



# SONDERABDRUCK

AUS DEM

MITTEILUNGEN AUS DEM JAHRBUCH DER KGL. UNGARISCHEN GEOLOGISCHEN REICHSANSTALT.

(XIX. BAND, 5. HEFT.)

---

## DIE SPUREN DER TÄTIGKEIT TERTIÄRER UND PLEISTOZÄNER THERMALQUELLEN IM BUDAER GEBIRGE.

VON

Dr. ZOLTÁN SCHRÉTER.

(MIT DER TAFEL VIII, UND EINER TEXTFIGUR.)

---

*Übertragung aus dem ungarischen Original.*

---

*Herausgegeben von der dem königlich ungarischen Ackerbauministerium  
unterstehenden  
königlich ungarischen Geologischen Reichsanstalt.*

BUDAPEST.

BUCHDRUCKEREI DES FRANKLIN-VEREINS.

1912.





# SONDERABDRUCK

AUS DEM

MITTEILUNGEN AUS DEM JAHRBUCH DER KGL. UNGARISCHEN GEOLOGISCHEN REICHSANSTALT.

(XIX. BAND, 5. HEFT.)

---

## DIE SPUREN DER TÄTIGKEIT TERTIÄRER UND PLEISTOZÄNER THERMALQUELLEN IM BUDAER GEBIRGE.

VON

Dr. ZOLTAN SCHRÉTER.

(MIT DER TAFEL VIII, UND EINER TEXTFIGUR.)

---

*Übertragung aus dem ungarischen Original.*

---

*Herausgegeben von der dem königlich ungarischen Ackerbauministerium  
unterstehenden  
königlich ungarischen Geologischen Reichsanstalt.*

BUDAPEST,

BUCHDRUCKEREI DES FRANKLIN-VEREINS.

1912.

August 1912.



Die Notwendigkeit einer eingehenden physiko-chemischen Untersuchung der Thermalquellen drängt sich immer mehr in den Vordergrund, sobald man den Wert derselben von praktischem und wissenschaftlichem Gesichtspunkt festzustellen hat. Die Thermalquellen besitzen vom Gesichtspunkt der Wissenschaft betrachtet eine außerordentliche Wichtigkeit, da sie uns in vielen Fällen als alleinige Boten Nachricht über die sich im Erdinnern abspielenden Prozesse bringen. Durch ihre Temperatur orientieren sie uns über die in gewissen Teilen der Erdkruste vorherrschende Temperatur, während die Stoffe und Gase, welche sie in gelöstem Zustand enthalten, uns einen Einblick in die am Ort ihrer Entstehung waltenden physikalischen und chemischen Verhältnisse gestatten. Die Thermalquellen zeigen jedoch bezüglich ihrer Effluktion (unter welcher nach JACZEWSKI die Gesamtheit aller Eigenheiten der Ausströmung einer Quelle zu verstehen ist), ihres Wasserreichtums, ihrer Temperatur und ihrer chemischen Konstitution die größte Mannigfaltigkeit. An sehr nahe zu einander gelegenen Stellen hervortretende Quellen zweifelsohne identen Ursprunges (welche von ein und demselben Wasserbehälter gespeist werden), zeigen in Bezug auf die oben erwähnten Faktoren oft die größten Abweichungen. In solchen Fällen stehen wir wahrhaftigen Rätseln gegenüber, für welche sich bis jetzt noch keine vollkommen stichhaltige Erklärung gefunden hat. L. JACZEWSKI weist in seiner soeben erschienenen Arbeit [48] auf den Umstand hin, daß die Thermalquellen von den obenerwähnten Gesichtspunkten noch kaum hinlänglich erforscht sind und die Anzahl der entsprechend studierten Quellen — wenn man die Sache einigermaßen strenge beurteilt — sogar auf eine sehr geringe zusammenschumpft. Eben derselbe Autor äußert sich jedoch dahin, daß Ungarn unter den gegebenen Umständen ein ehrenvoller Platz zukommt, da aus der Feder unserer Fachleute über unsere Thermalquellen Publikationen erschienen sind, welche Daten von wirklich absolutem Wert enthalten.

JACZEWSKI schließt sein Werk mit folgenden Worten:

«Ich kann mir keinen anderen Ort vorstellen, außer Budapest, wo neben den interessantesten Mineralquellen auch die nötigen wissenschaftlichen Autoritäten beisammen wären . . . und in Ungarn, in seiner

prachtvollen Hauptstadt, wird auch, davon bin ich überzeugt, eine detaillierte wissenschaftliche Erforschung ihrer Quellen organisiert werden, die das tiefste wissenschaftliche Interesse darbieten.» Denselben Wunsch äußerte auch S. v. KALECSINSZKY [30 und 45].

Die Notwendigkeit einer eingehenden, modernen, alle Gesichtspunkte umfassenden Untersuchung der Budapester Thermalquellen, dieser großartigen Gabe der Natur, wird auch von uns auf das lebhafteste empfunden. Besser gesagt erachten wir es für wünschenswert, daß die schon vorhandenen Daten, insbesondere die vortrefflichen, fundamentalen Werke MOLNÁR's, ferner die Arbeiten der übrigen Autoren ergänzt und die von KALECSINSZKY eingeleiteten Forschungen weitergeführt werden. Die Budapester Thermen sind dank der großen Anzahl der Quellen, ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit und Temperatur, ferner durch Schwankungen im Debit und in der Temperatur der einzelnen Quellen, welche sich mit anderen Naturerscheinungen in kausalen Zusammenhang bringen lassen, dann mit Rücksicht auf das Vorhandensein artesischer Brunnen, welche von einem gemeinsamen unterirdischen Wasserbehälter gespeist werden, endlich zufolge noch verschiedener anderer Umstände zur Durchführung fundamentaler Studien besonders geeignet, sozusagen prädestiniert. Da es keinen Zweifel erleidet, daß unsere Fachleute — auf welche sich auch JACZEWSKY beruft — die Idee des Studiums der Budapester Thermen günstig aufnehmen werden, dürfen wir hoffen, daß die einheitliche, moderne physiko-chemische und hydrogeologische Untersuchung der Thermalquellen ehebaldigst in Angriff genommen wird.

\*

Beim Studium der Thermalquellen taucht die Frage auf, wann die Tätigkeit der heutigen Thermen begonnen hat und ob der Zeitpunkt ihrer Entstehung eventuell auf eine andere, ältere geologische Epoche zurückfällt. Sind wir aber imstande dies mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit nachzuweisen und gelingt es uns festzustellen, daß die heutigen Thermen sozusagen Abkömmlinge der älteren darstellen, so wird die Frage unser Interesse fesseln, ob sich wohl in der Tätigkeit der Thermalquellen vom Anfang bis zum heutigen Tag eine in irgendwelcher Richtung fortschreitende Entwicklung nachweisen läßt?

Diese Fragen will ich nun bezüglich der Budapester Thermalquellen in meinem vorliegenden Aufsatz beantworten, d. h. ich will versuchen die geologische Entwicklungsgeschichte der Thermen unserer Hauptstadt und ihrer Umgegend zu skizzieren. Ich muß jedoch bemer-



ken, daß ich meine diesbezüglichen Untersuchungen noch keineswegs als abgeschlossen bezeichnen kann und daß ich im Gegenteil noch weitere geologische und hauptsächlich physikalisch-chemische Untersuchungen für notwendig erachte. Weitere Nachforschungen werden zweifelsohne bedeutend zur Bereicherung meiner Daten beitragen, welch' letztere ich in der Hoffnung veröffentliche, hierdurch jenen Fachleuten einen Dienst zu leisten, welche sich zukünftig mit dem Studium der Budapester Thermalquellen befassen werden.

Im Rahmen meiner nachfolgenden Erörterungen will ich vor allem den Charakter und die Natur der heutigen Budapester Thermen feststellen, um hievon ausgehend die hypothetischen Spuren der alten Quellen untersuchen zu können. Im zweiten Teil beschreibe ich die Spuren der Tätigkeit der tertiären und pleistozänen Thermen; im dritten Teil verfolge ich von der ältesten Offenbarung der Tätigkeit der Thermalquellen ausgehend durch die einzelnen geologischen Epochen hindurch den Entwicklungsgang derselben.

## I. Der Charakter der Budapester Thermalquellen.

Vor allem müssen wir uns entschließen, welchen Ursprung wir für die Budapester Thermalquellen annehmen sollen, denn erst nach Entscheidung dieser Frage können in irgend welcher Richtung die Forschungen nach den Spuren der alten Quellen eingeleitet werden. Hier muß ich einige bekannte, allgemeine Prinzipien vorausschicken.

Bekanntlich wurden die Quellen von EDUARD SUESS in juvenile und vadoso eingeteilt. Unter ersteren versteht er die aus dem Erdinnern unmittelbar aufsteigenden Wasser, welche am oberflächlichen Kreislauf noch nicht beteiligt waren, unter letzteren aber das in Form von Niederschlägen herabfallende und in die Gesteine der Erdkruste hinabsickernde Wasser, welches unter günstigen Umständen in Quellen zutage tritt. Als Erkennungszeichen der juvenilen Quellen ist die Unveränderlichkeit der Temperatur, der chemischen Beschaffenheit, der Fluktuation und des Debits zu betrachten. (Das letztgenannte Merkmal wurde von JACZEWSKY den von SUESS festgestellten Faktoren angeschlossen.) Bei den vadosen Quellen hingegen erleiden die obenerwähnten Eigenschaften im Verlauf eines Jahres unbedingt kleinere oder größere Änderungen. Es gibt endlich Quellen, welche ursprünglich juvenil sind, welchen sich jedoch während ihres Aufsteigens vadoses Wasser in größeren oder geringeren Mengen beimischt. Letztere können als Quellen gemischten Charakters bezeichnet werden.

Eine Erklärung für die Entstehung der Budapester Thermen wurde zuerst von Dr. JOSEPH SZABÓ gegeben [3, Pag. 5 und 11] u. zw. in folgender Weise :

Die Entstehung der Thermalquellen erklären wir uns dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft entsprechend bekanntlich in der Weise, daß das Wasser der Erdoberfläche durch die Masse der durchlässigen Gesteine, oder durch die Spalten der minder durchlässigen in solche Tiefen hinabsickert, wo es in den Bereich der eigenen Wärme des Erdinnern gelangt, die dort herrschende Temperatur übernimmt und unter günstigen Umständen diesen Wärmegrad beibehaltend wieder an die Oberfläche heraufgepreßt wird. Unterwegs im Aufsteigen kommt



es zwar mit solchen Schichten in Berührung, deren Temperatur geringer, ja sogar je nach der Jahreszeit veränderlich ist, dies ist jedoch nicht von Belang, falls der Aufstieg rasch vor sich geht und die Menge des heraufgepreßten Wassers eine beträchtliche ist. Das Wasser wirkt auf die unterwegs angetroffenen Gesteine und übernimmt Bestandteile derselben, welche dann durch die Analyse nachgewiesen werden.

Kurz zusammengefaßt geht also die Entstehung unserer Thermalquellen folgendermaßen vor sich: das phreatische Wasser sickert teils durch die Poren der Gesteine, teils durch die gelegentlich der letzten Erhebungen entstandenen Spalten bis zu einer Tiefe von etwa 5300 Fuß in der Richtung nach dem Zentrum der Erde hinab und übernimmt die dort herrschende Temperatur. Mit diesem Wärmegrad und einem beträchtlichen Druck sozusagen bewaffnet eilt das Wasser nunmehr hydrostatischen Einflüssen folgend nach oben; unterwegs kommt es mit dem Trachyt,<sup>1</sup> dem weißen, dichten Kalkstein, dem Dolomit, dem Nummulitenkalk, dem eozänen Mergel und dem neogenen Tegel in Berührung und gelangt mit gelösten Bestandteilen derselben beladen an die Oberfläche; es besitzt eine höhere Temperatur, ist jedoch weniger konzentriert, wo es auf kürzerem Weg und in größerer Menge hervorquillt (Quellen des Józsefhegy); demgegenüber besitzt es eine niedrigere Temperatur und einen höheren Konzentrationsgrad, wo es in geringerer Quantität einen längeren Weg zurücklegen mußte. (Quellen des Gellérthegy.)

Nach dem Dafürhalten SZABÓ's sind also die Budapester Thermen rein vadosen Ursprunges und werden dieselben vom hydrostatischen Druck emporgetrieben.

Denselben Standpunkt vertritt JOHANN MOLNÁR (5 und 14), dann später WILHELM v. ZSIGMONDY [18 und 19] und nach letzterem auch A. TSCHEBULL [28].

Die Theorie des vadosen Ursprunges der Thermalquellen wurde in noch bestimmterer Form von Dr. FRANZ SCHAFARZIK [31] erörtert, welcher den Verlauf des vorausgesetzten Prozesses auch in Profilen veranschaulichte, und dessen Ausführungen und Illustrationen auch

<sup>1</sup> Zu jener Zeit (1851—56), im Kindesalter der ungarischen Geologie wurde das Andesit-(«Trachyt») Gebirge von Szentendre—Visegrád als ältestes, unterstes Gebilde angesehen, dessen Vorhandensein also auch in den großen Tiefen unter Budapest angenommen wurde. Unter dem «weißen, dichten Kalkstein» ist der rhätische Dachsteinkalk zu verstehen, welcher in Wirklichkeit über dem Dolomit, und nicht unterhalb desselben gelagert ist. Dem eozänen Mergel ist auch der heutige unteroligozäne Budaer Mergel zugerechnet, unter dem neogenen Ton ist jedoch der unteroligozäne Kisczeller Tegel zu verstehen.

Dr. HUGO v. BÖCKH für sein Lehrbuch der Geologie übernommen hatte. Diese Auffassung ist seither in Ungarn vollständig ins allgemeine Bewußtsein übergegangen.

Eine ganz andere Auffassung gibt FRANZ E. SUSS in seiner Studie über unterirdische Wasserbewegung, speziell über die Thermen von Teplitz Ausdruck [Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., Bd. 48 (1898), pag. 425]. Er äußert sich hier wie folgt: «Wenn die Thermen nicht mit eruptiven Vorkommnissen in Zusammenhang stehen, so treten sie doch fast stets in Gruppen auf, welche mit den allgemeinen tektonischen Verhältnissen in Beziehung stehen und es kann auch dann nicht das Auftreten der einzelnen warmen Quellen irgendwelchen örtlichen Zufälligkeiten zugeschrieben werden. Insbesondere sind es große Verwerfungen und Bruchzonen, in welchen den Wässern der Tiefe das Aufsteigen in einzelnen Kanälen ermöglicht wird.» Hierauf widmet er nach PETERS und ZSIGMONDY den Budapester Thermalquellen und Kalktuffvorkommnissen einige Worte und schreibt dann folgendes: «Die ehemals so bedeutend höhere Lage dieser Quellen spricht jedenfalls nicht für die sehr verbreitete Theorie, welche die Thermalwässer ausschließlich durch den hydrostatischen Druck der in einem benachbarten Gebirge infiltrierten Tagwässer emporsteigen lassen will.» Aus dieser — zwar nicht ganz bestimmten — Äußerung ist es ersichtlich, daß F. E. SUSS an eine juvenile Entstehung der Budapester Thermalquellen dachte.

