

DIE TEKTONISCHEN UND HYDROLOGISCHEN VERHÄLTNISSE DER GEGEND ZWISCHEN BALATONFÜRED UND ASZÓFŐ, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ERSCHLIESSUNG DES KOHLENDIOXYDGASES UND SAUERWASSERS.

von Prof. Dr. L. von L ó c z y.

(Auszug des ungarischen Textes.)

Mit 17 Textfiguren und 2 Kartenbeilagen im ung. Text.

Inhalt:

	Pag.
Einleitung	126
Die stratigraphischen Verhältnisse	127
Der tektonische Aufbau	132
Die hydrologischen Ergebnisse	140
Beschreibung der Kohlensäurequellen	142
Chemische Analysen vom Chefchemiker Dr. K. Emszt	148
Die Sicherung des Schutzgebietes	151
Vorschläge zur weiteren Erforschung der Kohlensäurequellen und ihrer Fassung.	154
Die zukünftigen Aussichten der ärarischen Kohlensäuregebiete von Balatonfüred	156

EINLEITUNG.

Im Sommer 1931 führte ich in der oben bezeichneten Gegend sehr eingehende tektonische Untersuchungen durch, zu dem Zwecke, die geologischen und hydrologischen Verhältnisse der dortigen Mofetten zu beleuchten und nach neueren Vorkommnissen der Säuerlinge zu forschen. Die Aufnahmen führte ich unter Mitwirkung des mir zugetheilten Assistenten der Universität Budapest: Dr. F. S z e n t e s durch. Gleichzeitig leitete ich auf unmittelbares Ansuchen des Kgl. Ung. Finanzministeriums auch die zur Aufschliessung des Kohlendioxyds und Sauerwassers unternommenen Bohrungen und Schurfarbeiten.

Die in 1931 erschlossenen ärarischen Kohlensäurequellen brechen von der Ortschaft Balatonfüred 1.5 km S-lich, von der Badeanlage Balatonfüred 2.5 km SW-lich, in den „Lapostelek“ (Flacher Grund) und „Vörösföldek“ (Rote Felder) genannten Gebieten an die Oberfläche.

Die geologischen und tektonischen Verhältnisse der Umgebung von Balatonfüred wurden bisher hauptsächlich in den folgenden beiden Arbeiten behandelt:

L. v. Lóczy sen.: Die geologischen Formationen der Balatongegend und ihre regionale Tektonik. Result. d. Wiss. Erforschung des Balatonsees, I. Band, I. Teil, 1. Sektion, Wien, 1916.

L. v. Lóczy jun.: Geotektonischer Aufbau des Balatonhochlandes in der Umgebung von Balatonfüred. Jahresbericht der Kgl. Ung. Geol. Reichsanst. für 1916.

Diese beiden Arbeiten lieferten die Grundlage für meine Untersuchungen im Jahre 1931.

DIE STRATIGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE.

Mein Arbeitsgebiet umfasste den zwischen Aszófő und Balatonarács gelegenen Abschnitt der Balaton-Riviera. So nennen wir den zwischen dem hohen Rand des Veszprémer Plateaus und dem Balatonsee, von Aszófő bis Almádi ziehenden, 2—3 km breiten, durch Abrasion entstandenen Ufersaum, der mit seinem fruchtbaren, zur Weinkultur besonders geeigneten Boden, seinen S-lichen Hängen und dicht bewohnten Kulturgebieten diesen Namen vollauf verdient. Über dieser sanft abfallenden Randzone ragen steil die in selbständige Berge zerstückelten Randpartien des Veszprémer Plateaus, namentlich der 320 m hohe Péter-Berg bei Arács, der 316 m hohe Tamás-Berg bei Balatonfüred, dann weiter, der Reihe nach die Meleg-, Száka- (272 m) und Bocsár-Berge empor. Dieser hohe Saum wird bereits von den Bildungen der mittleren Trias aufgebaut.

Der hohe Plateaurand ist demnach nicht zusammenhängend, er ist in die oben erwähnten, isolierten Berge gegliedert, die kulissenartig in der Weise angeordnet sind, dass sich die einzelnen Kulissen von SW gegen NO decken. Trotzdem das Gebirge abradiert ist und in seinem morphologischen Charakter greisenhaft bleibt, gelangt die eigentümliche, brüchige und überschobene Tektonik desselben sogar in der orographischen Gliederung noch zur Geltung. Das hinter dem hohen Gebirgsrand gelegene Plateau wird von obertriassischen Bildungen, hauptsächlich vom Hauptdolomit aufgebaut.

Die ältesten Gesteine in der Nachbarschaft der auf dem umschriebenen Gebiet an die Oberfläche tretenden Kohlensäurequellen bilden (I.)

permische rote Sandsteine und die im Hangenden derselben lagernden roten Mergel. Diese Sandsteine und Mergel sind im Kohlensäuregebiet in zwei Zügen angeordnet. Der erste Zug (I.) lässt sich an dem auf den See blickenden Rand der Uferzone von den Vörösmáler Weingärten in O-licher Richtung über das ganze erforschte Gebiet verfolgen. Sein Verlauf ist jedoch nicht kontinuierlich, da er vom Alluvium der „Séd“ genannten Täler an mehreren Stellen unterbrochen wird, ja sogar längs mehrerer, durch grabenförmige Depressionen angedeuteter transversaler Brüche schuppenförmig disloziert erscheint. Der zweite Zug (II.) der permischen Schichten lässt sich vom S-lichen Teil des „Belsőmező“ ((Innere Wiese) bis zum SO-lichen Teil des Lapos-telek verfolgen, wo er dann unter den Campiler Schichten plötzlich in der Tiefe verschwindet.

Der innere (II.) Permzug ist im S-lichen Abschnitt des Belsőmező sehr gut aufgeschlossen, wo er eine breite, flache Antiklinale bildet, die gegen W zu alsbald unter die Seiser Schichten niedersinkt. Die Elmond'schen Kohlensäureausbrüche liegen am O-lichen Ende des inneren Permzuges, das mit einem transversalen Bruchsystem erster Ordnung zusammenhängt. Stellenweise verlieren die permischen Mergel und Sandsteine ihre charakteristische, dunkelrote Farbe und tragen graue oder grauweiße Farben zur Schau. Ich bin geneigt, diese Veränderung der Farbe nicht nur hier, sondern auch an anderen Stellen des Balatonhochlandes der Einwirkung einstiger postvulkanischer, warmer Säuerlinge und Kohlensäureausbrüche zuzuschreiben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass man hier die Ergebnisse hydrothermalen Veränderungen vor sich hat.

Die permischen Schichten zeigen breite und flach gewölbte, alt-kimmerische Falten, sowie auch wohl jüngere Brüche.

Eine führende Rolle spielen im Aufbau des Balatonhochlandes die durch Versteinerungen wohl gekennzeichneten, in zahlreiche Stufen und Horizonte gegliederten alpinen Triasbildungen. (S. Fig. 1 im ung. Text.)

Die abwechslungsreichen untertriassischen, sog. Werfener Schichten unserer auch die Kohlensäuregebiete einschliessenden Riviera überlagern die permischen Bildungen diskordant, längs scharfer Grenzen.

Die unteren Glieder der Werfener Schichtenserie werden von den Seiser Schichten gebildet, deren unterstes Glied der gut geschichtete, stellenweise Sandsteinbänke enthaltende, sandige Dolomit (2) darstellt. Dieser zeigt sich in zahlreichen guten Aufschlüssen. So konnte

ich seine meist sehr steilen (unter $50-65^\circ$ einfallenden), zertrümmerten Schichten z. B. in der Fenéker Dolomitgrube, sowie auch in der Schottergrube vor dem oberen Polányi'schen Vorkommen des Sauerwassers studieren. Über denselben folgen (3) grünlichgraue und grünlichgelbe Mergel. An manchen Stellen, wie z. B. beim oberen Polányi'schen Sauerling liegt der mittlere Mergelhorizont infolge einer kleineren Überschiebung unmittelbar auf den permischen Schichten. In den oberseiser Mergeln (4) wechseln ebenfalls sandige Dolomite mit Mergelschiefern ab.

Die Seiser Schichten folgen in unserem Gebiet überall plötzlich in scheinbar konkordanter Lagerung auf die permischen Bildungen. Wie auch aus der geologischen Karte ersichtlich, bilden die Seiser Schichten stellenweise an der Oberfläche bedeutend breitere Züge, als man nach ihrer Mächtigkeit erwarten könnte. So verbreitert sich der Zug der Seiser Schichten O-lich vom Tolnai'schen Kohlensäuregebiet an mehreren Stellen auf das Dreifache. Auch am Hegyesmál und am Berekrét konnte ich eine ähnliche Verbreiterung feststellen. Diese Regelwidrigkeiten führe ich z. T. auf das sanfte Einfallen, z. T. auf Schichtenwiederkehr zurück, bedingt durch Wechselbrüche und schuppenförmige Ineinanderschiebung. Die gesamte Mächtigkeit der Seiser Schichten wechselt in der Umgebung der Kohlensäurequellen zwischen 18—38 m.

Die oberen Werfener-, oder Campiler Schichten sind im Gebiete der Quellen gleichfalls abwechslungsreich ausgebildet.

5. Ein grauer, Crinoiden führender, sandiger Kalkstein folgt unmittelbar über den oberseiser Mergeln. Da er infolge seines hohen Kieselsäuregehaltes ungemein hart ist, bildet er meist im Gelände aufragende Grate. In charakteristischster Ausbildung fand ich ihn auf dem NW-lich vom Tolnai'schen Sauerling emporragenden, 128 m hohen Hügel, wo sein Zug durch transversale Brüche hochgradig zertrümmert ist.

6. Über dem Kalkstein folgt rot verwitternder, schieferiger Sandstein und Mergel. Dieser Schichtenkomplex ist oft sehr beträchtlich gefaltet und bildet kleinere Überschiebungsschuppen. Die Mergel und die Sandsteinschiefer verwittern sehr leicht. Das Zersetzungsprodukt ist roter, violetter und gelber, bunter Ton. Als Folge seiner leichten Verwitterung kommt er meist in Depressionen, tiefer gelegenen Gebieten, wie Mulden vor und seine natürlichen Aufschlüsse sind sehr selten. Dieser Schichtenkomplex bedeckt im Lapostelek ein ausgedehntes, breites Gebiet. Seine südlichsten Vorkommnisse konnte ich in unseren Handschächten unweit N-lich vom Tolnai'schen Sauerling feststellen. Sein nörd-

lichstes Vorkommen liegt im unteren Abschnitt des Friedhofes von Balatfűred. Diese unteren Campiler bunten Mergel sind durch einen schmalen Streifen auch im S-lichen Flügel der Veresmáler Antiklinale vertreten. Zweifelsohne sind sie hier infolge der Faltung in hohem Grad ausgewalzt.

7. Der untercampiler, rostfleckige Kalkstein und *Gastropodenoolith* zeigt bereits innerhalb geringer Entfernungen beträchtliche Änderungen der Fazies. So herrschen z. B. im Lapostelek die Schiefer und Mergel vor, wogegen O-lich vom Berekréter Séd der rostgefleckte Kalk und der *Gastropodenoolith* auf Kosten der ersteren bereits dermassen das Übergewicht erlangen, dass sie auf der Karte durch eine besondere Farbe dargestellt werden mussten.

8. Die an Versteinerungen reichen *Tyroliten*-Mergel samt den mit ihnen wechsellagernden, grünlichgrauen Mergelschiefen kommen — da sie sehr leicht verwittern — ähnlich, wie die rot verwitternden, schieferigen Sandsteine und Mergel meist gleichfalls in den Depressionen vor. Bessere Aufschlüsse derselben fand ich nur am Belsőmező. Der Zug der Mergel wiederholt sich am Belsőmező und am Lapostelek stellenweise infolge von Faltungen.

