiert und erstere zwei auch quantitativ bestimmt werden konnten. Dieses sowie andere geringfügige Differenzen sind in der Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden begründet. Es ist somit anzunehmen, daß sich die Zusammensetzung der Thermen in den letzten 60 Jahren nicht geändert habe.

Die Analyse von Fr. Baumbach vom Jahre 1820 ist ganz verschieden von den modernen Methoden durchgeführt. Ihr Ergebnis weicht so stark von den neueren Resultaten ab, daß ein Vergleich kaum tunlich erscheint.

Baumbach benützte als Maßeinheit den Kubikzoll, als Gewichtseinheit das Gran. Umgerechnet auf die modernen Maße ist das Ergebnis seiner Untersuchung folgendes:

In 2822·7 cm^3 Thermalwasser sind enthalten:

Freie Kohlensäure	56·40 cm^3
Sauerstoff	2·82
Atmosphärische Luft	26·80 „
Zusammen	<u>86·02 cm^3</u>

	Gramm
Kalziumchlorid	0·50
Natriumchlorid	0·10
Magnesiumsulfat	1·13
Natriumsulfat	1·46
Kalziumsulfat	0·86
Magnesiumkarbonat	1·70
Kalziumkarbonat	1·96
Eisenkarbonat	0·04
Siliziumsäure	0·08
Aluminiumtrioxyd	0·13
Zusammen	<u>7·96</u>

Nach den Analysen sind die Thermen von Stubičke Toplice als chemisch indifferent, bei genauerer Prüfung aber als alkalisch erdige Akratothermen zu bezeichnen.

Die Thermalgase.

Die Gase, welche im Maximilianeum und bei der Stegquelle, aufgefangen worden sind, gelangten zusammen gemischt zur Untersuchung.

Etwa 100 cm^3 Gas wurden in der eudiometrischen Röhre über Quecksilber eingeschlossen. Nachdem das Gas durch ein Stück ge-

schmolzenes Chlorkalzium getrocknet und letzteres entfernt worden war, wurde die Gasmenge gemessen. Sie hatte bei $13\cdot2^{\circ}\text{C}$ und 754 mm Luftdruck ein Volumen von $97\cdot9\text{ cm}^3$. Dies entspricht bei 0°C und 760 mm dem Volumen $93\cdot34\text{ cm}^3$.

Die Kohlensäure wurde hierauf durch starke Kalilauge absorbiert. Es blieben danach, bei $13\cdot2^{\circ}\text{C}$ und 754 mm , noch $86\cdot8\text{ cm}^3$ Gas, oder bei 0°C und 760 mm $82\cdot13\text{ cm}^3$. Kohlendioxyd sind sonach $11\cdot21\text{ cm}^3$ oder $24\cdot34$ Volumprozent vorhanden gewesen.

Weiters wurde der Sauerstoff, aus demselben Gasquantum, durch in Wasser gelöste Pirogalussäure (1 : 5) absorbiert. Es verblieben hierauf bei $13\cdot2^{\circ}\text{C}$ und 754 mm nur noch $86\cdot70\text{ cm}^3$ Gas. Der Sauerstoff war daher $0\cdot10$ Volumprozent der ursprünglichen, trockenen Gasmenge.

Schließlich wurden aus dem Gasreste die Kohlenwasserstoffe durch rauchende Schwefelsäure entfernt. Hierdurch verminderte die Gasmenge, bei $13\cdot2^{\circ}\text{C}$ und 754 mm , auf $85\cdot9\text{ cm}^3$ oder $0\cdot92$ Volumprozent der ursprünglichen Gasmenge.

Ein Liter getrocknetes und von Kohlendioxyd befreites Gas wurde über glühendes Kupferoxyd, sowie durch Chlorkalzium und Kalilauge geführt. Das Gasgewicht änderte sich dadurch nicht. Die Leitungsfähigkeit für Elektrizität war bei dieser Gasmenge dieselbe wie jene der atmosphärischen Luft.

Ein von Feuchtigkeit, Kohlendioxyd und Sauerstoff befreites Gasquantum wurde (nach Rayleigh und Ramsay) über glühendes Magnesium geleitet, um möglichst viel Stickstoff zu entfernen. Sodann wurde das Gas mit 5 mm Druck in der Plückerschen Röhre mit Magnesiumelektroden eingeschmolzen.

Nach mehrstündigem Überspringen starker elektrischer Funken verschwanden im Spektrum die Linien vom Stickstoff und erschienen jene von Argon. Besonders schön zeigte sich die rote Linie mit Wellenlängen 707 und 696 mm , dann gleichlaufend damit die anderen für Argon charakteristischen Linien.