Dr. LUDWIG v. LÓCZY bemerkt an einer Stelle im Aufsatz JOHANN STAFF'S über das Gerecsegebirge [42, pag. 188], daß man aus dem Schwefelwasserstoffgehalt sowohl der Quelle von Tata, als des artesischen Brunnens im Városliget von Budapest, auch auf einen juvenilen Ursprung derselben schließen darf.

ALEXANDER KALECSINSZKY äußert sich in seiner wichtigen Arbeit über den artesischen Brunnen der Margitinsel [45, pag. 471] wie folgt: «die nachgewiesene Temperaturverminderung und die jährliche Temperaturschwankung sprechen dafür, daß die Budaer Thermen in ihrer Hauptmasse vadoser Natur, d. i. an der Oberfläche infiltrierte Wasser sind. Auch die chemische Zusammensetzung der Thermalwasser spricht für ein typisches dolomitisches Wasser, doch kann aus den einzelnen Bestandteilen darauf geschlossen werden, daß sich demselben in geringerem Maße auch juvenale Wässer beimengen.» Des weiteren in der Zusammenfassung... «die Budapester Thermen sind in ihrer Hauptmasse vadosen Ursprunges, denen sich nur in geringerer Menge juvenile Wasser beimengen.»



Dr. MORITZ v. PÁLFY bemerkt [46, pag. 108], daß «bei solchen Thermen, die auf flachem Gebiete entspringen, wie die der Margitinsel und des Városliget (Stadtwäldchen) in Budapest, ist der Druck aus dem die Rolle des Wassersammelgebietes spielenden Gebirge kaum zu erwarten. Die das Wasser der Budapester Quellen sammelnde Bildung — der Dolomit des Budaer Gebirges — ist nämlich derart zerklüftet, daß das in den Rissen und Spalten sich ansammelnde Wasser nur unter dem Drucke einer entsprechenden Schicht eine hydrostatische Wirkung ausüben könnte. Eine derartige Schicht kommt aber im Budaer Gebirge größtenteils in einem so tiefen Horizont vor, daß ihr die Quellen einen hydrostatischen Druck kaum zu verdanken haben dürften. Er bemerkt sodann, daß er «unter den Thermen Ungarns keine einzige als rein juvenil betrachten kann.» Ein Teil des Wassers der Budapester Thermen ist jedoch nach seinem Dafürhalten juvenilen Ursprunges. Es ist dies aus seinen folgenden Zeilen klar ersichtlich: «Wenn das Wasser (d. i. das von oben herabsickernde atmosphärische Wasser) die thermale Spalte erreicht, erwärmt es sich dort durch das von unten empordringende heiße Wasser, den Wasserdampf und die Gase.

LEONARD JACZEWSKI [48, 12] beobachtete und beschrieb die rhythmische Pulsation der artesischen Therme auf der Margitinsel und der lauwarmen Quelle des Römerbades. Die Erscheinung der rhythmischen Pulsation aber erwähnt er als ein charakteristisches Kennzeichen der juvenilen Quellen, es liegt also auf der Hand, daß er an einen hauptsächlich juvenilen Ursprung der Budapester Thermen denkt, doch hält er es — dem Anscheine nach — für wahrscheinlich, daß sich auch vadoses Wasser in kleineren oder größeren Mengen den einzelnen Thermalquellen beimischt. Diesem Gedanken gibt er jedoch in solcher Form schriftlich keinen Ausdruck, es läßt sich derselbe vielmehr bloß zwischen den Zeilen seines Aufsatzes lesen.

Dr. LUDWIG v. Lóczy äußerte sich in seinem vor kurzem über das Erdgas bei Kissármás abgehaltenen Vortrag<sup>1</sup> wie folgt: . . . auch die Thermen bei Budapest stammen von Wasserdämpfen her, welche sich in größeren Tiefen kondensieren, sind also sogenannte juvenile Quellen.

Wie wir sehen, bestehen bezüglich der Entstehung und des Charakters der Budapester Thermalquellen zwei entgegengesetzte Ansich-

<sup>1</sup> LÓCZY LAJOS dr.: A kissármási földgázforrásról. Különlenyomat a Magyar Vegyészek Országos Kongresszusának kiadványaiból. Budapest, 1910. 8. old.

ten. Wir wollen nun prüfen, welche der beiden sich mit überzeugenderen Argumenten verteidigen läßt.

Wenn wir annehmen, daß die Budapester Thermen von phreatischen Wassern gespeist werden, so können jene aus Trias-Dolomit, Dachsteinkalk und dem stellenweise diese überlagernden eozänen Orbitoidenkalk bestehenden Gebirgsschollen als Infiltrationsgebiet betrachtet werden, welche nach allen Seiten vom wasserdichten oligozänen Budaer Mergel und Kisczeller Tegel (und dem stellenweise auf letzteren lagernden Löss) umgeben sind. Die Niederschläge, welche auf den in herabgesunkenen Gebieten (den Becken) lagernden Mergel und Tegel herniederfallen, fließen natürlich ab, oder verdunsten, nur in den darüber lokal auftretenden Löss sickert ein Teil derselben hinein. Angenommen die Budapester Thermen würden durch den hydrostatischen Druck der im Gebiet der Budaer Dolomit- und Kalksteinschollen herabfallenden und sich dort ansammelnden phreatischen Wasser emporgetrieben, so müssen wir der bis jetzt vorherrschenden Anschauung entsprechend in der Dolomit- und Kalksteinmasse der Budaer Gebirge einen hochgelegenen Wasserbehälter voraussetzen, welcher den nötigen hydrostatischen Druck verursachen würde. (Einstweilen wollen wir von der neueren Ansicht PÁLFY's und KALECSINSZKY's absehen.) Es fragt sich nun aber, wie hoch dieser angebliche Wasserbehälter liegen dürfte, respektive wie hoch der Spiegel des im Budaer Gebirge enthaltenen Karstwassers über dem Meeresniveau und über der Austrittsstelle der heutigen Thermen gelegen ist.

Jedenfalls müssen wir im Budaer Gebirge ein Wasserreservoir suchen, dessen Niveau beträchtlich, zumindest um 200—300 m über der Ausflußhöhe der heutigen Quellen gelegen ist, wenn wir das Aufsteigen unserer Thermen mit der bisherigen, auf dem Gesetz der Kommunikationsröhren beruhenden Theorie erklären wollen. Den Fachleuten ist es nicht unbekannt, daß es unmöglich ist das Aufsteigen so mancher Quellen, Thermen und artesischen Wasser durch diese Theorie zu erklären. Die zunächst gelegenen Beispiele hiefür liefern die artesischen Brunnen unseres großen Alföld. Die in den Tiefen des Alföld abgelagerten, sich rasch auskeilenden, linsenförmigen wasserführenden Sandschichten tauchen nirgends an die Oberfläche herauf, besitzen also an der Oberfläche heutzutage kein Infiltrationsgebiet. Man kann aber auch garnicht erwarten, daß dieselben aus einer Tiefe von 200—600 m an die Oberfläche gelangen, wenn uns erstens der Umstand bekannt ist, daß die Schichten horizontal oder nahezu horizontal abgelagert und in dieser Lage bis zum heutigen Tag nicht ge-



stört wurden und wenn wir zweitens im Klaren darüber sind, daß die tiefen Schichten unseres Alföld eine linsenförmige Struktur besitzen, d. h. sich nach allen Richtungen alsbald, oder in größeren Entfernungen auskeilen. Der Schotter geht allmählich in Sand, letzterer aber in Ton über. Dies ist aus den Profilen der in ein und derselben Stadt unseres Alföld abgeteufte artesische Brunnen klar ersichtlich (siehe die einschlägigen Arbeiten HALAVÁTS'). Ich glaube, jeder Fachmann dürfte darüber im reinen sein, daß höher gelegene Wasserbehälter, welche die artesischen Brunnen unseres Alföld speisen würden, nicht existieren. Ganz ähnliches wurde auch im Ausland wiederholt festgestellt; besonders auffällige Beispiele liefern in dieser Hinsicht die durch einen enormen Wasserreichtum ausgezeichneten artesischen Brunnen Australiens.<sup>1</sup>

Es liegt auf der Hand, daß wir in solchen Fällen nach einer annehmbaren Erklärung suchen müssen.

Wir wollen zu den Budapester Thermen zurückkehren. Wenn wir in den Budaer Dolomit- und Kalksteinbergen eine so hochgelegene Wassermasse annehmen, so müßte meiner Ansicht nach das Gebiet des Budaer Gebirges nicht wasserarm, sondern an Quellen und Wasserläufen reich sein. Um mich eines Vergleiches zu bedienen; wie aus einem übervollen Gefäß mit schartigem Rand, so müßten nach allen Richtungen Quellen aus den alten Gebirgsschollen hervorsprudeln. Denn die erwähnten permeablen Gebirgsschollen sind nicht nach allen Seiten gleichmäßig von der wasserdichten Mergel- und Tondecke umgeben; stellenweise wurde diese Schutzdecke mit der Zeit erodiert und das Grundgebirge in ziemlich tiefen Horizonten erschlossen. Außerdem wird nicht nur der Mergel, sondern auch der Ton nach allen Richtungen von zahlreichen Spalten durchsetzt, so daß man an den einzelnen Klüften entlang zweifelsohne Quellen, oder doch wenigstens hervorsickerndes Wasser antreffen müßte, da ja der hydrostatische Druck das Wasser an solchen zerklüfteten Stellen der Berglehnen jedenfalls hervorpresen würde, wodurch natürlich Quellen, oder sickernde Stellen entstehen müßten. Diese Erscheinung läßt sich jedoch nirgends beobachten und es ist für das Budaer Gebirge im allgemeinen die Armut an Quellen bezeichnend.

Daß jedoch die Dolomit- und Kalksteinschollen der Gegend von Buda Karstwasser enthalten, das ist über alle Zweifel erhaben,

<sup>1</sup> Auf Grund deiner diesbezüglichen Arbeit J. W. GREGORY's wurden die artesischen Brunnen Australiens von KARL GUBÁNYI im Bd. XXXV, Heft 8, 1907 der Zeitschrift «Földrajzi Közlemények» beschrieben.

nur dürfte dessen Niveau bedeutend tiefer als die oben erwähnten Höhenwerte gelegen sein, so daß der hydrostatische Druck desselben kaum eine zufriedenstellende Erklärung für das Emporstiegen der Budapester Thermen abgibt. Das Vorhandensein des in den Spalten und Höhlungen der Dolomit- und Kalksteinschollen angesammelten atmosphärischen Wassers offenbarte sich in sehr bedauerlicher Weise durch die Einbrüche desselben in die Braunkohlenbergwerke der Gegend von Esztergom und Vörösvár—Szentiván. Wenn man nämlich hier beim Abbau der Kohlen in Ermangelung der nötigen Vorsicht das Grundgebirge<sup>1</sup> erschließt, bricht das Wasser in solchen Mengen herein, daß es das ganze Bergwerk ersäufen kann, so wie dies bei Tokod und Dorog geschehen ist, wo aus diesem Grund sogar der Betrieb eingestellt werden mußte.

Über die Einbrüche des Wassers in die Kohlenbergwerke bei Esztergom und im Zusammenhang hiermit über den Karstwassergehalt der Dolomit- und Kalksteinschollen der Gegend von Budapest—Esztergom benachrichtigte ANTON TSCHEBULL [28] als erster die Fachkreise, welcher sich in seiner Arbeit dahin äußert, daß der Wasserbedarf von Budapest gerade durch das in diesen Gebirgsschollen angesammelte Wasser gedeckt werden könnte. (Diese Arbeit erschien nämlich vor der Installierung des beständigen Wasserwerkes von Budapest). Seither veröffentlichte K. STEGL [44] eine eingehendere Beschreibung der neueren Wassereintrüche und lieferte interessante und wertvolle Daten zur Karsthydrologie unseres Gebirges.

Bei sämtlichen ersäufte Schächten — STEGL erwähnt deren neun — machte man die Erfahrung, daß das Wasser bis zu einer Höhe von 126 m über dem Meeresniveau ansteigt, weiter nicht. Bei Pilisszentiván wurden am Manometer 132 m abgelesen, doch stieg das Wasser nach STEGL auch hier ohne Zweifel nur bis zur Höhe von 126 m ü. d. Meeresniveau und ist der Überschuß von 6 m einem Fehler des Manometers zuzuschreiben. Der Spiegel des im zerklüfteten, porösen Grundgebirge erhaltenen Karstwassers muß also im Braunkohlenrevier von Esztergom und Szentiván in einer Höhe von 126 m ü. d. M. angenommen werden. Auf Grund der Analogie glaube ich mit ziemlich großer Wahrscheinlichkeit behaupten zu können, daß der Spiegel des Karstwassers auch in den älteren Gebirgsschollen der Gegend

<sup>1</sup> Mitunter ist die isolierende Tonschichte, welche das Kohlenflöz vom Kalksteingrundgebirge trennt, so dünn, daß sie von dem unter großem Druck stehenden Wasser trotz aller Vorsicht durchrissen wird; manchmal erfolgen auch Wassereintrüche, wenn der Abbau jüngere, den kohlenführenden Schichtenkomplex durchsetzende Verwerfungen erreicht.



von Budapest beläufig in derselben Höhe gelegen ist. Positive Beweise hiefür besitzen wir noch keine.

Wenn wir diese Höhe als diejenige des in den Budaer Gebirgsschollen enthaltenen Wassers annehmen, so finden wir zwischen der Austrittsstelle der heute hervorbrechenden Thermen (104—110 m ü. d. M.) und dem Niveau des Karstwassers der Budaer Gebirge einen Höhenunterschied von ca. 20 m. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß die Budapester Thermen ihre Entstehung dieser Niveaudifferenz von 20 m zu verdanken hätten.