9. Der Horizont des dünnbankigen, löcherigen Dolomits und der im Liegenden desselben vorkommenden gelben Kalksteinschichten repräsentiert schon wieder einen harten Schichtenkomplex und bildet demzufolge in streichender Richtung hervortretende Grate. Da diese Serie das Wasser ausgezeichnet leitet und speichert, treten aus derselben zahlreiche, ziemlich wasserreiche Quellen hervor.

10. Der Plattenkalk bildet einen sehr charakteristischen, mächtigen Schichtenhorizont der unteren Trias. Seine Farbe ist dunkelgrau, seine Struktur feinkörnig und dicht. Er ist sehr gut gebankt, ja stellenweise sogar dünn geschichtet. Die Schichtflächen tragen oft Hieroglyphen. Beim Klopfen mit dem Hammer verbreitet er einen sehr starken Bitumengeruch. Sein Bitumengehalt ist so hoch, dass das Wasser der von demselben gespeisten Quellen und Brunnen zum Trinken nicht geeignet ist. Er ist durch Querbrüche zertrümmert, doch konnte ich an demselben auch lokale Faltungen und Flexuren beobachten.

Die Serie der mittleren Trias beginnt oberhalb der Ortschaft mit dem Megyehegyer Dolomit (11), dem am Bergrand der Muschelkalk (12), die Buchensteiner Schichten (13), und der *Tridentinus*-Kalk (14) folgen.

Die karnische Stufe der oberen Trias ist durch den Fűder Kalk (15), den Raibler Mergel samt dem sog. Kéker

Kalk (16), den *Trachyceras austriacum*-Kalk (17) und den Sándorhegyer Kalk (18) vertreten.

In die Norische Stufe der oberen Trias gehört der Hauptdolomit (19), der den oberen Rand und die Höhen der Berge bildet.

In diskondanter Lagerung sind über den permischen und triassischen Bildungen die jungtertiären Sedimente in Gestalt der panonisch-pontischen Sande, Schotter und Tone (20) anzutreffen. Diese treten im untersuchten Gebiet in drei verschiedenen Zonen auf, die an drei verschiedene Horizonte gebunden sind. Der am tiefsten gelegenen Zone entspricht die 20—24 m über dem Balatonsee gelegene Strandlinie, die nur an solchen Stellen unversehrt erhalten blieb, wo sie durch den pleistozänen Travertino oder den altalluvialen, fluviatilen Schotter gegen die Erosion geschützt wurde. Am Grund der Vörösföldek, oberhalb des Eötvös-Schlusses und am Fuss der Veresmáler Weingärten bedeckt das lockere, tonige, pontische Sediment die permischen Schichten in horizontaler Lagerung und einer Mächtigkeit von stellenweise 8—10 m. Die zweite und dritte Strandlinie lassen sich oberhalb der Landstrasse Aszófő—Balatonfüred, Olich von der Ortschaft Balatonfüred in 150, resp. 170 m Höhe ü. d. M. verfolgen.

Von den pleistozänen Ablagerungen fehlt der Löss im unteren Abschnitt der Riviera fast vollständig, da er der Erosion der pleistozänen und altholozänen Bäche, sowie der Deflation zum Opfer fiel.

Die Stellen der einstigen — pleistozänen — Sauerlinge sind durch die zwischen Balatonfüred und Aszófő vorkommenden, von Eisenoxyd rostig gefärbten oder chromgelben, mitunter einen hohen Quarzgehalt aufweisenden Kalktuffe (21) und kalkigsandigen Travertinbrekzien sehr deutlich bezeichnet. Die Auffindung und Aufschliessung der in Rede stehenden Sauerwasserquellen wurde durch diesen Travertino ungemein erleichtert. Ich fand ihn an mehreren Stellen. Am wichtigsten sind seine Vorkommnisse am Veresföldekalja und in der Umgebung der Tolnai'schen Sauerlinge, wo er 1,5—2 m mächtig ist. Es erleidet keinen Zweifel, dass der Travertino im Umkreis der Tolnai'schen Quellen die Ablagerung pleistozäner und altholozäner Sauerlinge darstellt. Der den Tolnai-Brunnen umlagernde Travertino bezeichnet auch heute noch mit voller Sicherheit die ehemalige oberflächliche Verbreitung der Kohlensäureeruptionen. Die auf Travertinokegeln angelegten Bohrungen und Schächte lieferten mit wenigen Ausnahmen Kohlendioxydgas-Eruptionen oder Sauerwasser. Kalktuff konnte ich auch im oberen Polányi'schen Kohlensäuregebiet feststellen, wo derselbe weisse Krusten an den Berührungsflächen des permischen Mergels und

der Seiser Schichten bildet. Ein hier angelegter Schacht ergab schon in einer Tiefe von 3 m eine starke Kohlendioxydgas-Mofette und kräftiges Sauerwasser. Travertino ist ferner auch W-lich vom Eötvös-Schloss, am 113 m hohen Hügel anzutreffen, wo er den pleistozänen Bachschotter im Hangenden der pannonisch-pontischen Schichten verzementierte. Der kleine Kalktuffkegel im Tal am Rande des Berek ist gleichfalls eine Quellenablagerung, die noch eingehender zu untersuchen ist.

Pleistozäner und altholozäner Bachschotter (22) ist in unserem Gebiet an mehreren Stellen, wie z. B. im Lapostelek, und im Nagyfenyödülő anzutreffen. Die Strandschotter des pleistozänen Balatonsees legen Zeugnis dafür ab, dass der Wasserspiegel des damaligen Sees um 5—6 m höher war, als der heutige.

DER TEKTONISCHE AUFBAU.

Um die Kohlensäure liefernden Mofetten und die Sauerwässer systematisch aufschliessen zu können, musste ich ausserordentlich detaillierte und gründliche tektonische Untersuchungen durchführen. Wo keine natürlichen Aufschlüsse vorhanden waren, stellte ich die Gesteine des Untergrundes und die Lagerungsverhältnisse derselben mittels Schächten und Bohrungen fest. Im ganzen Gebiet wurden in natürlichen Aufschlüssen ca. 500—550 Einfallswerte gemessen, ausserdem 119 Schächte ausgehoben, 12 tiefere Maschinenbohrungen und 60 einzeln 3—5 m tiefe Handbohrungen abgestossen, all dies in den 2 kurzen Monaten unserer Forschungen. Die so gewonnenen künstlichen Aufschlüsse trugen in hohem Mass dazu bei, dass wir über das überaus kompliziert gebaute Gebiet ein annähernd genaues tektonisches Bild gewinnen konnten. Die sehr eingehenden tektonischen Untersuchungen und ihre Ergebnisse verdienen demnächst im Rahmen einer besonderen Studie ausführlicher behandelt zu werden. Bei dieser Gelegenheit will ich über den erkannten Gebirgsbau nur ein schematisches übersichtliches Bild entwerfen, soweit dies zur Erklärung der kohlen-sauerer Quellen erforderlich ist.

In der weiteren Umgebung von Balatonfüred führte ich bereits im Sommer 1916 im Auftrag der Kgl. Ung. Geol. Anstalt eingehendere tektonische Untersuchungen durch. Die Resultate dieser Aufnahmen veröffentlichte ich im Jahresbericht der Kgl. Ung. Geol. Anstalt für das Jahr 1916 unter dem Titel: „Geotektonischer Aufbau des Balatonhochlandes in der Umgebung von Balatonfüred“. Mikrotektonische Untersuchungen in der Umgebung der Kohlensäure-Gebiete führte ich

auch in den Jahren 1929—30 durch. Gelegentlich all dieser Aufnahmen entbehrte ich jedoch noch die durch Schächte und Bohrungen erreichten künstlichen Aufschlüsse. Die tektonischen Ergebnisse dieser meiner älteren Untersuchungen wurden durch die neueren nicht nur weitgehend bekräftigt, sondern auch wesentlich ergänzt, da die künstlichen Aufschlüsse die Lösung zahlreicher bisher offen gebliebener tektonischer Fragen brachten. Heute wissen wir es schon in jedem Abschnitt der Balaton-Riviera, ob die in den Profilen sich wiederholenden Seiser Dolomitschuppen durch kulissenartige Ineinanderschiebung, oder durch Wechselblattbrüche zustande gekommen sind. Die eingehenden tektonischen Untersuchungen, die grosse Zahl der gemessenen Einfallswerte, sowie die genaue Vermessung der topographischen Daten mittels Messband und Ölkompas ermöglichten die Konstruktion des tektonischen Bildes. (S. Fig. 2 im ung. Text.) Auf der tektonischen Karte Beil. II suchten wir die wichtigeren Bruchlinien zu konstruieren und hierdurch ein schematisches Bild des Gebirgsbaues zu entwerfen. So genau auch die tektonische Karte sein mag, spiegelt sie dennoch immer nur die Auffassung des aufnehmenden Geologen wider. In der Natur ist besonders die brüchige Tektonik so kompliziert, dass die genaue Wiedergabe derselben im Kartenbild unmöglich wäre. Eben deshalb verzichtete ich in der Karte Beil. I auf die Darstellung des tektonischen Baues.

Ein Blick auf die tektonische Karte Beil. II zeigt sofort, dass der Gebirgsbau unserer Gegend von den Bruchlinien erster Ordnung beherrscht wird, die sich quer zum allgemeinen Streichen bis zum Plateau des Hochlandes verfolgen lassen. Diese Brüche gliedern oben im Gebirge den dem Balaton-See zugewendeten Rand des Plateaus in isolierte Berge. Trotzdem das Gebirge abradirt ist und einen greisenhaften Charakter zur Schau trägt, gelangen diese Brüche in der orographischen Gliederung immerhin gut zum Ausdruck.

Die Séd-Täler, namentlich diejenigen der (lokal „Séd“ genannten) Bäche von Berekrét, Siske und Fenék sind ausnahmslos tektonischen Ursprunges, da es mir in jedem Fall gelang, längs derselben transversale Verschiebungen grösseren Massstabes zu konstatieren. Im Sauerwassergebiet konnte ich vier Hauptbruchsysteme feststellen. Längs dieser Bäche sind nicht nur die mittel- und obertriassischen Bildungen des hohen Berglandes, sondern auch die untertriassischen und permischen Bildungen der Riviera quer zum allgemeinen Streichen schachbrettartig zerschnitten. Transversal—horizontale Verschiebungen entlang der Streichrichtung senkrechter Brüche spielen die Hauptrolle in der Ausgestaltung der Tektonik des Gebietes.

Von W gegen O, lässt sich das erste Hauptbruchsystem vom Balatonszöllöser Becken ausgehend, über die Enge am Fuss des Bocsár-Berges und den Alsó Erdő, (unterer Wald), weiters über die Vörösmáler Talung bis zum Balaton verfolgen.

Das zweite Hauptbruchsystem kann durch das Tal zwischen den Száka- und Bocsár-Bergen über die Bocsár-Weingärten, dann im Tal des Berekréter „Séd“-Baches bis zum Balaton verfolgt werden.

Das dritte Hauptbruchsystem zieht vom Nagymező (Grosse Wiese) ausgehend, im Ponortal der Siske-Quelle zur Riviera hinab, wo es über den Lapostelek und das Tal des Polányi'schen Sauerbrunnens bis zum See geht. Durch den mit diesem Bruchsystem aufgerissenen Untergrund brachen die Kohlensäureexhalationen des Elmond-Vörös'schen Grundstückes und der Polányi'schen Wiese hervor.

Das vierte Hauptbruchsystem beginnt weit oben, am Dolomitplateau des Nagymező und lässt sich längs des heutigen Siske-Séd bis zum Balaton hinab verfolgen. Die Säuerlinge des Bades Balatonfüred gehören zu einem fünften Hauptbruchsystem, das vom Arácsér Koloska-Tal bis zur Badeanlage verfolgt werden kann.