Quantitativ wurde der Stickstoff nach der Methode von Th. Schloesing fils bestimmt. Aus 954 cm^3 (0°C , 760 mm) Gas ergaben sich $51\cdot20\text{ cm}^3$, das ist $5\cdot36$ Volumprozent Argon.

Die Zusammensetzung des untersuchten Gases in Volumprozenten ist somit:

Kohlendioxyd	24·34
Sauerstoff.	0·10
Kohlenwasserstoff (Methan)	0·92
Argon	5·36
Stickstoff	69·28

Der Thermalschlamm.

Die Schlammprobe war teils von grauer, teils von schwarzer Farbe; feinsandig, oder auch fettig und plastisch.

Nach der mikroskopischen Untersuchung durch Universitätsprofessor Dr. Kišpatić besteht der Schlamm hauptsächlich aus Teilchen von: Kalzit, Glimmer und Quarz, dann aus sehr wenig Feldspat, Epidot, Turmalin, Zirkon und etwas organischen Substanzen.

Der frisch ausgegrabene Schlamm reagiert schwach alkalisch, durch Stehen an der Luft bekommt er einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Mit Wasser vermennt filtriert sich der Schlamm schwer und klärt sich durch Stehen erst in einigen Tagen.

Die wässrige Schlammmischung reagiert nicht auf Nitrate (Difenilamin) und Gerbsäure (Fericchlorid), sie reagiert schwach auf Ammoniak (mit Nessler).

Der Schlamm enthält keine in kaltem Wasser lösliche Eisenverbindungen, keine Ameisensäure und keinen freien Schwefel.

Durch weitere Untersuchung des Schlammes wurden durch die gewöhnlichen Methoden die in Salzsäure löslichen Bestandteile, dann der gebundene Schwefel und die vorhandene Kohlensäure ermittelt. Die Bestimmung des Stickstoffes geschah nach der Methode von Kjeldahl.

Das sogenannte Wachs des Schlammes ergab sich aus dem Extrakt desselben — im Soxhlets-Apparat hergestellt — und Behandlung dieses Extrakts mit Schwefelkohlenstoff. Dieses „Wachs“ ist eine weiße, zähe Substanz, welche durch Erwärmen flüssiger wird.

Aus all diesen Untersuchungen ergab sich nachstehende Zusammensetzung des Thermalschlammes in Gewichtsprozenten.

In Salzsäure (HCl) lösliche Stoffe:

Eisentrioxyd (Fe_2O_3)	2·74
Manganoxyd (MnO).	0·06
Aluminiumtrioxyd (Al_2O_3)	2·92
Kalziumoxyd (CaO).	4·30
Magnesiumoxyd (MgO).	1·64
Kaliumoxyd (K_2O)	0·16
Natriumoxyd (Na_2O)	0·08
Schwefeltrioxyd (SO_3)	0·09
Siliziumdioxyd (SiO_2)	0·14
Kohlendioxyd (CO_2)	3·10
Zusammen	15·53

In Salzsäure (HCl) unlösliche Stoffe:

Eisendisulfid (Fe_2S_2)	1·24
Mergel, Sand usw.	77·26
Zusammen	78·50

Bestimmbare organische und flüchtige Stoffe.

Ammoniak (NH_3)	0·09
Humussäure	0·16
Humin	0·09
Sogenanntes Wachs	0·11
Zusammen	0·45

Unbestimmbare organische Stoffe und Verluste repräsentieren daher	5·52
Durch Ausglühen ergab sich direkt als Verlust	7·74

Die Lösung des Schlammes in Wasser enthielt folgende Bestandteile in Gewichtsprozenten:

Kalziumoxyd (CaO) .	0·04
Magnesiumoxyd (MgO)	0·02
Schwefeltrioxyd (SO_3)	0·05
Siliziumsäure (SiO_2)	0·01
Abdampfrückstände	0·18
Ausgeglühter Rückstand	0·14

Außerdem war qualitativ zu konstatieren, aber quantitativ nicht bestimmbar: Spuren von Alkalien und Chlor, dann geringe Spuren von Eisen, Mangan und Aluminium, endlich etwas Kohlendioxyd.

Der Thermalschlamm gehört somit in die Gattung „Mineralbadschlamm“.

Die Radioaktivität.

Das Thermalwasser wurde an Ort und Stelle auf Radioaktivität untersucht. Die angewendete Methode beruhte auf der Tatsache, daß sich die Luft in Gegenwart radioaktiver Stoffe ionisiert und dadurch für Elektrizität besser leitend wird. Das Maß dafür und damit auch für die Radioaktivität wird in Mache-Einheiten¹⁾ ausgedrückt.