Von ganz verschiedenem Gesichtspunkt betrachtet M. v. PÁLFY [46, 109] das Problem des Emporsteigens der Budapester Thermen. Er betont es, daß die auf flachem Gebiet hervorbrechenden Thermen aus der Richtung der Budaer Gebirge keinen hinreichenden hydrostatischen Druck erhalten, er ersinnt also für die Heraufbeförderung derselben eine andere Erklärung. Nach seiner Ansicht «sickert in der einen Kommunikationsröhre — im Wassersammelgebiete — kaltes Wasser in den Gesteinspalten zur Tiefe. Wenn das Wasser die thermale Spalte erreicht, erwärmt es sich dort durch das von unten empordringende heiße Wasser, den Wasserdampf und die Gase. Auf diese Art gelangt in die andere kommunizierende Röhre warmes Wasser. In Anbetracht der durch die höhere Temperatur verursachten Ausdehnung und des geringeren spezifischen Gewichtes der Wassersäule, wird die einsickernde kalte Wassersäule einer höheren warmen Wassersäule das Gleichgewicht halten. Diese durch die Ausdehnung des warmen Wassers entstandene Höhendifferenz genügt, um daß das kalte Wasser das warme über die Erdoberfläche empordrücke, auch wenn sich die beiden in einem Niveau befinden.» Er erwähnt, daß das durch den größeren Salzgehalt bedingte größere spezifische Gewicht und auch die verschluckten Gase diesen Vorgang beeinflussen; ersterer wirkt hindernd, letzterer befördernd auf das Emporsteigen des Thermalwassers.

A. v. KALECSINSZKY suchte diese Theorie experimentell zu begründen und es gelang ihm auch zu erreichen, daß in der einen Röhre eines 1 m langen Kommunikationsgefäßes der Meniskus des auf 100 Grade erhitzten Wassers um 46 cm höher stand, als das in der anderen Röhre stehende Wasser mit 12 C°. PÁLFY bemerkt jedoch, daß er zur endgültigen Klarlegung der Frage noch weitere Experimente für nötig erachtet.

Wir wollen nun sehen, welche Argumente sich für den juvenilen Ursprung der Budapester Thermen vorbringen lassen.

Die chemische Beschaffenheit der Thermen weist zum

Teil auf einen juvenilen Ursprung hin, da dieselben mehrere Elemente, respektive Verbindungen enthalten, deren Vorhandensein sich im normalen vadosen Wasser kaum, oder überhaupt nicht ableiten läßt. Als solche sind zu betrachten: *F*, *Ba*, *Sr*, *SiO<sub>3</sub>*, *PO<sub>4</sub>*, *CO<sub>2</sub>*, *COS* und Borsäure.

Auf juvenilen Ursprung deutet ferner auch der Schwefelwasserstoffgeruch und insbesondere die Schwefelablagerung der Thermen. Der Schwefelwasserstoffgeruch macht sich heute schon weniger bemerkbar. Zur Zeit MOLNÁR's war derselbe an der Hauptquelle des Császárfürdő sehr deutlich wahrnehmbar und läßt sich ebendort auch heute beobachten. In ähnlicher Weise ließ sich dieser Geruch auch am Wasser der oberhalb des Császárfürdő, im Keller des Hauses Zsigmond-u. 44 im November 1911 zufällig eröffneten Quelle konstatieren. MOLNÁR bemerkt ferner, daß der Schwefelwasserstoffgeruch am Wasser des Rácfürdő, des Lukácsfürdő und des Császárfürdő, an solchen Stellen, wo es rascher floß, gleichfalls zu verspüren war. Nach MOLNÁR [14] war der Schwefelwasserstoffgehalt der Thermen früher sehr auffallend, hat jedoch im Laufe der Zeit mehr und mehr abgenommen. Heute läßt sich der Schwefelwasserstoffgeruch an den artesischen Thermen der Margitinsel und des Városliget deutlich verspüren. KALECSINSZKY erwähnt [30, 311], daß der Geruch der am 31. August 1898 gelegentlich der Fundamentarbeiten des Budaer Brückenpfeilers der Erzsébetbrücke erschlossenen Thermalquelle zwar schwach, doch bestimmt an Schwefelwasserstoff erinnerte.

Ablagerungen des Schwefels kommen bei unseren Thermen gleichfalls vor. MOLNÁR [14] beschreibt es, daß er die Innenseite der Verschlussteine an der Öffnung des Bassins des zur Quellengruppe des Józsefhegy gehörigen Királyfürdő und die gewölbte Decke des Bassins mit sublimiertem Schwefel überzogen vorfand. Anderen Ortes [14, 230] bemerkt er diesbezüglich folgendes: Wenn die heißen Quellen des Lukács- und Császárfürdő in ihren Bassins längere Zeit von der freien Luft abgesperrt werden, so findet man im oberen Teil des Bassins sublimierten, reinen Schwefel vor. Heute lagert sich der Schwefel, schöne gelbliche und graue Krusten bildend, aus dem Wasser des artesischen Brunnens auf der Margitinsel ab, u. zw. zufolge der Einwirkung einzelner Schwefel ausscheidender Algen.

Die an den Randbrüchen des sogenannten inneren alpinen Beckens in Niederösterreich, an der bekannten «Thermenlinie» hervorbrechenden Thermen sind bezüglich der Natur und der geologischen Verhältnisse der Quellen den Budapester Thermen sehr ähnlich. Darunter sind aber mehrere (z. B. diejenige bei Baden) schwefelhaltig, was



von E. SUSS<sup>1</sup> dahin gedeutet wurde, daß dieselben nichts anderes wären, als die letzten Überreste alter Solfataren. Diese Ansicht wird durch die Erfahrung befürwortet, daß am östlichen Rande des Beckens, z. B. bei Somorja und im Császár-Steinbruch bei Bruck a. d. L.—Királyhida in den Poren des Leithakalkes nach E. SUSS zweifelsohne nachträglich gebildeter Schwefel enthalten ist. Aus diesem Umstand schließt er noch darauf, daß die alte Solfatara-Tätigkeit eine viel weiter verbreitete Erscheinung war. J. KNETT<sup>2</sup> erwähnt diese schwefeligen Quellen direkt als Solfataren. Auch R. HOERNES<sup>3</sup> spricht über diese Thermen nach obigen Autoren als Solfataren.

Da die Analogie zwischen den erwähnten österreichischen Thermen und denjenigen von Budapest auch in dieser Hinsicht zur Genüge einleuchtend ist, können wir mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit behaupten, daß wir auch die Budapester Thermen als die letzten schwachen Offenbarungen einer alten, geringfügigeren Solfatara-Tätigkeit betrachten müssen.

Auch die von JACZEWSKI [48] erwähnte Pulsation der Quellen der Margitinsel und des Római Fördő deutet auf deren juvenilen Ursprung (vorausgesetzt, daß sich diese Erscheinung in Zukunft auch bei anderen, als juvenil betrachteten Thermen als ein zweifelsohne beständiges Merkmal erweisen wird). Diese Erscheinung ist wahrscheinlich sämtlichen Budapester Thermen gemeinsam, nur wurde sie bisher noch nicht beobachtet. Außerdem spricht meiner Ansicht nach die Tatsache, daß die Thermen über die vom hydrostatischen Druck vorgeschriebene Grenze emporsteigen, gleichfalls hierfür. Einen weiteren Beweis für den juvenilen Ursprung würde, wie es scheint, auch die nachgewiesene Radioaktivität unserer Thermen liefern.

Auf Grund des Gesagten bin ich also geneigt für die Thermen der Gegend von Budapest einen in erster Linie juvenilen Ursprung anzunehmen. Ich halte es aber auch für zweifellos, daß sich den einzelnen Thermen auch vadoses Wasser in verschiedenen Mengen beigemischt hat. Darauf weist vor allem der verschiedene Mineralgehalt der verschiedenen Quellen hin. Ein-

<sup>1</sup> Briefe E. SUSS' an KARRER, publiziert in KARRER: Geologie der Kaiser Franz Joseph-Hochquellenwasserleitung. Abhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst., Bd. IX, p. 207.

<sup>2</sup> J. KNETT: Vorläufige Mitteilung über die Fortsetzung der Wiener Thermenlinien nach Nord. Verh. der k. k. Geol. Reichsanst. 1901, p. 244.

J. KNETT: Neue Erdbebenlinie Niederösterreichs. Verh. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1901. p. 260.

<sup>3</sup> R. HOERNES: Bau und Bild der Ebenen Österreichs, p. 154, Wien, 1903.

zelne Budapester Thermen liefern einen beträchtlich größeren festen Rückstand, als die anderen. Diese Erscheinung steht im engen Zusammenhang mit der verschiedenen Temperatur der Quellen. Die heißeren Thermen sind nämlich stets durch einen größeren Gehalt an Mineralien ausgezeichnet, als die lauwarmen, woraus sich von selbst die Regel ergibt, daß sich in den lauwarmen und zugleich mehr verdünnten Thermen dem juvenilen Wasser gelegentlich des Aufsteigens mehr vadoses Wasser beigemischt hatte. Darauf weist auch das Schwanken der von den Thermen gelieferten Wassermenge und im Zusammenhang hiermit die Schwankungen der Temperatur hin. Geringfügige Temperaturschwankungen wurden von KALECSINSZKY [45] an der Bohrtherme auf der Margitinsel beobachtet ( $42.4-42.7^{\circ}$  C), woraus er auf einen überwiegend vadosen Ursprung der ganzen Quellengruppe schloß. Viel beträchtlichere Schwankungen beobachtete J. MOLNÁR [14] an der Quelle des Sárosfürdő, u. zw. sowohl bezüglich des Debits, als auch in der Temperatur. Er stellte fest, daß beide Schwankungen parallel mit dem Steigen oder Sinken des Wasserspiegels der Donau verlaufen. Bei niederem Wasserstand der Donau liefert nämlich die Quelle wenig Wasser: 7500—8000 Kubikfuß per 24 Stunden; bei anhaltenderem hohen Wasserstand der Donau kann sich der Debit sogar bis auf 20,000 Kubikfuß pro 24 Stunden steigern. Die Temperatur des Quellwassers betrug bei niederem Wasserstand der Donau  $41.5^{\circ}$  C, steigerte sich aber zur Zeit des Hochwassers auf  $45^{\circ}$  C, ja  $48.7^{\circ}$  C und in einzelnen Fällen angeblich sogar bis auf  $50^{\circ}$  C [14, 205—6].

MOLNÁR erwähnt ferner, daß sich der Einfluß des höheren Donauwasserstandes auch an den Quellen des Józsefhegy bemerkbar macht. So stieg z. B. die  $31^{\circ}$  C betragende Temperatur der sog. Tunnelquelle des Lukácsfürdő bei höherem Wasserstand auf  $32.7^{\circ}$  C hinauf. Diese Erscheinung erklärte MOLNÁR in der Weise, daß das Wasser der Donau bei höherem Wasserstand die Mündungen der im Strombett befindlichen Thermalquellen verschließt und durch seinen hohen Druck das Aufsteigen des heißen Wassers daselbst verhindert. Bei solchen Gelegenheiten drängt sich das gesamte heiße Wasser und Gas nach dem Quellenkanal des Sárosfürdő, wo dieser Druck nicht wirkt, steigt dortselbst empor und verursacht so eine bedeutende Zunahme des Debits und der Temperatur. Diese Erklärung ist in dieser Form gänzlich annehmbar.

Außer dem Gesagten lassen es auch noch die auf die Thermen von Teplitz bezüglichen Erörterungen F. E. SUESS' [32] sehr glaubwürdig erscheinen, daß eine beträchtlichere Erhebung des Niveaus des



vadosen Wassers auf das durch zahlreiche Nebenspalten aufsteigende, und langsam nach allen Richtungen weitersickernde juvenile Wasser einen bedeutend höheren Druck ausübt und das Aufsteigen desselben in diesen Nebenkanälen sehr erschwert und mitunter sogar gänzlich verhindert. Im Zusammenhang hiermit kann sich das vadoso Wasser dem zu rascherem, kräftigerem Aufsteigen und Zirkulieren gezwungenen juvenilen Wasser in solchen Fällen nur in erheblich geringerem Maße beimengen. Ferner verursacht die Einwirkung des Druckes nicht allein das energischere Aufsteigen des Thermalwassers im Hauptkanal, sondern selbstredend auch eine Zunahme der Wassermasse und ihrer Temperatur, da sich ja sozusagen der ganze Wasservorrat dorthin drängt.

Auf Grund des oben Gesagten betrachte ich also die Thermen der Gegend von Budapest als Quellen gemischten Charakters, mit ursprünglich juvenilem Wasser, welchem sich jedoch bei den einzelnen Quellen in verschiedenem Maße auch vadoses Wasser beimischte. Letzteres stammt aus den im Gebiet der von mesozoischen und paläogenen Gesteinen aufgebauten Gebirgsschollen herabgefallenen und in die Tiefe hinabgesickerten Niederschlägen (zum Teil aber, hauptsächlich bei den artesischen Brunnen, aus den verschiedenen wasserführenden Horizonten der neogenen Bildungen, welche das Becken des Alföld aufbauen). Bei den Heraufgelangen unserer Thermen an die Oberfläche würde ich dem hydrostatischen Druck des im Budaer Gebirge herniederfallenden atmosphärischen Wassers gar keine Rolle zuschreiben und halte es sogar nicht für unbedingt notwendig die vermittelnde und sehr geistreiche Theorie PÁLFY'S bei der Erklärung des Emporsteigens der Budapester Thermen zu Hilfe zu nehmen. Ich bin der Ansicht, daß die Thermen, welche in der Tiefe ursprünglich als juvenile Wässer ihren Weg nach der Oberfläche antreten, aus eigenen Kräften mit Hilfe der in denselben enthaltenen Wasserdämpfe und Gase<sup>1</sup> emporsteigen, ein Vorgang, welcher auch dann noch unverändert anhält, wenn sich den Quellen aus verschiedenen wasserführenden Horizonten schon vadoses Wasser beigemischt hat.

<sup>1</sup> Der Reichtum einzelner Budapester Thermen an Gasen wurde schon von MOLNÁR gebührend hervorgehoben [14, 229]. Zu seiner Zeit ließ sich das Aufsteigen der Gase am besten an den Quellen des Józsefhegy beobachten, wo sie beim Entleeren des unteren heißen Teiches im Lukácsfürdő unter solchem Druck hervorbrachen, daß eine trichterförmige Öffnung entstand und gelegentlich der kleineren Eruptionen Schlammklumpen in die Lüfte geschleudert wurden. Die chemische Beschaffenheit des Gases ist folgende: 94% N, 5% Kohlensäure, 1% O. Die Temperatur der Gase ist stets höher, als diejenige des Wassers, aus welchem dieselben hervorsprudeln.

## II. Die Spuren der Tätigkeit tertiärer und pleistozäner Thermen im Gebiet der Budaer Gebirge.

Ich habe bereits erwähnt, daß unter den im festen Rückstand der Thermalwasser nachweisbaren Stoffen auch solche vorkommen, deren Herkunft man sich allein auf juvenile Wege vorstellen kann. Es können ferner in einer Therme einzelne Elemente in so geringer Quantität zugegen sein, daß sich dieselben auf chemischem Weg nicht nachweisen lassen.