Diese NNW—SSO-lichen Hauptbruchsysteme sind verhältnismässig sehr jung (neogen-pleistozän) und wahrscheinlich auf die jungtertiären Krustenbewegungen zurückzuführen, die mit dem Sinken des Nagy Magyar Alföld (Grosse Ungarische Tiefebene) im Zusammenhang standen. Es sind charakteristische Transversalbrüche, welche die Trias- und Perm-Züge quer durchschnitten und in denselben verschiedentliche horizontale Verschiebungen, kulissenartige Ineinanderschiebungen und durch Wechselbrüche verursachte Wiederholungen zustande brachten.

Da die aufgeschlossenen, Kohlensäure liefernden Mofetten und Säuerlinge sämtlich an das von der Siske-Quelle bis zum Eötvös-Kastell verfolgbare Hauptbruchsystem gebunden sind, will ich hier nur dieses ausführlicher besprechen.

Dieser Bruch ist schon oben, am Nagymező zu erkennen, wo er in den Einfallrichtungen, sowie auch in der orographischen Gliederung zum Ausdruck gelangt. Das ponorartige Tal der Siske-Quelle entstand zweifelsohne infolge einer transversalen Verschiebung. Unmittelbar oberhalb der Quelle tauchen an der Ostseite unter dem Hauptdolomit Raibler Mergel in einer durch Wechselbrüche verursachten Wiederholung auf, die an der Westseite fehlen. Unterhalb der Quelle, an der Westseite liegt der Hauptdolomit auf dem Megyehegyer Dolomit, was nur durch einen komplizierten, überschobenen Bau zu erklären ist. (Siehe v. L ó c z y jun.: Geoteklt. d. Balatonhochlandes, pag. 407). An der Ostseite lässt sich

der Hauptdolomit noch über weitere 110 m. südwärts verfolgen, sein Liegendes ist aber hier leider durch die transgredierenden pontischen Schichten verdeckt.

In der Fortsetzung der Bruchlinie am Lapostelek lässt sich zwischen den *Tirolites*-Mergeln und dem Gastropoden-Oolith eine transversale Verschiebung von 65 m feststellen. Von hier kann man den Bruch SSW-wärts, in der Richtung gegen das Elmond'sche Kohlensäuregebiet verfolgen. Hier ist die tiefere untertriassische und permische Schichtenserie längs einer grossen aufgerissenen Wunde SO-wärts auf ihr eigenes Liegendes überschoben. Diese Tektonik wird dadurch noch weiter kompliziert, dass die permischen Bildungen hier ein flaches Gewölbe bilden, das sich SO-wärts über die Zone der untercampiler eisenschüssigen Sandsteine und Schiefer legt. Es erleidet demnach keinen Zweifel, dass der im O-lichen Teil des Lapostelek auftauchende, innere rote Permsandsteinzug längs einer mit dem Streichen parallelen Wechselverwerfung von NW auf die rostigroten unteren Campiler Schichten überschoben wurde.

Vom Elmond-schen Kohlensäuregebiet lässt sich das Bruchsystem hinter dem 128 m hohen Hügel im Tal des Polányi'schen Sauerbrunnens bis ans Ufer des Balaton-Sees, resp. bis zum Eötvös-Kastell verfolgen. Beim Polányi'schen Sauerbrunnen konnte ich eine grosszügige, transversale, horizontale Verschiebung von ca. 120 m beobachten. An der Seite des Sauerbrunnens zieht sich nämlich der permische rote Sandstein bis zum Eisenbahneinschnitt, wogegen an der gegenüberliegenden Seite des Tales sogar der Grat des 128 m hohen Hügels aus Seiser- und unteren Campiler Schichten aufgebaut und der permische Sandstein nur an der Südseite des Hügels, im Liegenden anzutreffen ist.

Es ist interessant, dass das Hauptbruchsystem des Siske-Tales sich vor dem Elmond'schen Kohlensäuregebiet gabelt. Während nämlich der eben erwähnte, W-liche Ast in der Richtung gegen das Eötvös-Kastell verfolgt werden kann, setzt sich der O-liche Ast in SSW-licher Richtung über die Veresfödek fort. S-lich von der Eisenbahnlinie, an der Westseite des Bruches reichen die untercampiler rostroten Sandsteine und die Mergelschiefer weit S-wärts, bis in die Nachbarschaft des Tolnai-Brunnens hinab. An der Ostseite des Bruches ist hingegen in schuppenförmiger Wiederholung sandiger Crinoidenkalk aufgeschlossen, während die rostroten Schiefer nur unterhalb der Eisenbahnlinie an die Oberfläche treten. Das Gebiet zwischen dem Eötvös-Kastell und den Hauptbrüchen der Veresfödek ist hochgradig zerklüftet. Eine ganze Reihe von Wechselbrüchen ist hier festzustellen, an denen sich die

Seiser-Bildungen im Profil stellenweise 2—3-mal wiederholen. Aber auch Querbrüche fehlen nicht, die Hand in Hand mit den Wechselbrüchen den schachbrettartigen Bau der aus Seiser und permischen Bildungen aufgebauten Hochebene über dem Balaton-See zustandebrachten. Besonders der Kontakt des sandigen Seiser Dolomits und der roten Permschichten war — schon wegen der abweichenden Farbe der Gesteine — zum Studium der längs Querbrüchen erfolgten Dislokationen und Schuppenbildungen wie geschaffen.

Längs des von der Balatonfüreder Nagymező bis zum Balatonufer bei Fenék verfolgbar Hauptbruchsystems sind gleichfalls hochgradige Störungen zu beobachten. Während an der Ostseite des Bruches, zwischen dem Meleg-Berg und dem Marktplatz von Balatonfüred der Sándorhegyer Kalkstein und die Raibler Mergel sich mit dem Hauptdolomit infolge von Wechselbrüchen und kulissenartiger Zusammenschiebung dreimal ablösen, ist an der Westseite des Bruches bloss eine durch einen Wechselbruch hervorgebrachte Raibler Mergelzone anzutreffen, die Sándorhegyer Kalke aber fehlen gänzlich. Der obercampiler löcherige Dolomit ist S-lich von der Ortschaft Balatonfüred, beim Friedhof um etwa 340 m S-wärts vorgeschoben, während an der gegenüberliegenden, W-lichen Seite gefaltete rostrote Schiefer und *Tiro-lites*-Mergel nachgewiesen werden können.

Es herrscht kein Zweifel, dass der Gebirgsbau des von der Ortschaft Balatonfüred S-lich gelegenen Gebietes durch die weitgehende Überschiebung des Dolomits des Nagymező beherrscht ist. Längs des vom György-Berg W-lich gelegenen grossen Querbruches wurde nämlich der Hauptdolomit von seinem Liegenden, dem Sándorhegyer Kalk und dem Raibler Mergel losgerissen und über dieselben in NNW—SSO-licher Richtung überschoben. Die horizontale Tiefe der Überschiebung lässt sich in Anbetracht der beträchtlichen Mächtigkeit der Raibler Mergel auf mindestens 1.7—2 km veranschlagen. Infolge der überschobenen Tektonik tritt der Hauptdolomit unter dem György-Berg unmittelbar mit dem Muschelkalk, am Marktplatz von Balatonfüred aber mit dem unteren Dolomit in Berührung, zwischen den beiden fehlt somit ein etwa 750 m mächtiger Schichtenkomplex.

Auf den György-, Száka- und Bocsár-Bergen treffen wir wieder die ganze Schichtenserie an. Der Buchensteiner Schichtenhorizont, der *Tridentinus*-Kalk und der Füreder Kalk treten hier in einem eigentümlichen, lokal gefalteten und schuppenförmig zusammengeschobenen Zustand in dreimaliger Wiederholung auf. Längs des zwischen den Száka- und Bocsár-Bergen dahinziehenden Querbruches zeigen dieselben Bil-

dungen eine transversale Verschiebung von 245 m. Auf der tafelförmigen Höhe des Bocsár-Berges bilden die Kéker Kalke eine flache Antiklinale. In der SSO-lichen Fortsetzung des Hauptbruchsystems vom Száka-Berg, im Tal des Berekréti Séd konnten wir gleichfalls eine beträchtliche transversale Verschiebung beobachten. Längs dieses Bruches ist der W-liche Flügel — genau wie am Bocsár-Berg — S-wärts verschoben. Demnach zeigt die Grenzlinie der permischen- und Werfener Schichten am Veresmál und am Grund des Berekrét, also sowohl im inneren, wie auch im äusseren Zug dem O-lichen Flügel (Nagyfenyő-dűlő) gegenüber eine Verschiebung von 230 m.

Längs des über die Talenge von Balatonszöllös an der W-Seite des Vörösmál bis zum Balaton verfolgbaren Bruches ist der W-liche Flügel dem O-lichen gegenüber gegen S gleichfalls verschoben. Das horizontale Mass der Verschiebung kann zwischen dem Bocsár-Berg und der gegenüberliegenden 211 m-Höhe auf 270 m veranschlagt werden.

Unsere gegenwärtigen tektonischen Untersuchungen beleuchteten auch den Bau des vom Vörösmál bis zum S-lichen Teil des Lapostelek verfolgbaren inneren permischen Zuges, was besonders den zahlreichen künstlichen Aufschlüssen zu verdanken ist. Gelegentlich meiner älteren Aufnahmen war ich in Ermangelung von Aufschlüssen noch nicht in der Lage zu entscheiden, ob man es hier mit Wiederholungen des roten Sandsteines zu tun hat, oder ob der rote Verwitterungsboden der rost-roten untercampiler Schiefer irreleitet, der dem Verwitterungsprodukt der Permschichten oft sehr ähnlich ist. (S.: L ó c z y, Balatonhochland pag 421.). Jetzt wissen wir, dass in den Belsőmező, Berekszél und Lapostelek genannten Gebieten *zwischen den beiden Seiser Dolomitzscholenzügen permische rote Sandsteine und Mergel sich einschalten und dass die Wiederholung sowohl der permischen wie auch der Seiser Schichten längs eines in der Richtung des Streichens entwickelten Wechselbruchsystems erfolgt ist.* Der innere Permzug zieht sich von dem im W-lichen Teil des Vörösmál erkannten ersten Bruchsystem in O-licher Richtung bis zum S-lichen Teil des Lapostelek, d. h. bis zum Elmond'schen Kohlensäuregebiet. Hier taucht er in der Nähe des grossen Querbruches O-wärts unter, der in seinem Hangenden lagernde Seiser Dolomit — der sich in einem mehrfach zerbrochenen und verschobenen Grat bis zum Baracska hinzieht — zeugt jedoch dafür, dass unter ihm in nicht grosser Tiefe auch der Permzug sich fortsetzt. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass der innere Permzug in der Tiefe bis Balatonfüred reicht, weil die im Sommer 1932 im Garten des Erholungsheimes der Gendarmerie niedergebrachte Bohrung nach dem Durchstossen

der Campiler Schichten bereits in einer Tiefe von 31 m in permische Schichten gelangte und nach ihrer Verquerung bei 44 m im Seiser Dolomit etwas Karstwasser vorfand.

Dieser innere Permzug entspricht einer flach gewölbten Antiklinale, die — besonders bei dem im S-lichen Teil des Belsőmező gelegenen W-lichen Untertauchen — vollkommen regelmässig ist. Im Elmond'schen Kohlensäuregebiet konnte mit Hilfe von Schächten das Permgewölbe gleichfalls nachgewiesen werden, das aber hier bereits S-wärts etwas überkippt ist.