Das Resultat der Untersuchung war:

Thermalwasser aus	Wassertemperatur in Celsius-Graden	Radioaktivität in Mache-Einheiten
dem Maximilianum .	50·0	2·2
der Hauptquelle	59·4	0·8
der Wiesenquelle	44·2	2·7
der Stegquelle	63·0	1·9

Die Stubicaer Thermen sind daher radioaktiv. Wie meistens ist auch hier die Radioaktivität bei den kälteren Quellen größer.

¹⁾ Nach Dr. Heinrich Mache, Professor an der Technischen Hochschule in Wien.

Die Ursache der Radioaktivität besteht entweder darin, daß radioaktive Stoffe im Wasser enthalten sind oder daß eine radioaktive Emanation sich im Wasser aufgelöst befindet. Es wurde das Thermalwasser wiederholt gekocht und öfter untersucht, es konnte aber kein radioaktiver Körper konstatiert werden. Im Thermalwasser muß daher eine radioaktive Emanation aufgelöst sein.

Der Thermalschlamm aus dem Antonia-Schlammade, an der Luft getrocknet und dann mit destilliertem Wasser gemengt, zeigte eine Radioaktivität von 0,6 Mache-Einheiten.

Der Schlamm aus der heißen Quelle im Toplica-Bette, unter dem Stege, reagierte nicht radioaktiv.



- p
Oberptenische Mergel.
- p.
Unterpentische kalkige Mergel mit Limonaeus.
- L
Leithakalk.
- y
Streichen und Einfallen.
- x = Bruchlinien.
- y = Thermalpalte.
- x' = vermutliche Bruchlinie.
- Thermalgebiet (15° und 20° C Isotherme).
- *. heiße Quellen.

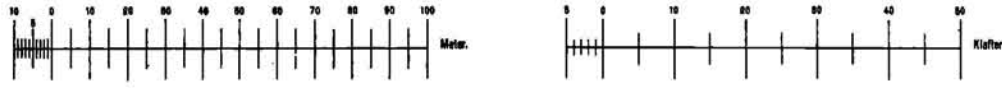
Nach der Militärvermessung 1:25,000.

Maßstab 1:10,000.

Ausgeführt im k. u. k. Militärgeographischen Institute.

Die heißen Quellen und Bodenisoothermen von Stubičke toplice.

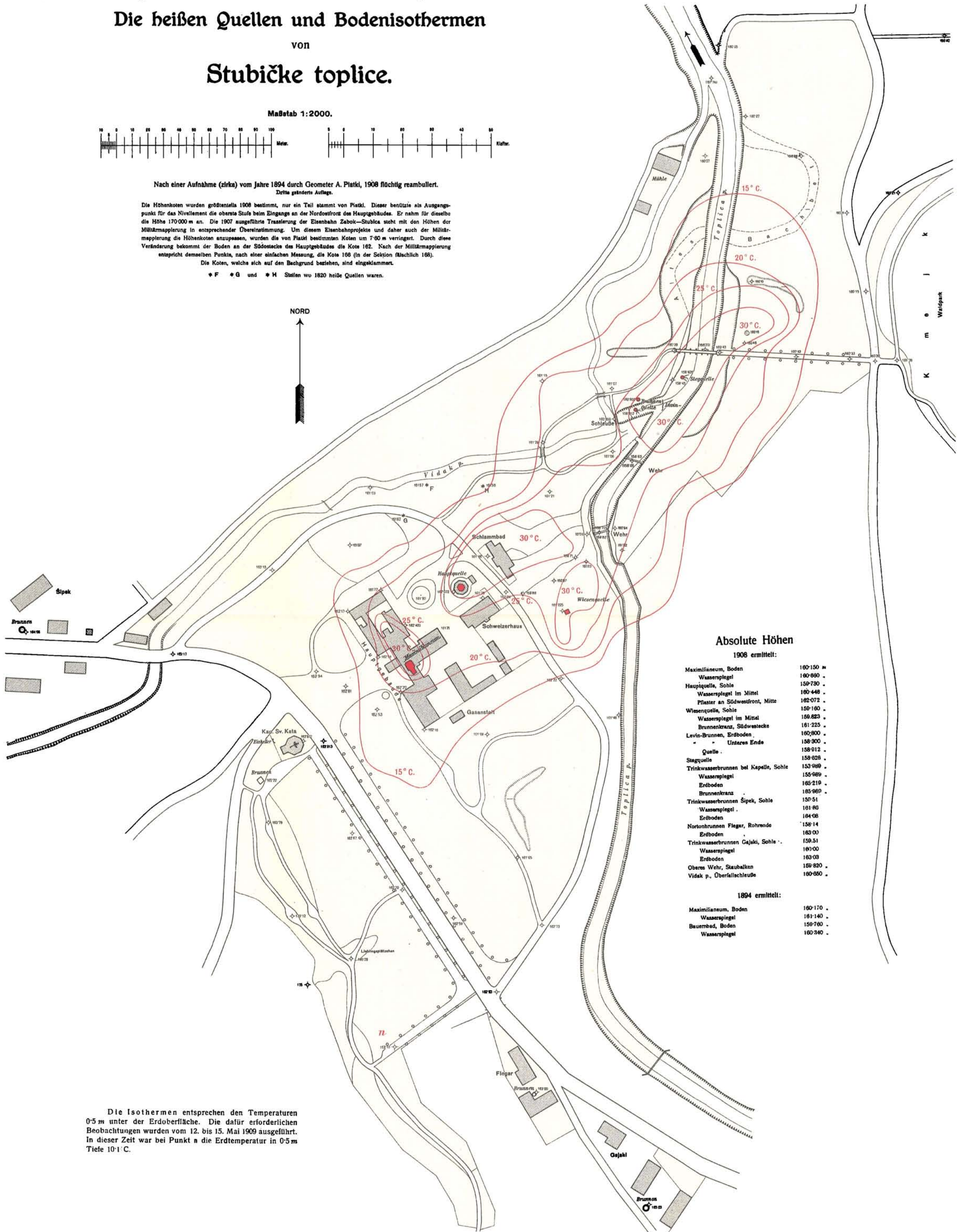
Maßstab 1:2000.