Das Vorhandensein dieser Stoffe läßt sich trotzdem konstatieren, u. zw. in der Weise, daß man die von der Therme im Verlauf von Jahren oder Jahrzehnten abgesetzten Sedimente einer Untersuchung unterzieht, in welchen sich der feste Rückstand der Therme auf natürlichem Weg ansammelte. Das Studium solcher rezenter Thermalablagerungen wäre der erste Schritt zur Erreichung unseres Zieles. Denn es versteht sich von selbst, daß die Kenntnis der chemischen und mineralogischen Beschaffenheit der heutigen Quellenablagerungen uns bezüglich der Frage als Wegweiser dient, Ablagerungen welcher Natur wir beim Aufsuchen der Spuren alter Thermen zu erwarten haben. Wenn uns der chemische und mineralogische Aufbau der heutigen Quellenablagerung bekannt ist, so läßt es sich im Vergleich mit der gefundenen alten Ablagerung beurteilen, bis zu welchem Grad sich die Qualität und Quantität der in der Therme gelöst enthaltenen Stoffe, also im allgemeinen der Charakter der Therme verändert hat.

Das von den konzentrierteren Quellen des Gellérthege heute abgelagerte Material wurde gleichfalls von MOLNÁR untersucht [5 und 14, p. 206], u. zw. wie er erwähnt, hauptsächlich mit der Absicht, sich durch die Untersuchung der «Steinkruste» schon im vorhinein Gewißheit darüber zu verschaffen, ob das Wasser in noch so verschwindender Menge Baryum, Strontium, oder Fluor enthält.<sup>1</sup> Nach MOLNÁR ist dieses abgelagerte Material im allgemeinen eine schmutzigweiße, poröse

<sup>1</sup> Die in den Röhrenleitungen der Thermen der Margit-Insel und des Ráczfürdő abgelagerten Krusten werden gegenwärtig von Dr. R. BALLÓ untersucht.



Masse, welche die Schichtung sehr wohl erkennen läßt. Die Zusammensetzung der Inkrustationen der Therme des Sárosfürdő ist nach der Original-Schreibweise MOLNÁR's (1857) folgende:

$SiO_3$	3.00
$3Al_2O_5 \cdot PO_5$	2.00
$(CaO \cdot 2HO)PO_2$	0.46
$FeO \cdot CO_2$	0.59
$MnO \cdot CO_2$	4.56
$CaO \cdot CO_2$	74.00
$MgO \cdot CO_2$	10.63
Wasser und brennbare Stoffe	4.76
	100.00

Dieselbe Zusammensetzung besitzen auch die Steinkrusten des Rudasfürdő. Das von der Therme des Rácsfürdő abgesetzte Material weicht von den vorigen insofern ab, als MOLNÁR in dieser Quelle (nach seiner Original-Schreibweise) auch noch  $0.05 LiO \cdot CO_2$ , d. i. kohlen-saures Lithium vorfand.

Jene Spuren der früher tätig gewesenen Thermen, welche wir aufzusuchen haben, bestehen also in erster Linie aus diesen alten Quellenablagerungen. Außerdem sind die nach gewissen Richtungen erfolgten Umänderungen, Metamorphosen der Schichten, welche oft Hand in Hand mit den Ablagerungen auftreten, gleichfalls als Spuren der Tätigkeit alter Thermen zu betrachten.

Die Mehrzahl der heißen Thermen lagert heute Kieselsäure ab, u. zw. entweder als dichten Hydroquarzit, Opal, oder Chalzedon, oder aber in Form eines lockeren, mitunter ganz pulverförmigen, feinen, grusartigen Kieselinters. Aus solchen heißen Lösungen dürften sich auch der Fluorit und Baryt ausscheiden, welche in Form einzelner Kriställchen, eventuell als Überzüge von Spalten, oder gar als kompakte Gänge auftreten können. Aus dem Wasser mancher Thermen wird unter Mitwirkung einzelner Algen auch Schwefel abgeschieden. Andere Thermen, u. zw. überwiegend die weniger heißen (mit einer Temperatur über  $30^\circ C$ ), lagern einen aus Aragonit bestehenden Kalksinter ab. Die Mehrzahl der Thermen Ungarns lagert gegenwärtig Kalksinter ab, so unter anderen auch die Thermen von Budapest und Tata. Häufig sind im Kalksinter an jenen Stellen, wo die Quellen hervorbrechen, Pisolithen vorzufinden. Es gibt endlich auch Quellen, welche Kalksinter und Kieselsäure gemischt ablagern; ein vortreffliches Beispiel hierfür liefern die levantinischen Geysirkegel von Tihany.

Die Mehrzahl der aufgezählten mannigfaltigen Ablagerungen ist im Budaer Gebirge vertreten. Es finden sich Kieselsäure-Ablagerungen, Opal- und Chalzedonvorkommnisse, welche manchmal in Form dünner Adern, oder als Netzwerk die älteren Gesteine durchziehen, oder es sind einzelne Gesteine gänzlich davon durchdrungen, imprägniert. Der mehrlartige, pulverförmige Kieselsinter füllt, wie es scheint, in einzelnen Fällen vertikale Klüfte aus. Der Baryt ist in den Höhlungen oder Spalten verschiedener Gesteine, wie Dolomit, Dachsteinkalk, eozäner Kalkstein und Mergel, Hárshegyer Sandstein, in Form einzelner Kristalle oder Drusen vorhanden, oder er überzieht die Wände der Spalten der betreffenden Gesteine, kann aber auch in denselben ganze Gänge (1—2 Finger dicke) bilden. Der Fluorit kommt, zwar seltener, gleichfalls im Budaer Gebirge vor und liefert einen der wichtigsten Beweise für das Hervorbrechen der alten juvenilen Thermen. Der Baryt kommt fast ausnahmslos an solchen Stellen vor, wo das Gestein gleichzeitig stark verkieselt ist, diese Erscheinungen begleiten sich also gegenseitig. Auch der Fluorit zeigt sich in der verkieselten Region, oder in der Nähe derselben.

Da es vielleicht jemandem nicht ganz einwandfrei erscheinen dürfte, daß ich die Barytvorkommnisse als Beweise der Tätigkeit alter Thermen erwähne, glaube ich es für angebracht, dieser Frage hier etwas näher zu treten.

Den Ursprung und die Entstehung der Barytvorkommnisse könnte man sich auch in der Weise vorstellen, daß dieselben aus der Auslaugung des Nebengesteines (Dolomit, Kalkstein) herkommen, ein Vorgang, bei welchem dem vadosen Wasser eine Rolle zukommen würde; dieses würde den Baryt auflösen und von neuem ablagern. Diese Erklärung kann ich jedoch nicht für dermaßen plausibel ansehen, als jene andere. Nach der ersteren Erklärung hatte sich der Baryt aus wässerigen Lösungen von hoher Temperatur ausgeschieden, welche aus dem Erdinneren am Weg der juvenilen Thermen in die Spalten der höheren Regionen der Erdkruste gelangten, wo die Ausscheidung des Baryts zufolge der Beimischung der hinzutretenden äußeren vadosen Wasser rascher vor sich gehen konnte. Auch die sehr sorgfältigen Arbeiten G. BATT. TRENER's<sup>1</sup> lassen jene Erklärung als die natürlichste erscheinen, nach welcher wir unsere Barytgänge und andere Vorkommnisse auf juvenil-thermale Weg ableiten; namentlich ist es die

<sup>1</sup> GIOV. BATTISTA TRENER: Die Barytvorkommnisse von Mte Calisio bei Trient und Darso in Judicarien und die Genesis des Schwerspaties. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, Bd. 58, von pag. 387 beginnend (insbesondere p. 458), 1908.



Tätigkeit nahegelegener tertiärer Vulkane, mit welcher ich — wie ich dies weiter unten ausführen werde (p. 247), die Entstehung derselben am besten in Verbindung bringen zu können vermeine. Außerdem weisen auch die geologischen Verhältnisse des Baryts, sein Vorkommen in einer und derselben Region mit der Kieselsäure und dem Fluorit entschieden auf einen thermalen Ursprung hin.

Der Kalksinter bildet ziemlich ausgedehnte Plateaus und Kuppen im Budaer Gebirge. Stellenweise finden sich im Kalksinter prächtige Pisolite vor.

Wir wollen nun von Süden nach Norden vorgehend die bisher als solche erkannten Schauplätze alter Thermen besichtigen. Vorerst möchte ich die kieselsauren Ablagerungen und die entsprechenden Metamorphosen, ferner die hiermit verbundene Entstehung des Baryts erörtern. Ebendasselbst sollen auch die seltenen Fluoritfunde Erwähnung finden. In zweiter Linie will ich die Kalksintervorkommnisse besprechen.

#### a) Verkieselung, kieselsaure Ablagerungen, Baryt- und Fluoritvorkommnisse.

1. Am westlichen Teil des Törökugrató fand ich in den Spalten des eozänen Orbitoiden-Kalksteines Barytkristallgruppen vor. Im östlichen Teil desselben aber sind die eozänen Dolomitbreccien und Konglomerate vor einem Netzwerk aus Kieselsäureadern durchzogen; Barytkriställchen finden sich ziemlich häufig in den Hohlräumen und Spalten. Das verkieselte Konglomerat bildet an der Ostseite eine sehr feste und steile Felswand (200—251 m ü. d. M.).

2. Gegen Norden, am Strasshegy beobachtete ich gleichfalls verkieselte Mergel und Dolomitbreccien. Auch Barytkriställchen kommen vor. (ca. 260 m ü. d. M.)

3. Der sich unmittelbar neben Budaörs erhebende kleine Berg mit seinen sehr auffälligen, steilen, zerrissenen Abhängen, als ein Resultat der Verkieselung. Hier wurde einesteils der Dolomit, anderen-teils der Mergel verkieselt. Ich muß hier bemerken, daß im westlichen Teil dieser Gebirgsscholle, am Kalvarienberg das Konglomerat eines Eruptivgesteines zwischen die eozänen Schichten eingelagert vorkommt, welches schon von K. Hofmann beschrieben wurde. Dieses Konglomerat hat jedoch nichts mit dem in einem bedeutend jüngeren Zeitalter erfolgten Verkieselungsprozeß zu tun. (Höhe 200—221 m ü. d. M.)

4. Weiter gegen Osten, an der Südseite des Széchenyihegy (Nagy-Svábhegy), im Farkasvölgy stoßen wir abermals auf sichere

Spuren alter Thermen. LUDWIG v. LÓCZY<sup>1</sup> war der erste, der die Fachleute gelegentlich eines Ausfluges der Ungarischen Geologischen Gesellschaft auf jenes eigentümliche Quarzvorkommen aufmerksam machte, welches sich hier an einer Stelle im hornsteinführenden Dolomit zeigt. Dies beansprucht noch ein eingehenderes Studium.

5. Etwas weiter nach Norden befindet sich ein anderes kleines Vorkommen, welches wir mit Herrn Universitätsprofessor EMERICH LŐRENTHEY gemeinsam beobachteten (Höhe ungefähr 270 m ü. d. M.). Hier lassen sich oberhalb des Dolomits des tiefen Tales unförmige Felsen eines chalzedonartigen Quarzgebildes beobachten, welches hie und da abgerundete Quarzgerölle einschließt. Unweit hiervon beginnt das Konglomerat und der Sandsteinkomplex des pannonischen Zeitalters. Es liegt auf der Hand, daß hier nur von einer Umschließung und Verbindung des pannonischen Schuttes die Rede sein kann, die hiesige Thermalquelle war also wahrscheinlich zur gleichen Zeit mit der Ablagerung der Gerölle tätig.

6. Am Széchenyihegy fanden wir an einer Stelle in den Spalten des im kleinen Steinbruch neben der Straße erschlossenen Dachsteinkalkes mit dem Geologen v. MAROS Barytkriställchen vor.

7. Weiter nach Osten zeigt sich am Sashegy (Höhe ca. 200—240 m ü. d. M.) verkieselter eozäner Mergel.

8. Am Kis Gellérthegy lassen sich die Spuren der Tätigkeit alter Thermen sehr wohl beobachten. Hier ist bekanntlich ein mächtiger Steinbruch in den oberen Trias-Dolomit eingeschnitten, von wo das Material schon seit Jahrzehnten als «Reibsand» fortgeführt wird. Im östlichen Teil dieses Steinbruches, welcher gegenwärtig nicht abgebaut wird, läßt sich im Dolomit der Querschnitt einer vertikalen Spalte verfolgen u. zw. in einer Breite von einigen Metern, und einer Höhe von beiläufig 4—5 m (Höhe ca. 145 m ü. d. M.). Diese ganze Kluft scheint durch ein pulverförmiges Quarzmaterial erfüllt zu sein, welches als ein lockerer Kieselsinter bezeichnet werden könnte, und einer gewissen Art der Geysirablagerungen ungemein ähnlich ist. Wenn man das in Rede stehende Material mit jenem Kieselsinter vergleicht, welchen FRANZ HOPP von seiner Reise um die Erde aus New-Sealand mitbrachte, und dem mineralogisch-geologischen Institut des Polytechnikums schenkte, kann man zwischen den beiden, mit bloßem Auge wenigstens, tatsächlich keinen Unterschied entdecken. Dieses Material wird Herr ALADÁR VENDL, Assistent am Polytechnikum mikro-

<sup>1</sup> Er äußert sich hierüber in Kürze auf p. 160 des Bd. 37 (1907) der Zeitschrift «Földtani Közlöny».