Doch ist nicht nur der innere Permzug, sondern auch die über dem Balaton sich emporhebende, untere Permzone in flache Wölbungen gelegt. Während die permischen Mergel unter den Werfener Bildungen das gleiche steile Einfallen ($58-80^\circ$) zeigen wie die darüber gelagerten Seiser Dolomite, ist ihre Lage in einiger Entfernung vom Kontakt schon bedeutend flacher ($28-34^\circ$). *Unter Berücksichtigung meiner Erfahrungen von anderen Stellen der Balatongegend gelangte ich zur Überzeugung, dass die Permschichten in der mittleren Trias ein zweitesmal gefaltet wurden. Am Vörösmál und im S-lichen Teil des Berekszél sind nämlich auch die Seiser- und unteren Campiler Schichten an der Faltung der Permschichten beteiligt.*

Obzwar die Bildungen des unteren Permzuges scheinbar konkordant unter den Seiser Schichten liegen, glaube ich nach meinen Messungen darauf schliessen zu dürfen, dass zwischen den beiden ursprünglich eine starke Diskordanz vorhanden war, da der Permsandstein unterhalb der Berührungsfläche an vielen Stellen alsbald in ein ganz sanftes Einfallen übergeht.

Nach meinen Beobachtungen nehmen eigentlich nur die plastischen oberpermischen Mergel und Tonschiefer infolge der starken tektonischen Pressung die oft sehr steile Lagerung der Seiser Schichten an, wogegen die harten permischen Sandsteinschichten im tieferen Liegenden bereits bedeutend ruhiger liegen. Aus den übertrieben steilen Einfallswinkeln der sich berührenden Schichten schliesse ich darauf, dass die Seiser Bildungen vom NW her einigermassen über die roten permischen Mergel gepresst wurden.

Während die permischen Ablagerungen bereits im obersten Permzeitalter eine Faltung erlitten (Pfalzer Phase), wurden die sie diskordant überlagernden Werfener Bildungen unzweifelhaft in der mittleren Trias gefaltet, wogegen die am Bocsár-Berg feststellbare Faltung der mittleren und oberen Triasschichten sich bereits in einer bedeutend späteren mesozoischen Zeit, namentlich in der altkimmerischen Phase abgespielt

haben dürfte. Die in den Baricska, Fenék, Lapostelek und Belsőmező genannten Gebieten, an den Werfener- und permischen Schichten zu beobachtenden komplizierten Brüche entstanden grösstenteils wahrscheinlich schon nach dem Mesozoikum.

Die Wechselbrüche, sowie die im Umkreis einzelner Punkte aufgerissenen schuppenförmigen Strukturen, an denen die permischen Schichten mit einzelnen Horizonten der Werfener Schichten abwechseln, sind jedenfalls erheblich älter, wie die Querbrüche. Desgleichen sind auch die innerhalb der Schichten erfolgten Verschiebungen, sowie auch die grosszügige Überschiebung der Hauptdolomittafel des Nagymező ziemlich alt. Die Querverschiebungen, sowie die an denselben entlang erfolgten kulissenartigen Zusammenschiebungen sind bereits bedeutend jünger, wie die vorhin erwähnten und dürften sich vom Eozän bis zum Ende des Jungtertiärs abgespielt haben. Da in unserem Gebiet die Jura—Miozän-Schichtenserie fehlt, lässt sich das genauere stratigraphische Alter der oben erwähnten Strukturen nicht festlegen, und man kann bloss auf Grund des gegenseitigen Verhältnisses auf das relative Alter derselben schliessen.

Die Kohlensäuregas-Mofetten und Sauerwasservorkommen stehen in engem Zusammenhang mit dem erkannten Gebirgsbau. Nach der Ansicht L. v. Lóczy seniors treten die Säuerlinge des Balatonhochlandes überall an der Berührung der permischen- und Werfener Schichten auf, und zwar an Stellen, wo die Grenze der beiden Bildungen durch irgend einen Querbuch durchschnitten wird. Obzwar ich eine Unzahl derartiger Strukturen zwischen Almádi und Révfülöp kenne, sind nicht in jeder derselben Sauerwasserquellen anzutreffen.

Nach eingehender Erforschung der tektonischen Verhältnisse der Sauerwasservorkommnisse des Lapostelek und Berekrét gelangte ich zu den folgenden Feststellungen: Ich halte die Möglichkeit nicht für ausgeschlossen, dass zwischen dem antiklinalen Bau des roten Permsandsteins und den Kohlensäureexhalationen ein Zusammenhang besteht, wenn nicht anders, so doch mindestens hinsichtlich der Bestimmung der Aufbruchswegen des in der Tiefe sich entwickelnden Kohlensäuregases. Ich denke hier nicht an in antiklinalen Wölbungen angehäuften Gasmengen, da sich ja das Kohlendioxydgas aus dem in der Tiefe verbliebenen Eruptivgestein beständig entwickelt, halte es jedoch für wahrscheinlich, dass die Perm-wölbungen beim Hervorbrechen des Kohlendioxydgases immerhin eine gewisse Rolle spielen, indem die durch die jungen Brüche geöffneten Gewölbe — die man mit dem Rohr nach oben gestellten Trichtern vergleichen kann — die sich auf grössere Gebiete der Tiefe verteilenden Gase in diesem Gewölbe an einer Spalte sammeln.

DIE HYDROLOGISCHEN ERGEBNISSE.

1. *Süsswasserquellen.*

Der grösste Teil der Süsswasserquellen des Gebietes entspringt den untertriassischen Werfener Schichten. Es sind nicht besonders wasserreiche, aber beständige Quellen, die bescheidene Wasseradern speisen. Vom Plattenkalk abgesehen, bilden besonders der obercampiler löcherige Dolomit und der unterseiser sandige Dolomit jene Schichtenhorizonte welche die grössten Wassermassen aufspeichern. Ausser diesen brechen stellenweise auch noch aus den untercampiler, rostfleckigen Sandsteinschiefern Quellen mit geringem Wasserertrag hervor.

Aus dem Niveau der in den Brunnen und Quellen gemessenen Wasserspiegel kann man darauf schliessen, dass in unserem Gebiet kein einheitlicher Grundwasserhorizont ausgebildet ist, sondern dass der Stand des Grundwassers in jedem einzelnen Fall von den lithologischen und tektonischen Verhältnissen der in Tiefen von wenigen Metern entwickelten untertriassischen und permischen Schichten abhängig ist.

2. *Säuerlinge.*

Von den Süsswasserquellen unabhängig treten die Säuerlinge auf. Ausbrüche von Kohlendioxydgas und Säuerlinge sind auf dem in Rede stehenden Gebiet schon seit längeren Zeiten bekannt. In den ersten Jahren unseres Jahrhundert lieferte der an der Stelle der heutigen Polányi'schen Quelle fertiggestellte Brunnen aus dem verwitterten permischen Sandstein einen Säuerling, der jedoch damals auf Ansuchen des Heilbades Balatonfüred — das seine Interessen gefährdet sah — verstopft wurde. Das schwach saure Wasser dieses Brunnens floss zeitlich im Frühjar, bei hohem Wasserstand in der Regel über.

Auf die grösseren CO₂-Exhalationen der Gegend machten mich eigentlich die dortigen kleinen Weingartenbesitzer aufmerksam, die mir wiederholt klagten, dass die Stöcke an einzelnen isolierten Flecken immer absterben und trotz aller Sorgfalt in keiner Weise erneuert werden können, weiterhin, dass dort auch andere Kulturpflanzen versagen. Im Sommer 1929 besichtige ich auf Ansuchen des Weingartenbesitzers I. Tolnai die fragliche Stelle und war sofort im Klaren, dass die Stöcke dort infolge der heftigen CO₂-Exhalationen zugrunde gehen. Diese meine Annahme wurde auch dadurch bekräftigt, dass zur Zeit des aussergewöhnlich hohen Wasserstandes im Jahre 1929 im Weingarten Kat. No. 3200 I. Tolnai's das natürliche Grundwasser hervorsickerterte und die Oberfläche des Bodens mit einer ockergelben Kalktuffkruste überzog.

Ebendort verursachte die heraufbrechende Kohlensäure ein heftiges Brodeln des gelegentlich der Schneeschmelze im Winter 1930 in den Gräben des Weingartens angesammelten Wassers. Dasselbe konnte ich in den Weingarten Kat. No. 3117—3119 der Frau Gy. Elmond und No. 3114—3115 des D. Vörös beobachten und schliesslich erkannte ich auch an einer vierten Stelle, in der kleinen Taldepression W-lich vom Lapostelker Tal eine Mofette unmittelbar neben der Eisenbahnstrecke.

Die erwähnten Kohlensäureausbrüche und Sauerwasservorkommen untersuchte ich gelegentlich meiner Ausflüge zwischen dem 8.—16. April und 1.—7. Juni 1930 sehr eingehend, worauf sie später durch den Geologen der M. Á. K. (Ung. Allg. Kohlenbergw. A. G.) Dr. H. T a e g e r mittels Bohrungen aufgeschlossen wurden. Diese Bohrungen brachten besonders auf den Grundstücken Elmond-Vörös und Tolnai über alle Erwartungen günstige Erfolge, indem an beiden Stellen bereits in 4—6 m Tiefe heftige Kohlendioxydgas-Ausbrüche erfolgten und stark mussierendes Sauerwasser aufgeschlossen wurde. Der angebohrte Tolnai-Brunnen lieferte schon damals 16 Minutenliter eines aufsteigenden, starken Sauerwassers, das einen beständigen kleinen Bach speiste.

In den Kohlensäuregebieten von Edmond-Vörös und Tolnai steigt das Sauerwasser — ähnlich wie im Bade Balatonfüred — an der Grenze zwischen den roten permischen Mergeln und den Werfener Schichten längs eines komplizierten Bruchsystems an die Oberfläche herauf. Dasselbe gilt auch bezüglich des oberen Polányi'schen Säuerlings, wogegen der untere Polányi'sche Brunnen sein Sauerwasser aus dem Permsandstein gewinnt, an einer Stelle, wo die roten permischen Mergel längs einer fast senkrechten Bruchfläche mit dem grauen Permsandstein in Berührung treten.

Das CO₂-Gas stammt auch in unserem Gebiet jedenfalls aus grösserer Tiefe und steigt durch tiefgreifende tektomische Klüfte an die Oberfläche herauf. Juveniles Wasser kann es jedoch nur in verschwindend geringer Menge aus der Tiefe mit sich heraufholen, in der Nähe der Oberfläche trifft es jedoch mit Schichten- und Grundwasser zusammen, die es dann sättigt und in Säuerlinge verwandelt.

Es erleidet keinen Zweifel, dass — ähnlich, wie bei den übrigen bekannten Säuerlingen des Balatonhochlandes — auch im Falle der aufgeschlossenen ärarischen Säuerlinge *das CO₂-Gas und das Wasser verschiedenen Ursprunges sind.* Während nämlich das CO₂-Gas mit der letzten Phase der auf der Halbinsel Tihany stattgefundenen postvulkanischen Tätigkeit zusammenhängen dürfte, indem es vielleicht aus einer Tiefe von mehreren km, aus der dort stecken gebliebenen, im Auskühlen

begriffenen Eruptivmasse an die Oberfläche emporbricht, also juvenilen Ursprunges ist, entspricht das unweit der Oberfläche mit Kohlensäure gesättigte Wasser dem in den Werfener Schichten und im verwitterten Permsandstein sich ansammelnden, phreatischen, vadosen Wasser und ist demnach ein gewöhnliches Schichten-Grundwasser.

Die neu aufgeschlossenen ärarischen Sauerlinge hängen sämtlich mit dem von der Siske-Quelle bis zum Eötvös-Kastele ziehenden Hauptbruchsystem zusammen und können mit den Sauerlingen des Bades Balatonfüred umso weniger in irgendwelchen Zusammenhang gebracht werden, weil die letzteren an das von der Badeanlage bis zum Arácsér Tal verfolgbare tektonische Bruchsystem gebunden sind.

BESCHREIBUNG DER KOHLENSÄUREQUELLEN.