Nach einer Aufnahme (zirka) vom Jahre 1894 durch Geometer A. Platki, 1908 flüchtig reabullert.
Dritte getänderte Auflage.

Die Höhenkoten wurden größtenteils 1908 bestimmt, nur ein Teil stammt von Platki. Dieser benützte als Ausgangspunkt für das Nivellement die obere Stufe beim Eingange an der Nordostfront des Hauptgebüdes. Er nahm für dieselbe die Höhe 170000 m an. Die 1907 ausgeführte Trassierung der Eisenbahn Zabok—Stubica steht mit den Höhen der Militärmappe in entsprechender Übereinstimmung. Um diesem Eisenbahnprojekte und daher auch der Militärmappe die Höhenkoten anzupassen, wurden die von Platki bestimmten Koten um 700 m verringert. Durch diese Veränderung bekommt der Boden an der Südostseite des Hauptgebüdes die Kote 162. Nach der Militärmappe entspricht demselben Punkte, nach einer einfachen Messung, die Kote 166 (in der Sektion flüchlich 166). Die Koten, welche sich auf den Bachgrund beziehen, sind eingeklammert.
* F * G und * H Stellen wo 1820 heiße Quellen waren.

NORD



Absolute Höhen

1908 ermittelt:

Maximilaneum, Boden	160 150 m
Wasserspiegel	160 880 .
Hauptquelle, Sohle	159 730 .
Wasserspiegel im Mittel	160 448 .
Plaster an Südwestfront, Mitte	162 072 .
Wiesenquelle, Sohle	159 160 .
Wasserspiegel im Mittel	159 883 .
Brunnenkrenz, Südwestecke	161 225 .
Levin-Brunnen, Erdboden	160 300 .
Untereres Ende	158 300 .
Quelle	158 012 .
Stegquelle	158 028 .
Trinkwasserbrunnen bei Kapelle, Sohle	153 989 .
Wasserspiegel	155 969 .
Erdboden	165 219 .
Brunnenkrenz	165 969 .
Trinkwasserbrunnen Sipak, Sohle	150 51 .
Wasserspiegel	161 80 .
Erdboden	164 08 .
Nortonbrunnen Flegar, Rohrende	158 14 .
Erdboden	163 00 .
Trinkwasserbrunnen Gajaki, Sohle	159 51 .
Wasserspiegel	167 00 .
Erdboden	163 08 .
Oberes Wehr, Staukasten	160 820 .
Vidak p., Überfallschleuße	160 650 .

1894 ermittelt:

Maximilaneum, Boden	160 170 .
Wasserspiegel	161 140 .
Baumebad, Boden	159 760 .
Wasserspiegel	160 340 .

Die Isothermen entsprechen den Temperaturen 0,5 m unter der Erdoberfläche. Die dafür erforderlichen Beobachtungen wurden vom 12. bis 15. Mai 1909 ausgeführt. In dieser Zeit war bei Punkt a die Erdtemperatur in 0,5 m Tiefe 10,1°C.