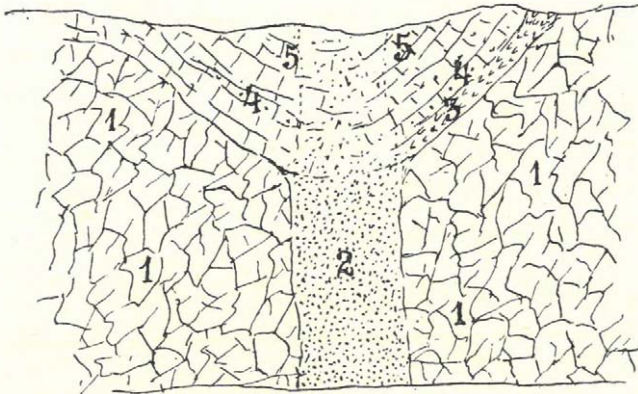


skopisch untersuchen. Das Vorkommen dieses pulverförmigen Kalksinters fällt nicht in die Augen, so daß er der Aufmerksamkeit der bisherigen Forscher leicht entgehen konnte. Seine weiße Farbe und sein Zerfallen zu Pulver stimmen vollkommen mit den Eigenschaften des daneben anstehenden Dolomits überein. Außerdem ist auch der untere Teil desselben durch darüber angeschütteten und darauf gestürzten Schutt verdeckt; seit am Nordabhang des Berges Häuser erbaut wurden, ladet man sogar verschiedene Abfälle und Kehricht gerade hier ab, so daß vom Aufschluß von Jahr zu Jahr weniger sichtbar wird. Der Umstand, dass der untere Teil des Aufschlusses schon seit langer Zeit verdeckt ist, machte es mir leider unmöglich zu beobachten, in welcher Weise sich die Spalte, respektive die Kieselsinter-Ausfüllung derselben gegen die Tiefe fortsetzt. Es ist also bloß eine Annahme, welcher ich in der beigegebenen Figur Ausdruck gebe, daß sich nämlich das kieselsinterartige Material, welches ich als die Ausfüllung eines Kanals auffasse, in gerader Richtung und unverändert gegen die Tiefe fortsetzt. Etwas höher kann man von beiden Seiten gegen die Spalte geneigte Bänke beobachten, welche ursprünglich Schichten des eozänen Bryozoenmergels gewesen sein dürften, gegenwärtig aber in der Nähe der Spalte zu einem porösen, schwammigen, leichten überwiegend aus Kieselsäure bestehenden Gebilde, weiter davon entfernt jedoch zu einem harten, dichten, klingenden, verkieselten Gestein umgestaltet sind. Ich muß jedoch bemerken, daß dieses Verhältnis nicht überall in gleicher Weise besteht, da der Grad und die Form der Verkieselung so zu sagen von einem dm auf den anderen wechselt. Die drei Arten des Materials, nämlich das als eine Ausfüllung des Quellentrichters angesehene, lockere, pulverförmige Material, das schwammige Gestein, und der harte dichte, verkieselte Mergel wurden von Dr. R. BALLÓ chemisch analysiert. Die Resultate seiner Analysen sind auf p. 257—259 wiedergegeben. Es erhellt aus denselben, daß das erste Material 95·38% Kieselsäure enthält, während der Kieselsäuregehalt im zweiten Gestein zwischen 84·60—86·33%, und im dritten zwischen 81·86—83·02% schwankt. Das als eigentliche Quellenablagerung angesehene Material enthält also die meiste Kieselsäure, deren Perzentsatz im metamorphisierten Gestein nach aussen immer mehr abnimmt, was nach unserer Annahme auch im vorhinein zu erwarten war.

Im nordwestlichen Teil der Reibsandgrube sind an den Trennungsflächen des verkieselten eozänen Mergels kleine Barytkriställchen vorhanden (Höhe: 150—160 m ü. d. M.). Im westlichen Teil der Reibsandgrube wird die Masse des Dolomits von zahlreichen, oft parallel

verlaufenden, oft netzartig sich verzweigenden und von neuem verschmelzenden braunen, verkieselten Limonitadern durchwoben, und zwar in nahezu vertikaler Richtung. Es ist dies jenes Gebilde, welches von hier, und noch vielen anderen Stellen des Budaer Gebirges unter der Bezeichnung «Zellenquarz» erwähnt wird.

Aus dem limonithaltigen Quarzmaschenwerk bröckelt sich der zu Staub zerfallende Dolomit später heraus, wodurch jenes auffallend leichte, schwammig-zellige Material zustande kommt, für welches die obige Benennung gebraucht wird. Auch die Entstehung dieser eigentümlichen, netzartigen Adern bin ich geneigt den einst betätigt gewesenen Thermen zu zuschreiben. Ich bemerke schließlich noch, daß



*Der im Steibruch am Kisgellérthegy erschlossene alte Quellentrichter.*

1. Dolomit. 2. Der pulverige, weiße Kieselsinter, welcher die Spalten ausfüllt.
3. Schwammiger, leichter, verkieselter eozäner Mergel. 4. Dichter, klingender, verkieselter Mergel. 5. Mehrere Formen des verkieselten eozänen Mergels.

sich in den kleinen Hohlräumen des Dolomits an Kis-Gellérthegy, u. zw. in der Nähe der erwähnten limonithaltigen Quarzadern auch kleine Barytkriställchen vorfinden. Ein Stückchen des verkieselten Limonitnetzwerkes, welches an Limonit sehr reich und ockerähnlich war, und so zu sagen schon die Bezeichnung Limonit verdiente, wurde von Dr. R. BALLÓ analysiert. Seine Resultate sind auf p 258 wiedergegeben.

9. Ich erwähne hier, daß an einigen Stellen der Csikihegyek den soeben beschriebenen vollkommen ähnliche, zellige, limonithaltige Quarzadern im Dolomit auftreten. Übrigens finden sich ebendasselbst auch verkieselte Mergel vor (Höhe ca. 335 m ü. d. M.). Es wurde schon von KARL HOFMANN erwähnt [17], daß auch im östlichen Teil der Csikihegyek, in den Steilwänden des südlich von Budakesz gele-



genen, sogenannten Tóárok (Teichgraben) solche verkieselte Partien vorkommen (beiläufig in einer Höhe von 180 m ü. d. M.).

10. Am Nagy-Gellérthehy sind die Spuren der alten Thermen in sehr bedeutendem Maße vorzufinden; dieselben sind den Geologen auch schon längst bekannt. Der Berg verdankt seine zerrissenen pittoreske Formen zum Teil der Tätigkeit der Thermen, da die verkieselten Felsblöcke der Denudation besser trotzbietend, am Bergabhang als steile Felsen emporragen. (Dieselben kommen zwischen den Höhen von ungefähr 105—120 m ü. d. M. vor.)

Die kieselsauren Ablagerungen, respektive der verkieselte eozäne Mergel werden zuerst von BEUDANT erwähnt [1], welcher vom Gellérthehy eine «*matière argillosiliceuse*» anführt. Eine sehr ausführliche Beschreibung der zu beobachtenden Verhältnisse gibt uns J. v. SZABÓ [20, p. 103.]; ich habe derselben nur wenig beizufügen. Nach ihm findet man den Berg vom Sárosfürdő her besteigend einen gelblich-braunen, mitunter rotgefärbten, tonigen Quarzit von beträchtlicher Härte, welcher mit Säuren nicht aufbraust. Derselbe ist ohne jeden Übergang, jedoch fest mit einem breccienartigen Konglomerat verwachsen, dessen Bindesubstanz jedoch nicht homogen ist, sondern in der Nachbarschaft des tonigen Quarzits auf Säuren nicht reagiert, in einiger Entfernung davon jedoch schon aufbraust. Er schreibt ferner, daß die Hornsteinbreccie an anderen Stellen mit einem dichten, bläulichgrauen, quarzitischem Gestein ohne Übergang verwachsen ist. Auf p. 104 steht zu lesen, daß die ehemalige Konglomeratschicht (welche nämlich am Grat des Gellérthehy große Felsen bildet) hier einst der Einwirkung kieselsaurer Quellen ausgesetzt war, deren Ergebniss die verschiedengradige Verkieselung teils der Dolomiteinschlüsse, teils der mergeligen Bindesubstanz ist.

J. MOLNÁR schreibt wie folgt [14, 170.]. Die Hornsteinbreccie ist ein Denkmal einer in früheren geologischen Zeiten tätig gewesenen kieselsäurehaltigen Quelle, welches jetzt abseits von den heißen Quellen gelegen ist.

SZABÓ beschreibt ferner [20, 104.] von der Donaufront des Gellérthehy einen weißen, pulverigen Kieselsinter, der jenem ähnlich ist, welchen ich weiter oben vom Kis-Gellérthehy erwähnt habe, und später vom Mátyáshegy beschreiben werde. SZABÓ veranschaulicht in einem Profil auf seiner Tafel III. auch den Fundort desselben. Leider gelang es mir nicht mehr diese Stelle aufzufinden, nachdem die Ostseite des Berges mit Bäumen bepflanzt wurde, — ich glaube jedoch, daß es mir gelungen ist am Gipfel des Berges den lockeren (jedoch nicht von selbst zu Pulver zerfallenden), Spuren von Petrefakten einschließenden,

metamorphisierten eozänen Mergel aufzufinden, welcher die Fortsetzung des ersteren bildet. Nach SZABÓ besteht dieses Gestein aus lauter winzigen Körnern, welche so wenig mit einander zusammenhängen, daß es im Ganzen genommen als pulverförmig bezeichnet werden kann. Seine Farbe ist weiß oder gelb, mit Säuren braust es nicht; durch das chemische Experiment wurde es als Kieselsäure erwiesen, worauf uns übrigens auch schon der Hammer aufmerksam macht, welcher bläuliche Spuren darauf hinterläßt, es ist also härter als der Stahl. Unter dem Mikroskop erscheint es als eine Anhäufung polyädrischer Stückchen. An Mineralien findet man darin wasserklaren Quarz in Kristallgruppen aufgewachsen, und kleine, gelbe, durchsichtige Barytkristalle. Organische Körper kommen darin in großer Anzahl vor, jedoch in keineswegs günstigen Zustand erhalten. Die Schale des Tieres fehlt zumeist, nur der Abdruck derselben ist vorhanden, die Umrisse des letzteren sind jedoch sehr scharf. Die Pecten-Arten haben auch ihre Schalen behalten, dieselben sind gleichfalls in Quarz verwandelt. Andere Überreste geben sich als Cidaris-, Spatangus- und Orbitoiden-Arten zu erkennen.

Besondere Beachtung verdienen die am Gellérthegy, im verkieselten Mergel auftretenden Barytgänge und zerstreut vorhandenen Barytkristalle. Beiläufig in ost-westlicher Richtung verlaufende Spalten durchsetzten hier die Masse des Berges, an welchen entlang die Verkieselung erfolgte, und in welchen auch 1—2 Finger dicke Barytgänge und Barytinkrustationen vorzufinden sind. Weiter unten, am Ende der Gyopárgasse befindet sich ein vorspringender, verkieselter Mergelfelsen, in welchem gleichfalls ein 2 Finger dicker Barytgang von beiläufig EW-licher Richtung zu beobachten ist. Die Barytgänge stehen an beiden Stellen ungefähr vertikal.

In einem alten Graben, welcher einst neben dem Sárosfürdő mündete, heute jedoch schon zugeschüttet ist, war der verkieselte Budaer Mergel in ziemlich bedeutender Mächtigkeit, und zugleich als ein ausgezeichneter Fundort von Fischabdrücken bekannt. Derselbe wurde eingehender von K. HOFMANN [17, p. 40.] und J. SZABÓ [20, 106] besprochen, und auch ich selbst studierte ihn, bevor der Graben zugeschüttet wurde, zu wiederholten Malen. Das Liegende des verkieselten Budaer Mergels wurde von Budaer Mergel mit unveränderter Struktur, sein Hangendes jedoch von Kiszeller Tegel mit gleichfalls ungeänderter Struktur gebildet. Im gegebenen Fall müssen wir also annehmen, daß sich das Thermalwasser, welches die Kieselsäure mitbrachte, in gewissen, leichter durchgänglichen Teilen des Mergelkomplexes, in horizontaler Richtung (respektive in der Richtung der



Schichtung) fortsickernd zerteilt, und die Schichten gänzlich umgewandelt, verkieselt hatte. Dieser verkieselte, weißgraue, gelbe und rote Randzeichnungen zeigende Schiefer ist in unseren Sammlungen überall sichtbar. In vollkommen identer petrographischer Entwicklung tritt dieses Gebilde auch am weiter gegen Westen gelegenen Teil des Gellérthegey, in der Nähe des sog. «Csőszház», ferner noch weiter nach W, an der Seite der Budaörser Landstrasse auf; das Zustandekommen derselben läßt sich gleichfalls nur auf dem oben skizzierten Weg erklären.

MOLNÁR [14, 187—8.] erwähnt gelegentlich der Beschreibung des Sárosfürdő, daß am Nordabhang des Gellérthegey ein geschichteter, schieferähnlicher, aschgrauer Kalkmergel vorkommt welcher sich in verdünnter, und sogar in konzentrierter Salzsäure nicht gänzlich löst. Durch die saure Lösung wird das Kurkumapapier braun gefärbt, eine Reaktion, welche auf Borsäure hinweist. Sie enthält  $SO_3$ , ferner *Fe*, *Mn*, *Ca*, *Mg*, *Na*, Spuren von *Cl*; auch Spuren von  $P_2O_5$  lassen sich nachweisen. Der unlösliche Teil besteht aus  $SiO_2$  und  $Al_2O_3$ .

Auch hier handelt es sich, wie es scheint, um die Wirkung früherer Thermen. Von großer Bedeutung ist schließlich noch die Entdeckung des Fluorits am Fuß des Nagy-Gellérthegey. Der Fluorit wurde das erstemal von ALEXANDER SCHMIDT in einer am 6. Juni 1900 abgehaltenen Fachsitzung der Ungarischen Geologischen Gesellschaft erwähnt [34, 173.]. Seinen Angaben gemäß stieß man gelegentlich des Baues der rechtsseitigen Rampe der Erzsébetbrücke auf den Fluorit. Im damals hergestellten Aufschluß beobachtete er den bläulich oder gelblich gefärbten, harten, unter-oligozänen Budaer Mergel, welcher auf dem die Hauptmasse des Gellérthegey bildenden Dolomit lagert, und in der Nähe der nördlichen Grenze des Aufschlusses von einem steilen Bruch gestört wird. Der verworfene Budaer Mergel enthält harte Kalksteinbänke; letztere sind voll von Nummuliten. Aus dem Budaer Mergel<sup>1</sup> kamen gelegentlich dieser Arbeiten ziemlich gut erhaltene Petrefakte und Mineralien zum Vorschein. Unter den Mineralen fand SCHMIDT neben Kalzit, Pyrit und wasserklarem Gips auch Fluoritkristalle in ziemlich großer Anzahl vor, welche letztere aus dem Ungarischen Mittelgebirge früher vom Kis-Svábhegy allein bekannt waren. (Siehe weiter unten sub No. 11.) Die Fluorite des Gellérthegey sind durchsichtig, wasserklar, farblos, oder hell weingelb, respektive blaß violett gefärbt; ihre Kristallform ist der Hexaeder {100} (die Kantenlänge der

<sup>1</sup> In Bezug auf die Mineralien wahrscheinlich richtiger aus den Spalten desselben,

größten Kristalle beträgt 8 mm) welcher sich mit den Flächen des {311} kombiniert.

Von rein kristallographischem Gesichtspunkt befaßte sich später VALÉR HULYÁK [38, 55.] mit den Fluoriten des Gellérthegey, welcher außer den oben erwähnten Krystallformen auch noch die Flächen (15., 7., 4.) und (24., 10., 7.) entdeckte; das sind Hexakisoktaeder, welche für die Fluorite im Allgemeinen neue Formen bedeuten.