Im Sommer 1931 gelang es mir durch die unter meiner Leitung niedergebrachten Bohrungen und Schächte des Finanzministeriums insgesamt an 14 Stellen Sauerlinge und Exhalationen von CO₂ nachzuweisen.

Das Kgl. Ung. Finanzministerium hat in 1931 diese, die Kohlensäurevorkommen einschliessenden, entsprechend ausgesteckten Parzellen angekauft und von den aufgeschlossenen Sauerlingen bis heute bereits 3 mit provisorischer Fassung versehen. Diese liefern sämtlich überfließendes Sauerwasser von vorzüglicher mineralischer Zusammensetzung. Die provisorische Fassung dieser 3 wichtigsten von mir aufgeschlossenen Sauerlinge wurde durch den kgl. ung. Oberbergrat D. Pantó bewerkstelligt. Nachstehend folgt ihre eingehende Beschreibung (vergl. Fig. 4, 5, 6, 7 im ung. Text.)

I. Der Elmond-Vörös-Brunnen. Im S-lichen Teil des Lapostelek, auf der Parzelle Kat. No. 1691/1, ca. 60 m N-lich von der Eisenbahnstrecke steht der mittels der maschinellen Schurfbohrung No. VIII aufgeschlossene Elmond-Vörös-Sauerbrunnen. (S. Fig. 3 im ung. Text.)

Der Bohrer bewegte sich bis 4.10 m in durch Rost rotgefärbten Werfener Schiefen, durchquerte dann bis 21.90 m rote, permische Mergel, unter denen er bis 32.25 m in grauen und roten Sandsteinen arbeitete. In dieser Bohrung lieferten die folgenden Horizonte Ausbrüche von CO₂ und Sauerwasser: Der Horizont 1.36—1.96 lieferte 6 Minutenliter, jener zwischen 4.80—5.40 m 8 m/l Gas. Die zwischen 8.40—8.70 befindliche, mit Reibungsbrekzie ausgefüllte Spalte lieferte 4 m/l Sauerwasser und 8 m/l CO₂-Gas. Zwischen 12.40—13.10 m lieferte der rote permische Mergel eine trockene CO₂-Eruption von 12 m/l, zwischen

21.90—24.40 m 8 m/l starkes Sauerwasser und 30 m/l CO₂, der Horizont 24.40—25.20 m 12 m/l sehr starkes Sauerwasser und der Horizont 29.36—30 m 84 m/l CO₂. Die zuletzt angeführte Kohlensäurereruption schleuderte das in der Bohrung befindliche Wasser in eine Höhe von mehreren m hinauf und ergab nach der Verschliessung des Bohrloches einen Druck von 2 Atmosphären.

Der Brunnen wurde vom Finanzministerium versuchsweise mit einem eisernen Rohr eingefasst (siehe Fig. 3 im Aufsatz Pantó's). Da in einer Tiefe von 10.80 m ein sehr guter, plastischer, roter Ton lagert, wurde das 3"-Rohr in diesen hineingetrieben, wodurch eine vollkommene Dichtung erzielt wurde. Das 1.5" messende, innere Rohr wurde bis zu einer Tiefe von 32.25 eingebaut und im Niveau der Gas- und Sauerwasser liefernden Schichten perforiert. In diesem Rohr wurde ein verzinnertes, eisernes Saugrohr mit ½" innerem Durchmesser bis auf 29 m hinabgelassen und sein oberes Ende durch die luftdicht schliessende Kappe des 3" dicken oberen Rohres geführt. *Der Brunnen ist stossweise, mit Pausen von je 20 Sekunden tätig und liefert bei einem Druck von 2½ Atm. 2 m/l Sauerwasser.* Er arbeitet bei trockenem Wetter wie eine regelrechte kleine intermittierende Quelle. (S. Fig. 8 im ung. Text.)

2. Der Polányi-Brunnen. Im W-lichen Teil der Vörösföldek, ca. 70 m S-lich von der Eisenbahnstrecke steht auf der Parzelle Kat. No. 1863/l der Polányi-Brunnen. An der Stelle dieses Schachtbrunnens stand schon vor 80 Jahren ein Sauerwasserbrunnen, den jedoch die Besitzer der Balatonfüreder Quellen verstopfen liessen.

Die Bohrung wurde am Boden eines 6 m tiefen Schurfschachtes abgestossen. Unter einer von der Oberfläche gerechnet 60 cm mächtigen, verwitterten, roten Bodenschicht folgte roter, permischer Ton, dann in einer Tiefe von 3 m ein harter, grauer Arkosensandstein. Zwischen 6.50—9.50 m wurde roter Mergel, von 9.50—14.30 m abermals roter und grauer Arkosensandstein, bei 11—12 m mit einer lockeren Sandzwischenlage durchquert, aus der 10 m/l CO₂ hervorbrachen. Der zwischen 14.30—15.80 m durchbohrte, lockere, graue Sandstein lieferte 4 Stunden hindurch gepumpt, bei einer Depression von 5 m 14.5 m/l eines sehr starken Sauerwassers. Zwischen 15.80—19.10 m folgten permische Mergel, von 19.10—28 m abermals harter, grauer Arkosensandstein. Der Gasausbruch wurde gegen die Tiefe zu immer kräftiger, eine neue, Sauerwasser führende Schicht konnte aber nicht aufgeschlossen werden. Nach Beendigung der Bohrung stieg jedoch das zwischen 14.30—15.80 m angebohrte Sauerwasser empor, füllte den Schacht und trat 25 cm über der Oberfläche mit einem Ertrag von 4 m/l hervor. Der CO₂-

Gehalt des aus dem Schacht geschöpften Wassers war $326 \text{ cm}^3/\text{l}$, beim Ausfluss $200 \text{ cm}^3/\text{l}$. (Über die Situation orientieren Fig. 9, 10, 11 und 12 im ung. Text.)

Die Fassung des Brunnens wurde später unter der Leitung des Oberbergrates D. Pantó in der Weise bewerkstelligt, dass durch diese der zwischen $14.30\text{—}15.80 \text{ m}$ aufgeschlossene Säuerling von den übrigen Wässern vollständig abgeschlossen wurde. Um bei der Gewinnung des Wassers möglichst wenige Eisenrohre zu verwenden und dabei solche Mengen des Sauerwassers aufstapeln zu können, dass jederzeit mehrere m^3 desselben zur Verfügung stehen, wurde die Fassung in der folgenden Weise durchgeführt. (Siehe Fig. 2 in Pantó's Aufsatz.)

Der Schacht wurde mit Betonringen von 1 m Durchmesser ausgekleidet, innerhalb derer neben der ersten Bohrung noch zwei weitere bis auf $15\text{—}80 \text{ m}$ niedergebracht wurden. Da der Bohrer in einer Tiefe von 9.2 m einen sehr plastischen Ton erreichte, wurde an jedem Bohrort je ein 4 m langes Rohr mit einem inneren Durchmesser von $3''$ in den Ton hineingetrieben u. zw. so, dass die oberen Enden derselben in die Betonringe hinauftragten. Diese Rohre wurden durch einen in den untersten Ring hineingestampften, 25 cm dicken Bauxitzementboden gegen die äusseren Wasser hermetisch abgeschlossen. Die derart eingebauten Eisenrohre wurden mit gewaschenem Donauschotter von ca. 10 mm Korngrösse gefüllt. In den mit Zementringen ausgekleideten Schacht kam ein sechseckiges Futter aus Lärchenholz und der Raum zwischen den Ringen und dem Futter wurde mit einem dünnen Betonbrei ausgefüllt. Auf diese Weise wurde das im Schacht befindliche Wasser von der Umgebung hermetisch abgeschlossen und kam auch mit dem Beton nicht in unmittelbaren Kontakt. Das Lärchenholzfutter wurde mit einem Deckel versehen und darüber in den oberen Teil des Schachtes anstatt Beton eine Tonschicht gestampft, wodurch jederzeit ein leichtes Öffnen des Schachtes ermöglicht wurde. Die Tonlage wurde oben mit einer 5 cm dicken Betonschicht überdeckt. Das Sauerwasser wird mittels eines verzinnnten Eisenrohres von $1''$ Durchmesser herausgeleitet, das 0.4 m über dem Boden mündet. (S. Fig. 11 im ung. Text.)

Um dem Gas den Austritt über dem Wasser zu verwehren, wurde das Ende des Rohres in 10 cm Länge herabgebogen. Um aus dem Schacht jederzeit grössere Wassermengen herausheben zu können, wurde ein verzinnntes Eisenrohr mit ebenfalls $1''$ innerem Durchmesser 4 m tief hinuntergelassen und im Bodenniveau mit einem Stöpsel verschlossen.

Seit der ersten Woche 1931 liefert der Polányi'sche Brunnen ein sehr stark kohlen-saures, schwefeliges Sauerwasser. Die Menge des auf die

Oberfläche heraufsteigenden und durch ein in 0.4 m Höhe mündendes Rohr herausfliessenden Wassers betrug 2.5 m/l, heute 1.7 m/l.

3. Der Tolnai'sche Brunnen. Am S-lichen Teil der Vörösföldek, ca. 160 m N-lich von der Balaton-Ringstrasse, auf der Parzelle mit der neuen Kat. Nummer 1710/a/1 steht der dritte gefasste Sauerwasserbrunnen. (S. Fig. 13, 14 und 16 im ung. Text.)

Unter dem aus verwittertem, braunem Lehm bestehendem Boden folgte von 1.20 bis 1.80 m anstehender, harter, ockergelber Travertino, dann von 1.80—5.85 m gelber, verwitterter, pontischer, toniger Sand, von 5.85—7.24 sandiger Dolomit des Seiser Niveaus, von 7.24—20 m grauer, verwitterter Permsandstein, dessen Bohrungskern einen Einfallswinkel von 80° zeigte, ein Zeichen dafür, dass der Permsandstein hier nahezu senkrecht steht. Von 20—23.60 m folgte grauer Permsandstein. von 23.60—28.40 m mit roten Mergeln wechsellagernder grauer Sandstein. Der Horizont zwischen 20—23.60 m lieferte 14 m/l schwaches Sauerwasser und wenig CO_2 -Gas. Aus den untersten 5 m konnten nach dem Verrohren 12 m/l schwachen Sauerwassers gepumpt werden.

Die eigentümliche Erscheinung, dass die Tolnai'sche Bohrung No. X bis zu einer Tiefe von 5—7 m an der Bruchlinie zuerst 26 m/l Sauerwasser lieferte, dann aber, als der Bohrer 2 m tiefer den steil einfallenden Seiser Dolomit erreichte, sogar das Spülwasser verschluckte, führe ich auf den komplizierten Bau des Gebirges zurück. Oberhalb der zwischen dem Permsandstein und dem Seiser Dolomit befindlichen Überschiebungsfäche wird das heraufbrechende Sauerwasser durch jene die permischen Schichten horizontal überlagernden, tonigen pontischen Schichten seitlich abgeschlossen, so dass es an die Oberfläche heraufsteigt. Man hat es demnach hier mit einer komplizierten Verwerfungs- und Barrière-Quelle zu tun, die auf der durch die Bruchfläche berührten Terrasse — auch durch das CO_2 -Gas gehoben — hervortritt. Die von dem Gas und Wasser liefernden Bruch nordwärts gelegene, durch Bruchflächen begrenzte, auf dem Kopf stehende Seiser Dolomitscholle jedoch leitet infolge ihres steilen Einfallens und zerklüfteten, karstigen Chaakters sowohl das Wasser, wie auch das Gas in die Tiefe ab.

Der auch vom Grundwasser gespeiste Wasserspeicher liegt demnach hier nicht nördlich, sondern südlich vom Sauerbrunnen, im verwitterten Permsandstein, unter den pontischen Tönen. Würde das Wasser nicht durch die tonigen pontischen Schichten gestaut, so würde es durch die Bruchspalten heraufsteigend, das Grundwasser der verwitterten permischen Schichten speisen und nicht auf der Hügellehne an die Oberfläche steigen (Siehe Profil Fig. 15 im ung. Text).