Das Auftreten dieses Minerals von unbedingt juveniler Herkunft hier, in der Nähe eines der stärksten Verkieselungs-Zentren, von Barytgängen und Kalksinter-Vorkommnissen, und namentlich in der Nachbarschaft der heutigen Thermen (Ráczfürdő, Rudasfürdő), verdient jedenfalls unsere besondere Aufmerksamkeit. Es ist bekannt, daß man gelegentlich der Fundamentlegung des in Rede stehenden rechtsseitigen Brückenkopfes auf eine Springtherme stieß [30], welche später nur mit Mühe unterdrückt werden konnte. Sehr wahrscheinlicher Weise ist die Therme früher an dieser Stelle emporgestiegen, womit auch die Bildung des Fluorits in genetischem Zusammenhang stand.

11. Am Kis-Svábhegy findet man sehr schöne Spuren der Tätigkeit alter Thermen (beiläufig in einer Höhe von 230—250 m ü. d. M.). Diese Gebirgsscholle ist aus obereozänem Orbitoidenkalkstein und Bryozoenmergel aufgebaut, deren Masse von einem dichten System zahlreicher Spalten durchschnitten wird. Diese Spalten sind vorwiegend durch Kalzit ausgefüllt, u. zw. zum Teil gänzlich, z. T. aber so, daß zwischen den oft prächtig entwickelten, an beiden Wänden der Spalte aufgewachsenen Kalzitkristallen ein schmaler Raum frei bleibt. In einzelnen Fällen sind die Wände der Spalten mit Barytkristallen überzogen, und es tritt ausnahmsweise auch Fluorit hinzu. Es kommen mitunter Kalzit- und Baryt-Generationen wiederholt übereinander vor. Das Nebengestein ist lokal stark verkieselt.

Die hier zu beobachtenden Verhältnisse wurden schon von KARL HOFMANN [17, 41.] detailliert beschrieben. Er erwähnt, daß die Gesteine der Bartonstufe von Spalten durchdrungen sind, deren Wände mit Kalzit und manchmal mit Baryt inkrustiert sind. In manchen Spalten tritt der Baryt als erste, und der Kalzit als spätere Generation auf, doch gibt es auch solche, in welchen die Ablagerungen dieser beiden Minerale mehrfach wiederholt abwechseln.

«Häufig hat von diesen Spalten aus eine Auslaugung und theilweise Verkieselung des Nebengesteines stattgefunden, was man besonders schön an dem obersten grossen Steinbruche des kleinen Schwabenberg beobachten kann. Von der Auslaugung wurden vorwiegend die eingeschlossenen, aus reiner Kalkmasse bestehenden thierischen



Schalenreste ergriffen, deren Masse oft vollkommen entfernt und öfter durch Kieselerde mehr oder weniger vollständig ersetzt wurde, während die einschliessende Gesteinsmasse, vermittelt ihres auch in dem reinsten Kalke nicht fehlenden Thongehaltes, durch die eindringende Kieselsolution einer natürlichen Cementbildung unterlag und dadurch verfestigt wurde. — Spuren der Verkieselung zeigen sich oft noch recht entfernt von den Spalten, in Form von Kieselringen, die man an den Muschelschalen inmitten des festen Gesteines gewahrt. Durch diesen Auslaugungs- und Verkieselungsprozess wurden die kompakten Kalkgesteine oft auf grössere Strecken zu porösen, lockeren, staubenden Massen umgewandelt.»

Ich muß hier bemerken, daß sich sowohl hier, als auch beim später zu beschreibenden Vorkommnis am Mátyáshegy die Verhältnisse der Aufschlüsse, wegen dem dauernden Fortschritt der Arbeiten in den Steinbrüchen, im Laufe der Zeiten fortwährend verändert haben, so daß die einzelnen Beobachter die in den momentanen Aufschlüssen zum Ausdruck gelangenden Verhältnisse zeitweise in etwas verschiedener Beleuchtung gesehen haben können, und möglicherweise auch zukünftig sehen werden. Die selbe Bemerkung gilt übrigens auch für die sämtlichen übrigen Aufschlüsse der Steinbruch-Arbeiten, z. B. für den Kis-Gellérthegey, Mátyáshegy etc.

Der erste und bisher der einzige, welcher den Fluorit am Kis-Svábhegy vorgefunden hatte, ist der Professor am Polytechnikum VINZENZ WARTHA. Diese Fluoritkristalle wurden von V. WARTHA der Ung. Geol. Gesellschaft in der am 3. Dezember 1884 abgehaltenen Fachsitzung vorgelegt. Laut dem Protokoll dieser Sitzung [23, 571] wurden von V. WARTHA einige sehr hübsche, fast wasserklare Kristalle der Kombination  $\infty 0 \infty$  und  $\infty 0$ , mit einer Kantenlänge von nahezu 1 cm vorgezeigt. Diese Kristalle sind am Kis-Svábhegy, im nördlichsten damals im Betrieb gestandenen Steinbruch, zwischen weißen Kalzit-Skalenoëdern aufgewachsen vorgekommen.

Mit den von V. WARTHA gesammelten Fluoriten befaßte sich später JOSEF v. SZABÓ [25, 48 und 26, 97.] in einem Vortrag und Aufsatz über die Fluoritfundorte Ungarns. Er erwähnt, daß V. WARTHA aus den Spalten des Orbitoidenkalksteins am Kis-Svábhegy, u. zw. aus größeren Tiefen, als wo bisher die Kalzit- und Barytkristalle gesammelt wurden, wasserklare, jedoch häufiger gelbliche Fluorithexaeder mitbrachte. Er betont, daß der Fluorit im Kalkstein, in Gesellschaft des Kalzits und des untergeordneteren Baryts, welche die Spalten des Kalksteines ausfüllen, in Bezug auf die Verhältnisse des Vorkommnisses zu den größten Seltenheiten gehört. Der Fluorit gesellt sich zu-

meist als Gangmineral verschiedenen Silikaten, und dem Baryt zu. Er erwähnt sodann, daß ihm bisher allein der weiße, kristallinische Kalkstein (Marmor)-Bruch bei Carrara als ähnlicher Fall bekannt war, wo in kleinen Hohlräumen des Marmors aufgewachsen, gleichfalls als große Seltenheit, wasserklare Fluoritkristalle vorgefunden werden. Er bemerkt, daß bei Carrara im Kalkstein außerdem auch kleine, wasserklare Quarzkristalle vorkommen.

Die von JOSEF v. SZABÓ zwischen den Kalksteinbrüchen vom Kis-Svábhegy und von Carrara erkannte Ähnlichkeit wurde durch HUGÓ v. BÖCKH noch mehr gerechtfertigt [29, 129.], welcher am Kis-Svábhegy, im SCHEER'schen Steinbruch, aus der Konglomerat-Schicht, welche den oberen Teil des Nummulitenkalkes bildet, ein kleineres Kalksteinfragment sammelte, auf dessen aufgewachsenen Kalzitskalenoëdern verstreut er kleine, wasserklare Quarzkriställchen entdeckte. Der Habitus dieser Kriställchen stimmt vollkommen mit demjenigen der Quarze von Carrara überein. Von ebendemselben Ort erwähnt H. v. BÖCKH auch noch einen gleichfalls dem Kalzit aufsitzenden, wasserklaren, blätterigtafeligen Gyps, wie ein solcher auch bei Carrara vorkommt. H. v. BÖCKH erwähnt nebenbei, daß den Forschern das stellenweise Auftreten der Kieselsäure im Budaer Gebirge schon früher bekannt war. Es kommen z. B. winzige Quarzkriställchen im Dolomit sporadisch vor. (Diesen ziemlich wichtigen Umstand finde ich hier das erstemal erwähnt.) In größeren Mengen tritt die Kieselsäure als Zellenquarz im Dolomit auf, ja sogar einzelne Dolomit- und Mergelschichten sind mitunter ziemlich verkieselte.

Mir selbst gelang es am Kis-Svábhegy außer dem Kalzit nur noch den Baryt zu sammeln. Mein Kollege v. MAROS brachte mir aus einem der Steinbrüche ein Exemplar des sog. «Zellenquarzes».

12. Die Erscheinung der Verkieselung wurde schon von K. HOFMANN [17, 35.) aus dem Lipótmező beschrieben, welche sich dortselbst neben dem Tal des Ördögárok, am eoänen Kalkstein und am Bryozoenmergel beobachten läßt. (In einer Höhe von ca. 180—200 m ü. d. M.).

13. Ebenderselbe erwähnt (ebendort) die Verkieselung des Materials eines im eoänen Kalkstein des Zugliget befindlichen, aufgelassenen Steinbruches, welcher in der Nähe des nach dem Wirtshaus zum «Fácán» führenden Weges gelegen ist.

14. Im Hárshegy Sandstein des Hárshegy kommen spärlich Barytkriställchen vor.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die erste Angabe hierüber findet sich in dem von Dr. FRANZ SCHAFARZIK für die Hörer am Polytechnikum verfaßten, als Manuskript zu betrachtenden Exkursions-Tagebuch.



15. Sehr interessant sind die am Mátyáshegy zu beobachtenden Spuren der alten Quellen. (In einer Höhe von ca 230—260 m). KARL HOFMANN [17, 33] giebt eine detailliertere Beschreibung der stellenweisen Verkieselung des hier anstehenden obereozänen Bryozoenmergels. Nach ihm sind die Mergel von zahlreichen Spalten durchdrungen, an welchen entlang sich eine Verkieselung des Gesteines bemerkbar macht. An solchen Stellen wurde das Kalkmaterial der Petrefakte gänzlich entfernt und die mergelige Gesteinmasse zu einem festen Zement verkieselt, auf welchen Säuren wirkungslos sind. Dieses Gestein bildet dort, wo es ursprünglich viele Petrefakte enthielt, eine lockere, schwammig poröse, zu Staub zerfallende Masse, wo es jedoch an Versteinerungen arm war, wurde es zu einem spröden, klingenden, dichten Material. Diese Gesteine besitzen in der Regel eine schneeweisse Farbe, werden aber durch das an der Oberfläche meist ausgeschiedene Eisenoxydhydrat rostbraun oder rötlich gefärbt. Diese verkieselten Mergel können als die ausgezeichnetsten Petrefaktenfundorte bezeichnet werden, da sich an den zurückgebliebenen Abdrücken selbst die feinsten Details der ausgelösten Schalen sehr deutlich beobachten lassen. Besonders interessant ist die Erscheinung, das sich die Schalen einzelner Muscheln, insbesondere diejenigen von *Pecten biaritzensis* an solchen Stellen in Kieselsäure verwandelt haben.

Diese Verkieselung ist auf ein verhältnismäßig kleines Gebiet beschränkt. Heute kann man die verkieselten eozänen Mergel am Eingang des weitest gegen Südost gelegenen Steinbruches gut beobachten. Am zerklüfteten Mergel, dessen Lage ziemlich stark gestört ist, zeigt sich die Verkieselung in sehr ungleichmäßiger Verteilung. An der Nordwestseite des Einganges kann vorerst ein ganz weisses, gegen W einfallendes, pulverförmiges Kieselsäuregebilde beobachtet werden, welches sehr gut mit demjenigen übereinstimmt, welches ich vom Kis-Gellérthege erwähnt habe. Es steht demselben auch in Bezug auf seine chemische Beschaffenheit sehr nahe, wovon man sich durch einen Vergleich der Analysen R. BALLÓ's (S. 258) überzeugen mag. Ober- und unterhalb desselben ist, wie es scheint, intakter Mergel vorhanden. Unweit davon macht sich jedoch abermals die Erscheinung der Verkieselung bemerkbar, indem z. T. schwammig-poröser, z. T. ein dichter verkieselter Mergel vorhanden ist. Dazwischen finden sich auch unverkieselte Partien vor. Im schwammig verkieselten Mergel sind, wie dies schon von HOFMANN festgestellt wurde, Abdrücke von Fossilien reichlich erhalten. Die Wände der Spalten, welche die Masse des eozänen Kalksteins und Bryozoenmergels am Mátyáshegy durchziehen, sind ganz so, wie am Kis-Svábhegy manchmal mit Baryt inkrustiert,

ja es kommen sogar ganze Barytgänge vor. Die Analogie zwischen dem Mátyáshegy und Kis-Svábhegy ist in jeder, also auch dieser Hinsicht augenfällig, so daß sich das dort gesagte größtenteils auch auf den Mátyáshegy beziehen läßt. Ich muß jedoch bemerken, daß bis jetzt weder Fluorit, noch Quarzkristalle am Mátyáshegy gefunden wurden.

16. Weiter nach Norden, unweit von Pilisborosjenő beobachtete ich in einem der am Ezüsthegy befindlichen Steinbrüche die Verkieselung des Hárshegyer Sandsteines, und fand dortselbst auch ein Barytkriställchen. Eine stellenweise Verkieselung des Hárshegyer Sandsteines kann auch am Fehérhegy beobachtet werden.

17. Süd-südwestlich vom westlichen Ende der Gemeinde Pomáz beobachtete ich am Plateau des Dachsteinkalkes in einigen kleinen Partien das Vorkommen eines schwammigen, stark limonitischen Quarzes (Höhe: 210 m ü. d. M.).

18. Laut Mitteilung Dr. AUREL LIFFAS kommen im Hárshegyer Sandstein des Nagy- und Kis-Somlyóhegy neben Leányvár Barytkristalle vor.

19. Nach LIFFA sind auch im Dachsteinkalk des Pollushegy Barytkristalle vorhanden.

20. Ein sehr interessantes Vorkommnis der Spuren alter Thermen ist schließlich außer dem Gebiet des heutigen Grundgebirges, auf der durch neogene Ablagerungen angeschütteten Ebene des Alföld gelegen. (In einer Höhe von ca. 125 m ü. d. M.) Neben Budapest-Rákos wurde gelegentlich der Legung des sog. «Königsgeleises» (eine Strecke des Bahngeleise-Deltas bei Rákos) ein tiefer Einschnitt in die Kalksteine der oberen mediterranen und der sarmatischen Stufe hineingebaut. Durch diesen Einschnitt wurden die Schichten der beiden Stufen sehr schön freigelegt, und es wurde zwischen den Schichten der sarmatischen Stufe eingelagert auch eine Opal-Chalzedonlinse vorgefunden. Obzwar dieser Aufschluß seinerzeit von mehreren unserer Fachleute durchforscht wurde, blieben uns leider dennoch keinerlei Angaben über dieses interessante Vorkommnis in der Literatur enthalten. Heute ist von dieser Opal- und Chalzedonlinse keine Spur mehr sichtbar. Von den seinerzeit dort gesammelten Stücken gelangte ein schönes Exemplar in das mineralogisch-geologische Institut des Polytechnikums. In neuerer Zeit publizierte M. E. VADÁSZ das, was er über diesen Gegenstand vom Hörensagen in Erfahrung bringen konnte [41, 258] und zeichnete auch das Opalvorkommnis in sein Profil ein. Nach diesen Angaben war die Opal-Chalzedonlinse zwischen die sarmatischen Schichten eingelagert, und besaß eine Mächtigkeit von 15—20 cm. Dieselbe enthält nach den



Untersuchungen Dr. I. LÖRENTHEYS keine Spuren organischer Reste, kann also, wie auch VADÁSZ bemerkt, nur thermalen Ursprunges sein. Am wahrscheinlichsten ist es also, daß die Opal-Chalzedonmasse von einer submarinen Therme über die älteren Schichten der sarmatischen Stufe abgelagert wurde, wonach abermals die ungestörte Ablagerung der sarmatischen Schichten einsetzte. Ich bemerke noch, daß die Kalkschichten der sarmatischen Stufe an dieser Stelle litorale Ablagerungen darstellen. Es ist also über alle Zweifel erhaben, daß die Tätigkeit dieser Kieselsäure ablagernden Therme auf den Zeitraum der sarmatischen Stufe entfiel.