Tatsächlich zeigte sich das Niveau des Sauerwassers im Tolnai'schen Kohlensäuregebiet in sämtlichen Schächten bereits 1.20—1.30 m unter der Oberfläche, wogegen die in der Zone des pontischen Tones auf einem topographisch um 4—8 m tiefer gelegenen Gelände ausgehobenen Schächte und die am Boden derselben niedergeteuften Handbohrungen bis zu einer Tiefe von 5—7 m vollkommen trocken blieben. Das wenig ertragreiche Grundwasser war erst bei 7—8 m zu erreichen. Es erleidet also keinen Zweifel, dass das längs der kohlenstoffführenden Brüche emporsteigende Wasser durch die auf die Permschichten horizontal transgredierenden pontischen Schichten gestaut und zum Steigen gezwungen wird.

Der Brunnenschacht wurde später unter der Leitung des Oberbergrates D. Pantó in der Weise ausgebaut, dass die SO-Seite desselben mit einer zwischen zwei Reihen von Pflöcken gestampften Bauxitzementschicht abgeschlossen wurde. Um dem Schacht so viel Kohlensäure als möglich zuzuführen, wurden am Boden des in den Schacht eingebauten Lärchenholzfußers von 125 cm innerem Durchmesser rund herum, fächerartig Pflöcke unter 30° angebracht, welche die ausserhalb des Schachtes gelegenen Kohlensäureexhalationen in den Schacht leiten. Hierdurch wurde das Gaseinzugsgebiet des Schachtes von den ursprünglichen 2 m² auf ca. 7 m² erweitert. Dass diese Arbeit erfolgreich war, ist daraus ersichtlich, dass in den Rinnen zwischen den Pflöcken kristallklares, sehr saures Wasser mit viel Gas hereinströmte und der Ventilator nur mit unausgesetzter Tätigkeit die Oberfläche der Kohlensäure bis auf 1 m über dem Boden des Schachtes herabdrücken konnte, während er früher fähig war, den Schacht vollständig zu entgasen.

Die Fertigstellung des insgesamt 7.70 m tiefen Schachtes stiess — infolge des ausserordentlich reichlichen Wasserertrages — auf die grössten Schwierigkeiten. Im Laufe der Arbeiten, vom 13. August bis zum 8. Oktober war die Motorpumpe täglich von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends unausgesetzt tätig, wobei sie dem Schacht 150 l Sauerwasser in der Minute entnahm. Daneben mussten noch 2 Handpumpen und überdies sogar noch Eimer betätigt werden, wodurch noch weitere 100—120 m/l Wasser aus dem Brunnen entfernt wurden. Grob berechnet wurden aus dem Schacht im Laufe der Arbeit mindestens 3200—3700 m³ Sauerwasser herausgehoben, wodurch der Brunnen selbstverständlich in hohem Masse erschöpft wurde. Oberbergrat D. Pantó stellte fest, dass der Brunnen ohne Anstrengung 36 m/l, d. h. täglich 53 m³ Sauerwasser zu produzieren vermag.

Der Brunnenschacht wurde in der Weise hergestellt, dass in Tiefen von 125, 175 und 225 cm von der Oberfläche gerechnet je eine Abflussöffnung eingebaut wurde, mit deren Hilfe der Schacht nach Belieben in drei verschiedenen Niveaus angezapft werden kann. Das Wasser wurde über die abschüssige Hügellehne durch ein in Beton gefasstes Rohr aus Lärchenholz auf eine Entfernung von 48 m bis zum unweit der Landstrasse hergestellten Ausfluss geleitet, wo es ins Freie austritt. Im März 1932 lieferte der Brunnen bei völlig offenem Hahn 26.2 m/l, wobei das Wasser am untersten, 225 cm tief gelegenen Ausfluss hervortritt. *Der Tolnai-Brunnen, bei dem eiserne Bestandteile und Rohre überhaupt nicht zur Anwendung gelangten, liefert ein fast eisenfreies, vorzügliches Sauerwasser.* (S. Fig. 16 im ung. Text.)

Bei der Aushebung des Tolnai-schen Schachtes konnten wir besonders in der SW-lichen und NW-lichen Ecke starke Ausbrüche des Kohlendioxydgases beobachten. Die am Boden des Brunnenschachtes in kräftigem Strahl hervorbrechenden Sauerlinge enthielten verschiedene Mengen freien Kohlendioxyds und zeigten verschiedene Temperaturen. Bei der Fassung des Schachtes wurde besondere Sorgfalt angewendet, um nur Wässern mit einem Kohlendioxydgehalt von mindestens 600 cm³ im Liter den Zutritt in der Schacht zu gestatten. In der NW-lichen Ecke des Schachtes tritt das Wasser mit einer Temperatur von 11.75°C, in der SO-lichen hingegen mit einer Temperatur von 13°C hervor. Letzteres dürfte in Anbetracht der 11°C betragenden Jahresdurchschnittstemperatur und des zwischen 24—26 m gelegenen geothermischen Gradienten aus einer Tiefe von mindestens 50—60 m emporsteigen.

Die ausführlichere Beschreibung der Fassung des Tolnai-Brunnens ist im Bericht P a n t ó's zu lesen.

Der Kohlensäuregehalt des Wassers war ursprünglich 757 cm³, im Schacht durchschnittlich 438 cm³, wurde jedoch durch die Fassung auf 870 cm³/l gesteigert.

Die Menge des ausfliessenden Wassers der drei gefassten Sauerlinge beläuft sich zusammen auf 28 m³ täglich. Den durch Pumpen erzielbaren Gesamtertrag der drei Quellen schätze ich aber auf mindestens 120 m³ täglich.

Am wasserreichsten erweist sich der Tolnai'sche Brunnen, aus dem bei einer Depression von 1 m ohne übertriebene Inanspruchnahme täglich 60—70 m³ Sauerwasser gefördert werden könnten. Der Ertrag des Polányi'schen Sauerbrunnens kann bei einer Depression von 3 m auf 40—50 m³, jener des Elmond'schen auf 15—20 m³ täglich veranschlagt werden.

Auf Grund unserer durch die hier besprochenen Sauerlinge gewonnenen hydrologischen Kenntnisse glaube ich aus weiteren seichten Sauerbrunnen, die auf den Lapostelek, Berekszél und Veresföldek genannten Gebieten zu erschroten wären, ca. 340—450 m³ Sauerwasser täglich erzielen zu können, von der auf der Hand liegenden Möglichkeit der durch Tiefbohrungen in grossen Mengen erschliessbaren kohlenensäurehaltigen Karstwässen gar nicht zu sprechen.

Das Wasser der Balatonfüreder ärarischen Sauerlinge wurde am 18. Feber 1932 durch den Oberdirektor für Versuchswesen und Chefchemiker Dr. K. E m s z t eingesammelt und bezüglich der einzelnen Quellen mit nachstehendem Resultat analysiert.

CHEMISCHE ANALYSEN VOM CHEF-CHEMIKER DR. K. EMSZT.

I. Tolnai-Brunnen.

1000 gr Wasser enthalten:

<i>Kationen:</i>		Milli- mol	Milligr. Äquival.	Äquival. %
Kaliumion	0'0020 gr	0'051	0'051	0'21
Natriumion	0'0107 «	0'466	0'466	1'84
Lithiumion	0'0002 «	0'028	0'028	0'11
Calciumion	0'2337 «	5'832	11'664	46'21
Strontiumion	0'0010 «	0'012	0'024	0'11
Bariumion	0'0004 «	0'004	0'008	0'03
Magnesiumion	0'1561 «	6'418	12'836	50'86
Eisenion	0'0035 «	0'063	0'126	0'49
Manganion	0'0011 «	0'020	0'040	0'15
			<hr/>	
			25'243	100'00
<i>Anionen:</i>				
Chlorion	0'0178 «	0'502	0'502	1'99
Jodion	fehlt	—	—	—
Bromion	fehlt	—	—	—
Hydrokohlenensäureion	1'3362 «	21'903	21'903	86'76
Borsäureion	0'0011 «	0'025	0'025	0'11
Schwefelsäureion	0'1347 «	1'402	2'804	11'11
Phosphorsäureion	0'0003 «	0'003	0'009	0'03
			<hr/>	
			25'243	100'00
Metakieselsäure	0'0117 gr	0'150		
Zusammen	1'9105 «			
Freie Kohlenensäure	1'7158 «	39'995		
Zusammen	3'6263 «	75'874		

Die Bestandteile in der üblichen Weise zu Salzen kombiniert
enthalten 1000 gr Wasser:

Kaliumchlorid	0'0038 gr	Manganhydrocarbonat	0'0035 gr
Natriumchlorid	0'0264 «	Calciummetaborat	0'0016 «
Lithiumhydrocarbonat	0'0019 «	Calciumphosphat	0'0005 «
Natriumhydrocarbonat	0'0012 «	Calciumsulphat	0'1886 «
Calciumhydrocarbonat	0'7178 «	Strontiumsulfat	0'0022 «
Magnesiumhydrocarbonat	0'9392 «	Bariumsulfat	0'0009 «
Eisenhydrocarbonat	0'0112 «	Metakieselsäure	0 0117 «
		Zusammen	1'9105 gr

Freie Kohlensäure 1'7158 gr 870'5 cm³.

Temperatur der Quelle 10'8°, gleichzeitige Lufttemperatur +1°.

Gefrierpunkterniedrigung 0'111° C.

Osmotischer Druck 1'34 Atm.

Hydrogenionkonzentration pH = 6'3.

Elektrische Leitungsfähigkeit K_{18} : 0'01610 cm Ω .

Radioaktivität 0'11. 11⁻⁶ Millicurie.

II. Polányi-Brunnen.

1000 gr Wasser enthalten:

Kationen:

	1000 gr Wasser	Milli-mol	Milligr. Äquival.	Äquival. %
Kaliumion	0'0115 gr	0'294	0'294	0'94
Natriumion	0'0281 «	1'221	1'221	3'94
Lithiumion	0'0002 «	0'028	0'028	0'09
Calciumion	0'3229 «	8'058	16'116	52'00
Strontiumion	0'0015 «	0'017	0'034	0'11
Bariumion	0'0009 «	0'007	0'014	0'05
Magnesiumion	0'1592 «	6'546	13'092	42'25
Eisenion	0'0054 «	0'096	0'192	0'62
Manganion	Spuren	—	—	—
			30'991	100'00

Anionen:

Chlorion	0'0186 gr	0'524	0'524	1'69
Bromion	—	—	—	—
Jodion	—	—	—	—
Hydrokohlensäureion	1'6803 «	27'609	27'609	89'08
Borsäureion	0'0012 «	0'027	0'027	0'08
Schwefelsäureion	0'1394 «	1'411	2'822	9'12
Phosphorsäureion	0'0003 «	0'003	0'009	0'03
			30'991	100'00

Metakieselsäure	0'0599 gr	0'763		
Zusammen	2'4294 «			
Freie Kohlensäure	1 8569 «	42'202		
Zusammen	4'2863 «	88'806		

Die Bestandteile in der üblichen Weise zu Salzen kombiniert
enthalten 1000 gr Wasser:

Kaliumchlorid	0'0217 gr	Manganhydrocarbonat	Spuren
Natriumchlorid	0'0138 «	Calciummetaborat	0'0017 gr
Lithiumhydrocarbonat	0'0023 «	Calciumphosphat	0'0005 «
Natriumhydrocarbonat	0'0828 «	Calciumsulphat	0'1888 «
Calciumhydrocarbonat	1'0784 «	Strontiumsulphat	0'0031 «
Magnesiumhydrocarbonat	0'9579 «	Bariumsulphat	0'0014 «
Eisenhydrocarbonat	0'0171 «	Metakieselsäure	0'0599 «
		Zusammen	2'4294 gr

Freie Kohlensäure 1'8569 gr 941'5 cm³.