21. Ich muß hier noch jenes Bergvorkommnis erwähnen, welches JOSEF SZABÓ [p. 109] aus dem Tunnel des Budaer Várhegy beschrieben hat. Nach SZABÓ kommt am westlichen Ende des Tunnels, im stark zerklüfteten Budaer Mergel ein plastischer Ton vor, welcher in Form einer im großen ganzen vertikalen Grenzfläche auftritt; es wurden darin Kalzite und freie Barytkristalle, unter letzteren einzelne Exemplare von ansehnlicher Größe gefunden. Dr. THOMAS v. SZONTAGH und Dr. KARL v. PAPP<sup>1</sup> sind der Meinung, daß die erwähnte «Grenzfläche» einer Verwerfung entspricht, an welcher entlang das Hinabsickern der Niederschlagswasser in viel gesteigerterem Maße vor sich gehen konnte, wodurch sich die Durchtränkung und Zerstörung der Wände des Tunnels erklären läßt.

Ebendort erwähnen die Autoren (p. 11) noch, daß im Nebendurchhau des Tunnels die Klüfte der zwischengelagerten Tonschichten durch ein trockenes, lockeres, stellenweise rotgefärbtes, im allgemeinen jedoch weißliches Material ausgefüllt sind, in welchem keine Spuren des Kalkes enthalten sind. Das Material ist tuffartig, kann jedoch trotzdem nicht als Tuff bezeichnet werden, da es unter dem Mikroskop keinerlei vulkanische Bestandteile zeigt, etc. Ich erachte es für zweifellos, daß auch das in Rede stehende Material nichts anderes, als ein Pendant der weiter oben von mehreren Stellen beschriebenen Tuffe ist.

### b) Kalktuffablagerungen.

Der Kalktuff ist im Gebiet des heutigen Budaer Gebirges in großen Mengen vorhanden. Derselbe kommt im allgemeinen in der Nähe der heutigen Thermen, jedoch überall beträchtlich höher, als die Austrittsstellen der heutigen Quellen vor. Nur sporadisch treten weiter im

<sup>1</sup> A budai várhegyi alagút hidrogeológiai viszonyai. Az alagút vizgálatára kiküldött bizottság jelentése. Separatdruck, Budapest, 1908. Manuskript.

Inneren des heutigen Gebirges einzelne gänzlich isolierte Kalktuffvorkommnisse auf (Lipótmező).

1. Im Süden befand sich einst am Gipfel des Gellérthegey in einer Höhe von 210—220 m ü. d. M. ein kleineres Kalktuffplateau, das ganze wurde jedoch schon in alten Zeiten abgetragen. Zu BEUDANTS Zeiten waren hier noch Steinbrüche im Kalktuff vorhanden. In einem Garten etwas weiter gegen Westen wurde ein mächtiger ungefähr hausgroßer Block desselben bis zum heutigen Tag erhalten. Noch weiter nach Westen stoßen wir am Abhang des Berges in einer Höhe von ca. 185 m abermals auf einen kleinen Rest des Kalktuffes. Eine detailliertere Beschreibung dieser Vorkommnisse finden wir bei JOSEF SZABÓ [20, 105].

2. Gegen Norden ist am Naphegy eine kleinere Kalktuff-Partie über den oligozänen Budaer Mergel gelagert. Heute stehen Häuser auf diesem Gebiet, so daß vom Kalktuff kaum mehr etwas zu beobachten ist. Nach JOSEF SZABÓ war der hier vorkommende Kalktuff einer der merkwürdigsten Pisolithfundorte, welche hier als freie Kügelchen und auch lose mit einander verwachsen reichlich vorhanden waren. In der Nähe des Fundortes der Pisolithe, namentlich an der Ostseite des Naphegy, unweit vom Gipfel, war der Kalkstein ganz locker, während derselbe in größerer Entfernung von dieser Stelle dicht und von kristallinischer Struktur war.

3. Ein sehr bemerkenswertes Vorkommnis des Kalktuffes ist weiter nach Norden das Plateau des Várhegy. Die Grundmasse des Berges wird vom oligozänen Budaer Mergel gebildet, auf diesem lagern die vollkommen horizontalen Bänke des Kalktuffes, welche das unmittelbare Fundament sämtlicher Gebäude des Várhegy liefern. Auch dieses Kalktuffplateau ist eine Ablagerung der im Pleistozän hervorbrechenden Thermen. An einer Stelle sind im unteren Teil des Kalktuffes prächtige Pisolithe vorzufinden. Dieses Vorkommnis ist schon seit langer Zeit bekannt, und wurde auch von verschiedenen Autoren beschrieben. Zuerst wurde es von J. S. KRENNER beschrieben [8, 462], nach welchem dieser Fundort im westlichen Teil des Várhegy, im Keller des Hauses Uri-utca Nr. 12 gelegen ist. Hier folgt über einen verwitterten Budaer Mergel ein Kalktuff von pisolithischer Struktur vor, dessen Mächtigkeit 4—5 Fuß beträgt. Die Größe der Pisolithe ist sehr verschieden; es kommen darunter sehr kleine und auch große (von 1·5—2·8 Zoll) vor.

Zu unterst sind die kleinen, weiter oben die größeren Pisolithe vorzufinden. Die einzelnen Schalen lassen sich leicht von einander trennen; das Material derselben ist konzentrisch um einzelne Quarzkörner oder Splitter eines körnigen Kalktuffes abgelagert. Ihre Dich-



tigkeit ist 2·876, ihre Härte übertrifft ein wenig den dritten Härtegrad. Die chemische Beschaffenheit derselben ist nach den Untersuchungen KRENNERS folgende:

Kohlensaurer Kalk	96·611
Kohlensaure Magnesia	1·463
Kieselsäure (lösliche)	0·732
Kieselsäure (unlösliche)	0·382
Aluminiumoxyd	0·306
Eisenoxyd	0·260
Wasser	0·053
Eisenoxydul	Spuren
Zusammen	99·807

KRENNER und auch SZABÓ versuchten mit Hilfe der Spektralanalyse Baryum oder Strontium nachzuweisen, jedoch ohne Erfolg.

Erheblich später wurde sodann ebendasselbe Vorkommnis von Dr. F. SCHAFARZIK [21, 99] im Földtani Közlöny besprochen. Nach seiner Beschreibung ist im Keller des Hauses Disztér Nr. 11 folgendes Profil zu beobachten:

1. Unten gegen SSW einfallender Budaer Mergel.

2. Pisolithlager in einer Mächtigkeit von 0·73 m.

3. Oben Kalktuff in einer Mächtigkeit von 4·49 m. Nach SCHAFARZIK bildet das Pisolithlager eine Ellipse, deren längerer Durchmesser ungefähr 80 m, der kürzere ca. 40 m beträgt. Die Zusammenschumpfung und Auskeilung des Pisolithlagers nach den verschiedenen Richtungen konnte er in den Kellern der benachbarten Häuser sehr gut konstatieren. Die mehr oder minder regelmäßigen Kugeln sind entweder in eine aus mohngroßen Körnern bestehende, oolithische Grundmasse eingebettet, oder aber es sind Kugeln von der Größe eines Hühnereies unmittelbar miteinander verklebt, wodurch ein prächtig schönes, ungewein zähes Gestein entsteht. Aus dem loserem Material kommen wahrhaftige Riesen zum Vorschein; die größte Kugel besitzt einen Durchmesser von nicht weniger als 5 Zoll. Im Inneren einiger größerer Kugeln fand SCHAFARZIK Fragmente des Budaer Mergels als Kerne vor. Er schließt mit folgender interessanten Bemerkung: Wenn man bedenkt, daß das Gewicht des größten Exemplars ein Kilogramm erreichen mag, kann man sich vorstellen, mit welcher Gewalt die einstige Quelle hervorbrechen mußte, um sogar noch Körper von solchem ansehnlichen Gewicht in eine rotierende Bewegung versetzen zu können.

In dem nach der Vorlesung erfolgten Gedankenaustausch gab

JOSEF SZABÓ der Ansicht Ausdruck, daß immer nur die untere Schicht des Kalktuffes pisolithisch sei (was jedoch meiner Überzeugung nach auf einem Irrtum beruht). Ebendort steht auch die Bemerkung zu lesen, daß die von J. KRENNER aus dem Keller des Hauses Úri-utcza Nr. 12, und von Gy. PALKOVICS aus demjenigen des Hauses Úri-utcza Nr. 18 beschriebenen, respektive mitgebrachten Pisolithe mit den von SCHAFARZIK beschriebenen ident sind, ein Umstand, dessen Erklärung darin liegt, daß die Benennungen und die Nummerierung der Gassen im Laufe der Zeiten umgeändert wurden. Was die Bemerkung anbelangt, daß im Keller des Hauses nach der Behauptung des Besitzers ein warmer Brunnen vorhanden wäre, welcher jedoch abgesperrt ist, so müssen wir dieser Möglichkeit einige Zweifel entgegnetragen, jedenfalls wäre es aber angezeigt, diese Sache näher zu untersuchen.

Die durchschnittliche Höhe des Kalktuffplateaus des Várhegy beträgt 170 m ü. d. M.

4. Eine kleinere Kalktuffpartie befindet sich neben dem Tal des Ördögárok, bei der großen Ziegelfabrik, wo der Kalktuff auf den Kisczeller Tegel gelagert ist. Höhe derselben ca. 140—150 m ü. d. M.

5. Etwas gegen Norden vom soeben erwähnten ist auch am Rókushegy ein kleineres Kalktuffvorkommnis, u. zw. gleichfalls über Kisczeller Tegel, vorhanden.

6. Nördwestlich von diesem, am SW-Abhang des Ferenczhegy ist ein kleineres Vorkommnis des Kalktuffes in einer Höhe von ca. 230—250 m vorzufinden. Von letzterem sind jedoch heute nur mehr geringe Überreste zu sehen.

7. Östlich von hier stoßen wir am Józsefhegy in einer Höhe von 232 m abermals auf Kalktuff. Wahrscheinlich entspricht dieser Punkt der pleistozänen Austrittsstelle der alten Thermen des Császár- und Lukácsfürdő.

8. Etwas weiter gegen Norden gelangen wir auf das Plateau von Kisczell. Hier ist der sanft gegen SE einfallende oligozäne Kisczeller Tegel durch eine kleine Erosionsfläche abgeschnitten, auf welche Schotter, Sand und glimmeriger Lehm (wahrscheinlich ein pleistozänes Anschwemmungsmaterial der Donau) gelagert sind; darüber folgt sodann der im großen ganzen horizontal geschichtete Kalktuff. In den alten, heute verlassenen Steinbrüchen ist der Kalktuff in vorzüglicher Weise erschlossen, dessen dünnere und dickere, weichere und dichtere, festere Bänke wiederholt miteinander abwechseln, ja sogar stellenweise in einen gänzlich lockeren Kalkschlamm übergehen. In den Kalktuffschichten sind sehr viele eozäne Kalksteingerölle eingeschlossen, welche zu einen vollkommen festen Konglomerat verkittet sind. Es ist dies



offenbar nichts anderes, als jener Schuttkegel, welcher durch die im Pleistozän vom Abhang des Berges zeitweise herabstürmenden Wildbäche in den durch die hervorbrechenden Thermen zustande gebrachten kleinen Teich oder Sumpf vorgeschoben wurde. Insbesondere die erwähnte lockere Tuffschichte enthält fossile Schnecken in Fülle, welche von A. KOCH [33] und später von TH. KORMOS<sup>1</sup> beschrieben wurden. Einzelne Schichten lassen durch Tuff inkrustierte, einstige *Chara*-arten erkennen. Außerdem kommen hier auch noch interessante Reste pleistozäner Säugetiere vor, so z. B.: *Elephas primigenius* BLB., *Rhinoceros antiquitatis* BLB., *Emys orbicularis* L. etc. Es erleidet also keinen Zweifel, daß das abfließende Wasser der hier einst hervorbrechenden Thermen einen kleinen, warmen Sumpf oder Tümpel bildete, in welchem eine große Anzahl von Wasserschnecken (*Bythinia*, *Lymnaea Planorbis* etc.) und Wasserpflanzen (*Chara*, *Schilf*, *Rohr*) lebte; doch auch die Reste verschiedener Landtiere (wie Schalen von Landschnecken und Wirbeltierknochen) gerieten außerdem hinein. Sehr interessant sind die letzteren. Die Tiere kamen, wie es scheint, hieher, um ihren Durst zu stillen, bei welcher Gelegenheit mehrere Exemplare an dieser Stelle umkamen; ihre Knochen wurden sodann allmählich durch den sich fortwährend ablagernden Kalktuff überzogen [8, 465 und F. SCHAFARZIK].<sup>2</sup>

Ein besonderes Interesse verleiht dem Kisczeller Plateau auch der Umstand, daß hier durch die im Laufe der Zeiten sukzessive fortschreitenden Arbeiten in den Steinbrüchen mehrere prächtige Ausflußkegel alter Quellen freigelegt wurden. Einer derselben ist auch heute noch im südlichen Teil des Plateaus, oberhalb der Ziegelei gut sichtbar. Die halbkugelförmig übereinander gelagerten Kugelschalen sind durchschnittlich 2—5 Finger dick, und bestanden ursprünglich aus Aragonit, haben sich jedoch seither in Kalzit verwandelt; sie enthalten in einzelnen Nestern prächtige Pisolithe. Ein hier gesammeltes sehr schönes Pisolithexemplar befindet sich in der mineralogisch-geologischen Sammlung des Polytechnikums. Das häufigere Vorkommen der Pisolithe ist nach JOSEF SZABÓ hauptsächlich auf den nördlichen Teil des Plateaus beschränkt. Eine ausführliche Beschreibung des in Rede stehenden Vorkommnisses finden wir bei JOSEF SZABÓ [20] und ANTON KOCH [33]. Durchschnittliche Höhe des Plateaus 140—160 m ü. d. M.

9. Neben dem Kirchhof von Óbuda, in der Nähe der Donatuskapelle, befindet sich ein gleichfalls auf den Kisczeller Tegel

<sup>1</sup> Földtani Közlöny, Bd. 39, 1909, p. 541 und 599.