Specificsches Gewicht des Wassers 1'00299 bei 20° C.

Temperatur der Quelle 10'4° C, gleichzeitige Temperatur der Luft — 1° C.

Gefrierpunktniedrigung 0'121° C.

Osmotischer Druck 1'46 Atm.

Hydrogenionkonzentration pH 6'4.

Elektrische Leitungsfähigkeit 0'001974 cm Ω.

Radioaktivität 0'13 · 10⁻⁶ Millicurie.

III. Vörös-Brunnen.

1000 gr Wasser enthalten:

<i>Kationen:</i>		Milli- mol	Milligr. Äquival.	Äquival. %
Kaliumion	0'0064 gr	0'165	0'165	0'51
Natriumion	0'0239 «	1'039	1'039	3'20
Lithiumion	0'0003 «	0'043	0'043	0'14
Calciumion	0'3108 «	7'756	15'512	47'73
Strontiumion	0'0014 «	0'016	0'032	0'09
Bariumion	0'0007 «	0'005	0'010	0'03
Magnesiumion	0'1881 «	7'734	15'468	47'60
Eisenion	0'0046 «	0'082	0'164	0'50
Manganion	0'0018 «	0'033	0'065	0'20
			<hr/>	
			32'499	100'00
<i>Anionen:</i>				
Chlorion	0'0267 «	0'752	0'752	2'31
Bromion	—	—	—	—
Jodion	—	—	—	—
Hydrokohlensäureion	1'5535 «	25'465	25'465	78'36
Borsäureion	0'0017 «	0'039	0'039	0'12
Schwefelsäureion	0'2996 «	3'117	6'234	19'18
Phosphorsäureion	0'0013 «	0'003	0'009	0'03
			<hr/>	
			32'499	100'00
Metakieselsäure	0'0572 gr	0'729		
Zusammen	2'4770 «			
Freie Kohlensäure	1'9218 «	43'677		
Zusammen	4'3988 «	90'655		

Die Bestandteile in üblicher Weise zu Salzen kombiniert

enthalten 1000 gr Wasser:

Kaliumchlorid	0'0124 gr	Manganhydrocarbonat	0'0058 gr
Natriumchlorid	0'0344 «	Calciummetaborat	0'0025 «
Lithiumhydrocarbonat	0'0029 «	Calciumphosphat	0'0005 «
Natriumhydrocarbonat	0'0379 «	Calciumsulfat	0'4215 «
Calciumhydrocarbonat	0'7514 «	Strontiumsulfat	0'0029 «
Magnesiumhydrocarbonat	1'1318 «	Bariumsulfat	0'0012 «
Eisenhydrocarbonat	0'0146 «	Metakieselsäure	0'0572 «
		Zusammen	<u>2'4770 gr</u>

Freie Kohlensäure 1'9218 gr 974'4 cm³.

Spezifisches Gewicht des Wassers 1'00305 bei 20° C.

Temperatur der Quelle 10'6° C, gleichzeitige Lufttemperatur — 1° C.

Gefrierpunkterniedrigung 0'117°.

Osmotischer Druck 1'41 Athm.

Hydrogenionkonzentration pH 6'2.

Elektrische Leitungsfähigkeit 0'001876 cm Ω.

Radioaktivität 0'10. 10⁻⁶ Millicurie.

Auf Grund der Analysendaten gehören die Balatonfüreder ärarischen Sauerlinge, namentlich die Tolnai-, Polányi- und Vörös-Brunnen zu den reinen erdigen bicarbonatigen Quellen. Nach dem balneologischen Gutachten des ausserord. öffentl. Professors an der Universität Budapest Dr. Z. D a l m a d y sind die Balatonfüreder ärarischen Sauerlinge Mineral- und Heilwässer von hervorragender Qualität, die mit den namhaftesten ausländischen kohlen-sauren Sauerlingen verglichen werden können und nach ihrer chemischen Zusammensetzung sowohl zu Trink- wie auch zu Badekuren hervorragend geeignet sind.

DIE SICHERUNG DES SCHUTZGEBIETES.

Wie ich bereits weiter oben ausführte, sind die in 1931 aufgeschlossenen und die noch zukünftig aufzuschliessenden Balatonfüreder ärarischen kohlen-sauren Quellen nicht nur dazu berufen, den guten Ruf von Balatonfüred als Kurort zu bekräftigen, sondern sie liefern auch die Basis zur Gründung eines neuen, modernen Heilbades für Herzranke und eines grosszügigen Erholungsortes für die Zukunft.

Aus unseren Schilderungen über den geologischen Bau, die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der Quellen geht klar hervor, dass diese wertvollen Heilwässer den ihnen nach den Gesetzen zukommenden Schutz in vollem Mass verdienen und diesen auch benötigen.

Da das Wasser der Balatonfüreder ärarischen kohlen-sauren Quellen vados, d. h. ein oberflächliches Grund- und Schichtenwasser ist, das nur längs der Brüche mit Kohlensäure gesättigt wird und sich aus einem grösseren Gebiet sammelt, kann jede in einem weiten Umkreis der Sauerbrunnen erfolgende Wasserentziehung oder Herabsetzung des Grundwasserniveaus die Quellen ernstlich schädigen. Bei dem gemischten Typ der kohlen-sauren Quellen, wie er am Zalaer Ufer des Balatonsees vorkommt, so auch bei den Balatonfüreder Säuerlingen wurde es als Tatsache festgestellt, dass die Sättigung des Wassers mit Kohlensäure umso vollständiger erfolgt, je höher das Grundwasser steht. Jedwede Herabsetzung des Grundwasserstandes innerhalb des inneren Schutzgebietes schädigt die Säuerlinge sowohl quantitativ, wie auch qualitativ ernstlich. Das Sauerwasser kann besonders an einem oder dem anderen Punkt der Vörösföldek, Lapostelek, Berekszél und Nagyfenyő-dülő genannten Gebiete angezapft werden. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, dieses wasserliefernde Gebiet durch ein Schutzgebiet zu sichern. Auf diesem Einzugsgebiet durchgeführte tiefere Erdarbeiten würden den Kohlen-säureexhalationen das Wasser vielleicht nicht gänzlich entziehen, wohl aber seine Menge stark vermindern, wofür schon zahlreiche Beispiele bekannt sind.

Auf Grund der vorhergehend beleuchteten geologischen Verhältnisse und unter Berücksichtigung der diesbezüglichen Verfügungen des Gesetz-artikels XVI vom Jahre 1929 schlug ich in Übereinstimmung mit dem Beschluss der Kgl. Ung. Berghauptmannschaft für die Balatonfüreder ärarischen kohlen-sauren Quellen die Feststellung des nachstehend umschriebenen Schutzgebietes vor: (Siehe Fig. 17 im ung. Text).

Die Grenzlinie des äusseren Schutzgebietes geht von der SW-Ecke (a) der mit Rohr bewachsenen Parzelle Kat. No. 4157 aus und zieht an der W-Seite dieser und der benachbarten Parzelle No. 4156 in einer Länge von 263 m gerade O-wärts, bis an den N-Rand des Weges Kat. No. 4120, d. h. bis zur Balaton-Ringstrasse (b). Von hier folgt sie dem N-Rand dieser Kunststrasse über 10 m, dann zieht sie über 594 m NW-wärts, bis sie die rechtseitige Grenzlinie des von der Balatonfüred—Tapolcaer Eisenbahnstrecke erworbenen Grundes erreicht (c). Im weiteren begleitet die Grenzlinie den Rand des erworbenen Grundes in SW-licher Richtung über ca. 97 m, bis zur SW-Ecke des Grundstückes Kat. No. 4293 (d). Dann erreicht sie an der W-Seite der Grundstücke Kat. No 4293, 4294, weiters an der Grenze zwischen den Ortschaften Balatonfüred und Aszófő in annähernd gerader Linie nach 710 m den Punkt (e), der auf den S-lichen Rand der von Balatonfüred nach Aszófő füh-

renden, gepflasterten Strasse entfällt und vom Kilometerstein No. 2 in einer Entfernung von 4 m gegen Balatonfüred liegt. Von hier an folgt sie dem Südrand der Kunstrasse und zieht nach einer starken und mehreren kleineren Knickungen im grossen ganzen NO-wärts, über die mit (f) bezeichnete Biegung in einer Länge von 2800 m bis zum Punkt (g), der auf die NO-Ecke des Grundstückes Kat. No. 2980 entfällt. Von hier aus erreicht die Grenzlinie an der Ostseite dieses Grundstückes nach 247 m den Punkt (h), wo die Linie den Südrand der Strasse Kat. No. 3034 schneidet. Weiters verfolgt sie den Südrand dieser Strasse in einer Länge von 70 m bis zur Westseite des Weges Kat. No. 2971 (i), dann zieht sie an der Westseite dieser Strasse 18 m südwärts bis zum Punkt (j), wo die W-liche Verlängerung der Nordseite des Grundstückes Kat. No. 2955 den in Rede stehenden Strassenrand schneidet. An der erwähnten Linie O-wärts erreicht sie nach 190 m den Punkt (k), wo die Linie den Westrand der Strasse Kat. No. 2958 schneidet. An diesem Rand verbleibend, zieht die Linie 430 m südwärts bis zum Punkt (l), von hier 60 m bis zum Punkt (m), dann 53 m bis zum Punkt (n), weiters am Westrand der Strassen Kat. No. 2958 und 2795 über 508 m bis zum Punkt (o), der beim Durchlass No. 44 der Balaton-Ringstrasse, an der dem See näher gelegenen Seite der Strasse liegt. An dieser Seite der Strasse erreicht die Grenzlinie in NO-licher Richtung nach 110 m den Punkt (p). Von hier an der Westseite des Grundstückes Kat. No. 2807 und deren Verlängerung weiter ziehend, erreicht die Grenzlinie nach 232 m das Ufer des Balatonsees (q). Von diesem Punkt zieht die Linie in SW-licher Richtung 2420 m neben dem Balaton und gelangt so zum Ausgangspunkt (a) zurück.

Die Grenzlinie des inneren Schutzgebietes geht von der SW-lichen, neben der Balaton-Ringstrasse gelegenen Ecke des Grundstückes Kat. No. 3529 aus (A) und zieht an der Ostseite des Weges Kat. No. 4015 in einer Länge von 520 m bis zum Punkt (B), dann an der Ostseite des die Fortsetzung dieses Weges bildenden Pfades Kat. No. 3801 in einer Länge von 760 m bis zum Punkt (C), welcher der NW-Ecke des Grundstückes Kat. No. 3727 entspricht. Von hier zieht die Grenze an der Nordseite der Grundstücke Kat. No. 3726 und 3725 und der Südseite des Weges Kat. No. 3048 in einer Länge von 970 m NO-wärts bis zum Punkt (D), der auf die NO-Ecke des Grundstückes Kat. No. 3085 entfällt. Von hier zieht sie an der O-Seite des zuletzt genannten und entlang den Grundstücken Kat. No. 3227, 3228 und 3229 weiter und erreicht nach 935 m die Nordseite der Balaton-Ringstrasse (F). Dieser Teil der Grenzlinie durchquert bei dem Punkt (E) die Eisenbahn-

strecke Balatonfüred—Tapolca. Vom Punkt (F) gelangt die Grenzlinie an der N-Seite der Balaton-Ringstrasse verbleibend, in SW-licher Richtung nach 1240 m zum Ausgangspunkt (A) zurück.

In der Situationsskizze ist das äussere Schutzgebiet mit einer gestrichelten Linie, das innere mit Strichen und Punkten umgrenzt. Die in der Beschreibung des Schutzgebietes angeführten Entfernungen wurden vom Situationsplan abgemessen. Der O-liche Teil des äusseren Schutzgebietes berührt an einer Stelle den entsprechenden Abschnitt vom W-lichen Teil des für die Sauerlinge von Balatonfüred am 11. September 1913 unter der Nummer 72960/V. A. bewilligten Schutzgebietes.

VORSCHLÄGE ZUR WEITEREN ERFORSCHUNG UND FASSUNG DER KOHLENSAUREN QUELLEN.

Weitere Kohlensäuregebiete. Ausser den bisher beschriebenen vier Kohlensäuregebieten gelang es mir mittels Schächte und Handbohrungen noch an den folgenden Stellen Kohlensäure-Mofetten und Sauerwasservorkommen aufzuschliessen.

Starke CO₂-Ausbrüche erhielten wir:

In dem vom Elmond'schen ärarischen Gebiet O-lich gelegenen, mit i und j bezeichneten, sowie in den von demselben W-lich gelegenen, mit l und m bezeichneten Handbohrungen. (V.)

Sauerwasser und CO₂-Gas wurde in der etwa in halber Entfernung zwischen dem Elmond'schen und dem Tolnai'schen Brunnen niedergebrachten, 5 m tiefen Handbohrung No. 102 und im Schacht No. 31. aufgeschlossen. Diese Kohlensäurevorkommen harren noch ihrer weiteren Erforschung. (VI.)

Eine starke CO₂-Exhalation wurde auch in dem 4½ m tiefen Schacht am Südhang des 128 m hohen Hügels konstatiert. Dieses Gebiet verdient gleichfalls weitere Untersuchungen. (VII.)

Sauerwasser und Gas wurden schliesslich auch noch in dem vom Tolnai'schen ärarischen Gebiet W-lich gelegenen Schacht No. 69 und in der Bohrung No. 67 aufgeschlossen. (VIII.)

Die Forschung nach den Sauerwässern wurde hier durch das Auftauchen des pleistozänen Travertins an der Oberfläche in hohem Masse erleichtert, der hier durch die Rigolierungsarbeiten in den Weingärten an mehreren Stellen in breiten Flecken aufgeschlossen ist.

Auf Grund der durch die bisher erschlossenen Sauerwasserquellen erworbenen hydrologischen Erfahrungen könnten meiner Schätzung nach aus den am Lapostelek, Berekszél und Veresföldek herstellbaren

seichten Sauerbrunnen mit Leichtigkeit zusammen täglich mindestens 340—450 m³ Sauerwasser gewonnen werden, von der auf der Hand liegenden Möglichkeit grosser, durch Tiefbohrungen erreichbarer kohlenaurer Karstwassermengen garnicht zu sprechen.

Besonders die mit einem Druck von 2 Atm. hervorbrechenden Gaseruptionen des Elmond'schen Kohlensäuregebietes begründen es in vollem Masse, dass die Ausbeutung hier in Zukunft auf Tiefbohrungen eingestellt wird. Eine hier niedergestossene, 500—600 m tiefe Bohrung verspricht mit grosser Wahrscheinlichkeit die Erschliessung ansehnlicher Mengen von CO₂-Gas und von schwefeligem, warmem Sauerwasser, was für die Zukunft von Balatonfüred von grosser Bedeutung wäre. Ich schlage vor:

1. Die bei den Polányi'schen und Elmond'schen ärarischen Brunnen trotz all meiner Einsprüche in Anwendung gelangten Eisenrohre sind je eher gegen Zinnrohre auszutauschen, wodurch der Eisengehalt der Säuerlinge auf ein Minimum herabgesetzt werden könnte.

2. Die Tolnai'schen und Polányi'schen Brunnen sind mit einer Füllvorrichtung nach Ölhöfer und Wiezer zu versehen, wodurch aus diesen Brunnen bei einer Depression von 1—2 m ohne jeden Kohlensäureverlust grössere Sauerwassermengen gewonnen werden könnten.

3. Vorläufig wäre wenigstens beim Polányi'schen ärarischen Brunnen mit einem Kostenaufwand von 10—12.000 P eine moderne, vollständig ausgerüstete Füll- und Trinkhalle von kleineren Dimensionen zu erbauen.

4. Durch weitere maschinelle Bohrungen und Schächte wären die oben mit V—VIII bezeichneten Kohlensäuregebiete zu erschliessen. Es ist wahrscheinlich, dass hierdurch in geringen Tiefen noch reichliche Sauerwasservorräte angetroffen werden könnten.

5. Auf dem Elmond'schen Kohlensäuregebiet, das auf einer aufgerissenen Wunde des inneren Permsandsteinzuges liegt, wäre die Niederbringung einer 500—650 m tiefen Bohrung begründet. Auf Grund der an der Oberfläche entzifferten Tektonik erscheint es sehr wahrscheinlich, dass der Bohrer nach dem Durchstossen der emporgefalteten und überschobenen Permschichten bereits in einer Tiefe von ca. 140—180 m die unteren Werfener Bildungen des 128 m hohen Hügels erreichen und im Liegenden derselben, im Seiser Dolomit über den wassersperrenden Schichten der permischen Mergel reichliches kohlenaureres Karstwasser erschroten würde. Ja durch die Fortsetzung der Bohrung ist sogar zu erwarten, dass der Bohrer die unter den Permschichten liegenden altpaläozoischen Phyllite erreichend, an ihrer zersetzten Oberfläche auf 30—40 gradi-

ges, über das Gelände emporsteigendes Mineralwasser stossen würde. In Anbetracht dessen, dass auf dem Elmond'schen Gebiet in den maschinellen Bohrungen No. I, V, VI und VIII bereits aus sehr geringen Tiefen Kohlensäureausbrüche von $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Atm. erreicht wurden, erscheint es sehr wahrscheinlich, dass eine hier abgestossene Tiefbohrung Gaseruptationen von 8—10 oder noch mehr Atm. ergeben und hierdurch die Grundlage für die Errichtung einer Fabrik zur Komprimierung und Füllung des CO_2 -Gases, oder eventuell zur Herstellung von Kunsteis liefern könnte.

In Anbetracht des hohen Schwefelgehaltes des Polányi'schen Sauerlings würde eine hier bis ca. 500 m niedergebrachte Bohrung wahrscheinlich einen schwefeligen warmen Sauerling und ansehnliche Mengen von CO_2 erschliessen.

Das aus den Tiefbohrungen reichlich hervorbrechende natürliche CO_2 -Gas liesse sich ausser der Herstellung von Kunsteis auch für balneologische Zwecke sehr vorteilhaft verwenden, weil hierdurch auch die der ärztlichen Vorschrift entsprechende Regelung des Kohlensäuregehaltes der Sauerlinge gesichert werden könnte. Auch die Ansprüche des an mit künstlicher Kohlensäure stark gesättigtes Wasser gewöhnten ungarischen Publikums könnten in dieser Weise befriedigt werden, weil die schwachen Sauerlinge mit natürlicher Kohlensäure gesättigt, ja sogar auch die nahe liegenden Süsswasserbrunnen durch Einführung des natürlichen Gases in Sauerlinge verwandelt werden könnten.

DIE ZUKUNFT DER BALATONFÜREDER ÄRARISCHEN KOHLENSÄUREGEBIETE.

Nach der Landesberaubung Ungarns blieben nicht viele natürliche Sauerlinge im Besitz des Landes. Deshalb ist es hauptsächlich vom balneologischen Gesichtspunkt aus ungemein wichtig, dass in diesem zu den reizvollsten Gegenden des Balatonsees gehörenden Gebiet auch ergiebige und an Kohlensäure reiche Thermen aufgeschlossen werden.

Die neu erschlossenen und noch zu erschliessenden Sauerlinge wären berufen, nicht nur den alten Ruf des Badeortes Balatonfüred zu kräftigen, sondern könnten das Fundament zur zukünftigen Gründung eines modernen Kurortes für Herzleidende, eines ungarischen Nauheims oder Kissingens abgeben, wodurch eine grosse Anzahl der bisher im Ausland Heilung suchenden Kranken im Lande zurückbehalten werden könnte.

Ich bin davon überzeugt, dass die $2\frac{1}{2}$ km W-lich vom Bad Balatonfüred gelegenen ärarischen Sauerlinge, resp. die neben ihnen ins

Leben zu rufende neue Anlage das bestehende Bad nicht schädigen und für Balatonfüred keine Konkurrenz bedeuten, sondern dass die in neuerer Zeit erkannten und noch zu erschliessenden kohlensauen Quellen und die zielbewusste Ausnutzung derselben im Gegenteil, den guten Ruf des Badeortes nur fördern könnten. Hierdurch würde eine stetig zunehmende Anzahl der bisher im Ausland Heilung suchenden Kranken angezogen, und auch der Fremdenverkehr könnte gehoben werden, wodurch der Badeort Balatonfüred sich zu nie geahnter Blüte entfalten möchte.

Ich bemerke noch, dass die ärarischen Säuerlinge am Lapostelek und Veresföldek ausserhalb des äusseren Schutzgebietes der Säuerlinge des Bades Balatonfüred, in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ km vom Westrand desselben liegen. Die ärarischen Säuerlinge stehen — wie aus der geologischen Begründung ihres Schutzgebietes ersichtlich — mit einem ganz anderen tektonischen Bruchsystem im Zusammenhang, wie jene des Badeortes, welche letztere längs eines ganz selbständigen, vom Bad in der Richtung auf Arács verlaufenden Hauptbruchsystems an die Oberfläche treten.

Die Umgebung der ärarischen kohlensauen Quellen ist zur Gründung eines grosszügigen Sanatoriums für Herzleidende, eines Balaton-Bades und Erholungsortes ganz besonders geeignet, da dieses Gebiet neben der Eisenbahn und der neuen Tihanyer Kunststrasse, an einem der schönsten Punkte des Balatonsees liegt. Da die Eisenbahnstrecke in dieser Gegend kein nennenswertes Gefälle besitzt, könnte in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sauerbrunnen, in einer Entfernung von $2\frac{1}{4}$ km von der Station Balatonfüred ohne besondere Schwierigkeiten eine Station oder Haltestelle errichtet werden.

In unmittelbarer Nähe der Säuerlinge liegt auch das Grundstück des Hafekommandos, wo das Landwehrministerium im Falle der Besserung der wirtschaftlichen Verhältnisse eine grössere Kolonie und eine Schiffstation anzulegen gedenkt. Gleichfalls in der Nähe des ärarischen Gebietes liegt auch das in 1930 neu erbaute, moderne Strandbad von Fenék, das im Sommer täglich mehrmals durch Autobus- und Motorbootfahrten mit dem Badeort verbunden ist.

Auch die von den die Orte Tihany und Balatonföldvár besuchenden Autofahrern frequentierte neue Tihanyer Kunststrasse — eine der schönsten Autostrassen unseres Landes — würde in hohem Mass zum Aufblühen der hier zu gründenden neuen Badekolonie beitragen, die nicht nur von Heilung suchenden Kranken, sondern auch von Erholungsbedürftigen und Touristen in immer grösserer Anzahl aufgesucht würde.

Die Balatonfüreder ärarischen Kohlensäuregebiete sind aber nicht nur vom balneologischen, sondern auch vom industriellen und landwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus sehr beachtenswert. Besonders die auf dem Elmond'schen Kohlensäuregebite beobachteten, äusserst reinen, 95%-igen, trockenen CO₂-Gasausbrüche berechtigen zur Annahme, dass durch Tiefbohrungen ausser Sauerwasser auch trockene Kohlendioxydgase in reichlichen Mengen aufgeschlossen werden könnten. Die Errichtung einer mit billigem Betriebe arbeitenden Anlage zur Herstellung von Kunsteis könnte unseren Fruchlexport in grossem Masse zum Aufschwung bringen. Mit dem Ausbau eines mit billigem Kunsteis gekühlten Waggonparkes könnten wir unsere Primeure, besonders die delikaten Weintrauben der Balatongegend bis London und den Skandinavischen Staaten verfrachten.