<sup>2</sup> Siehe: Dr. F. SCHAFARZIK, Geologisches Exkursions-Tagebuch für die Hörer des Polytechnikum: «Geologiai kirándulás Budaujlakra és a Mátyáshegyre.» Als Manuskript.

gelagertes, kleineres Kalktuffvorkommnis, in einer Höhe von ca. 140—160 m. Darüber lagert stellenweise ein Gerölle enthaltender Löß. Wahrscheinlich war dies die alte, pleistozäne Ausflußstelle der nahe gelegenen «Kerécsárda» Quelle.

10. Im Inneren des Gebirges befindet sich das Kalktuffvorkommnis vom Lipótmező, welches in der zwischen dem Hárshegy und dem Vadaskert gelegenen, hinabgesunkenen Bucht, im Tal des Ördögárok über den Kisczeller Tegel gelagert ist. Höhe: 200—250 m ü. d. M.

11. Das Kalktuffplateau des Aranyhegy bei Üröm ist schon jenseits des gesunkenen Gebietes von Vörösvár gelegen. Der horizontal geschichtete, hauptsächlich von dickeren Bänken aufgebaute dichte Kalktuff lagert auch hier über dem Kisczeller Tegel. Höhe seiner Oberfläche: 180—192 m ü. d. M. Das Gestein dieses Plateaus wurde wie es scheint, schon von den Römern gebrochen (Koch [16]).

12. Auch am Csillaghegy, dem östlichen Teil des Péterhegy, finden wir in einer Höhe von ca 180—200 m ü. d. M. eine Kalktuffpartie von geringerer Ausdehnung. Dieser Punkt dürfte als die alte, pleistozäne Ausflußstelle der heutigen Quelle des Csillaghegy zu betrachten sein.

13. Am Rókahegy bei Üröm befindet sich, gleichfalls über dem Kisczeller Tegel, ein kleines Kalktuffplateau, in einer Höhe von ca. 200—221 m ü. d. M. Nach ANTON KOCH [16] ist zwischen den beiden Ablagerungen ein gelber Sand zu beobachten, welcher zweifelsohne genau so, wie auch der am Plateau von Kisczell unter ähnlichen Verhältnissen vorkommende Sand, Schotter und Lehm für das angeschwemmte Material der alten, pleistozänen Donau anzusehen ist.

14. Das Plateau des Ezüsthegy-Kapellenhut bei Budakalász besteht gleichfalls aus Kalktuff. Höhe: 180—226 m ü. d. M. Darunter ist der Sand, Sandstein und Lehm der untermediterranen Stufe gelegen. Auch hier befindet sich, wie es scheint, zwischen den beiden Ablagerungen eine dünne Schotterlage, welche jedoch nicht gut erschlossen ist. Wir haben in diesem Material mit meinem Kollegen v. MAROS Gerölle von Quarz, Dachsteinkalk, eozänem Kalkstein und Hárshegyer Sandstein vorgefunden. Ohne Zweifel haben wir es auch hier mit der pleistozänen Donauterrasse zu tun. Im westlichen Teil des Vorkommnisses ist der Kalktuff in großen Steinbrüchen gut erschlossen. An einer Stelle konnten wir einen Quellenausflußkegel beobachten, welcher Pisolithe enthielt. Weiter gegen Westen sind noch zwei kleinere Kalktuffpartien in einer Höhe von 200 und 220 m ü. d. M. vorhanden.

15. Interessant ist das Kalktuffvorkommnis am Monatóvácbérg



bei Budakalász. Der Monatováberg selbst besteht aus unteroligozänem Hárshgyer Sandstein, dessen grobe, undeutlich wahrnehmbare Bänke unter einem Winkel von ca.  $50-55^\circ$  nach Nordost einfallen. Gegen NE wird jedoch der Verbreitung desselben durch einen von NW nach SE verlaufenden Bruch ein plötzliches Ende bereitet, an welchem entlang der Hárshgyer Sandstein in die Tiefe gesunken ist, wodurch sich auch die erhebliche Steile des Bergabhanges erklären läßt. Zu Füßen der steilen Berglehne erstreckt sich eine kleine Hochebene weiter nach NE, welche schon dem Plateau des Kalktuffes entspricht. Der Kalktuff endete gegen NE schon ursprünglich in steilen, zerrissenen Wänden, was durch die intensiven Arbeiten in den Steinbrüchen nur noch auffälliger hervorgehoben wurde. Darunter lagert, wie dies schon von A. Koch betont wurde [16], zweifelsohne der Kisczeller Tegel. Seine horizontalen Schichten liefern ein ausgezeichnetes Material für die Steinbrüche, aus welchen hauptsächlich Werksteine für Monumentalbauten in Budapest gewonnen werden. Die Höhe der Oberfläche des Kalktuffplateaus beträgt ungefähr 220—240 m ü. d. M.

16. Das nördlichste Vorkommen endlich ist eine Kalktuffpartie in der Gegend des sogenannten Majdán-Polje neben Pomáz. Im westlichen Teil dieses Gebietes befindet sich eine Scholle des Dachsteinkalkes, welche plötzlich durch eine von NE nach SW verlaufende Verwerfung abgebrochen wird, und ihren Platz dem ruckweise herabgesunkenen Kisczeller Tegel überläßt, welcher etwas weiter nach Osten ein größeres Gebiet beherrscht. Der Kalktuff beginnt genau an der Bruchlinie, derselbe erstreckt sich oberhalb des Kisczeller Tegels als 5—10 m mächtige Decke nach Osten, und bildet die oberste Lage des Plateaus. Höhe desselben 190—200 m ü. d. M. Die Schichten des Kalktuffes, welche z. T. locker sind, z. T. dichte, harte Bänke bilden, zeigen eine horizontale Lagerung; die härteren Bänke desselben werden in einem großen Steinbruch abgebaut und zu Treppenstufen und Dekorationen verschiedener Art verarbeitet. Im Steinbruch ist der Kalktuff in einer Mächtigkeit von 5—6 m freigelegt. Die Thermalquelle, welche den Kalktuff abgelagert hatte, bediente sich beim Aufsteigen wahrscheinlich der zwischen dem Dachsteinkalk und dem Kisczeller Tegel vorhandenen Bruchfläche, benützte aber vermutlich auch noch andere, mit dieser parallel verlaufende, jedoch unerforschte Brüche.

Ich muß hier noch erwähnen, daß ich oberhalb des Kisczeller Tegels und unter dem Kalktuff auch hier eine Schotterlage konstatieren konnte. Am besten ist dieser Schotter am Nordrand des Plateaus, an jenem Feldweg wahrzunehmen, welcher aus der Gemeinde Pomáz auf das Plateau hinauf, zu den Steinbrüchen führt. Hier konnte ich hasel-

nuß-, nuß-, ja sogar faustgroße Quarzgerölle von verschiedenen Farben in einer Mächtigkeit von vielleicht 1 m konstatieren; Gerölle anderer Gesteine, namentlich die wichtigen Andesitgerölle habe ich jedoch nicht gefunden. Nach der Analogie der übrigen Vorkommnisse muß auch dieses als pleistozäne Donauterrasse gedeutet werden. Ich kann jedoch den Verdacht nicht verschweigen, daß dieser Schotter einen hier zurückgebliebenen, von der Erosion nicht fortgeschafften Rest des untermediterranen Schichtenkomplexes darstellen dürfte. Gegen Norden, z. B. am Meszáliahegy, ist nämlich der sandig-schotterige Schichtenkomplex des unteren Mediterran in beträchtlichem Maße entwickelt.

17. Széchenyihegy. Zum Schluß will ich das Vorkommnis am Plateau des Széchenyihegy, dessen Typus von demjenigen der übrigen Kalksteine absticht, separat behandeln. Dieser Süßwasserkalk unterscheidet sich von den früher erwähnten auch bezüglich seines Materials, vor allem jedoch darin, daß er in einem beträchtlich höheren Niveau als die übrigen vorkommt. Während die früher besprochenen zwischen den Höhen von 140—250 m ü. d. M. anzutreffen sind, kommen die Kalksteine des Széchenyihegy in einer Höhe von 400—455 m vor.

Die Masse des Széchenyihegy besteht aus zerklüfteten Schollen des Trias-Dolomits, eozänen Kalksteines und Mergels, über welchen nahezu horizontal die Gebilde der pannonischen (pontischen) Stufe: Schotter, Konglomerat, Sand und Sandstein gelagert sind, während in dem weiter gegen Westen gelegenen Teil des Gebirges ein blaugrauer Tegel vorherrscht. Diese Schichten sind im allgemeinen fossilieer, aus einem Teil derselben ist es jedoch seinerzeit noch KARL HOFMANN gelungen für die pannonische (pontische) Stufe charakteristische Schnecken zu sammeln, überdies kam aus dem hiesigen Sandstein in noch früheren Zeiten der Kiefer eines *Aceratherium incisivum* zum Vorschein, durch welchen das Alter dieses Gebildes genau bezeichnet wird. Über diesen Schichten lagert sodann der in Rede stehende bräunlichgraue, bitumenöse Süßwasserkalk, welcher jedoch, wie es scheint, überall nur eine geringe Mächtigkeit besitzt. Einen guten Aufschluß konnte ich nirgends beobachten, nur einzelne verstreute Stücke dieses Gesteins finden sich an der Oberfläche des Plateaus. Seine Fossilien sind nach TH. FUCHS *Limnaea* sp., *Planorbis* sp. und *Helix Reinensis* GOBANZ. Diese Ablagerung gehört nach der Ansicht einzelner Fachleute noch zur pannonischen (pontischen) Stufe, andere jedoch halten dieselbe für levantinisch. Dr. LUDWIG v. LÓCZY äußerte sich gelegentlich dahin, daß der Süßwasserkalk des Széchenyihegy gleichfalls thermalen Ursprunges sein dürfte, in welchem Fall wir es mit der Ablagerung der zur Zeit der präpleistozänen Stufen hier tätig gewesenen Thermen, oder richtiger



lauwarmen Quellen zutun hätten. Mit anderen Worten wären also die Thermen zur Zeit der pannonischen, respektive levantinischen Stufe in einem noch höheren Niveau hervorgebrochen, und wären ebendieselben im Pleistozän zu einem tieferen Horizont herabgestiegen.

Meinerseits habe ich auch diese Frage einer genauen Prüfung unterworfen, ich gelangte jedoch zu dem Resultat, daß zwischen dem Süßwasserkalk des Széchenyihegy und den alten Thermen keinerlei Zusammenhang bestehen kann. Dieser sehr stark bitumenöse Kalkstein von großer Flächenausdehnung, jedoch geringer Mächtigkeit ist meiner Ansicht nach ein gegen Ende der pannonischen (pontischen) Stufe entstandenes Sumpfwassergebilde, welches sich in dem nach dem Rückzug des Binnensees hier zurückgebliebenen kleinen, sumpftartigen stagnierenden Wasser abgelagert hatte. Hiefür spricht auch die stellenweise zu beobachtende, vollkommen seekreideähnliche Beschaffenheit dieses Kalksteines (z. B. in den kleinen Steinbrüchen im oberen Teil des in der Richtung nach dem Németsölgyer Friedhof mündenden Tales), ferner auch der Umstand, daß derselbe nirgends den Charakter des echten Kalktuffes zeigt.

★

Wenn wir nun in außerhalb des Bereiches der Budaer Gebirge, aber noch ziemlich nahe gelegenen Gebieten nach ähnlichen Thermal-Ablagerungen suchen, so erfahren wir alsbald, daß solche überhaupt nicht zu den Seltenheiten gehören. So findet man bei Epöl, Mogyorós, Lábatlan, Piszke, in der Umgebung von Dunaszentmiklós, dann neben Baj, Szöllös und Tata kleinere und größere Kalktuff-Vorkommnisse. Die zuletzt erwähnten wurden, — obzwar dieselben nicht strikte zu meinem Gegenstand gehören, da sie außerhalb des Gebietes der Budaer Gebirge gelegen sind, — hauptsächlich der Vollständigkeit wegen, und mit der Absicht ein einheitliches Bild darzustellen, hier aufgezählt und in meiner Karte veranschaulicht. Ich bemerke hier, daß ich die zuletzt angeführten Kalktuffpartien nach den Original-Aufnahmen Dr. A. LIFFA's in meine Karte übertragen durfte, eine Gefälligkeit, für welche ich Ihm auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank sage. Auf Grund einer gleichfalls von Ihm herstammenden, mündlichen Mitteilung erwähne ich es, daß heute bei Dunaalmás, unmittelbar am Ufer der Donau zwei Thermen hervorbrechen, deren Temperatur 22 C° beträgt. Es ist klar, daß auch im Pleistozän eben dieselben Thermen etwas weiter gegen Süden und in einem höheren Niveau tätig waren, wodurch die großen Kalktuff-Ablagerungen zustande gekommen sind. Des weiteren quillt nach LIFFA gegenwärtig eine 20 C°-ige Therme

in Esztergom, ebenfalls nahe zur Donau hervor, am Fuß des Berges, auf welchem die Basilika steht. Außerdem wurde ebendasselbst auch ein Brunnen gebohrt, dessen Wasser gleichfalls eine Temperatur von 20 C° besitzt. In der Umgebung von Esztergom sind jedoch ältere Kalktuffablagerungen nicht vorhanden. Längst bekannt sind die prächtigen Thermen von Tata, welche wirklich sehenswürdige Objekte der Natur darstellen. Namentlich ist es die prächtige Quelle im gräflich ESZTERHÁZY'schen Park, welche auf jeden Naturfreund einen wahrhaft berückenden Eindruck macht. Außerdem befinden sich noch Quellen neben der Straße von Tóváros, und südwestlich von großen See. Es erleidet keinen Zweifel, daß die Thermen auch hier durch jene Spalten emporsteigen, welche parallel mit den die isolierte mesozoische Gebirgsscholle von Tata durchziehenden Brücken im Untergrund verlaufen, und durch die darübergelagerten jüngeren (pannonischen) Schichten verdeckt sind. Die mächtigen Kalktuffablagerungen sind pleistozäne Rückstände dieser Quellen.

Auch Kieselsäure ablagernde Thermen waren in der Nähe tätig. Kieselsäure Ablagerungen finden wir im Granitgebirge von Velence, wo die Quarzgänge einzelne Spalten ausfüllen, und sich mitunter weit, bis auf Entfernungen von mehreren hundert Metern verfolgen lassen. Bemerkenswertere Vorkommnisse befinden sich am Grat des Meleghegy, weiter im Süden in der Umgebung von Sukoró, und NE-lich von Nadap am Templom-hegy. Das vorherrschende Streichen der Schichten ist NW—SE. Das Material derselben wird zu Mühlsteinen verwendet.<sup>1</sup> Das Material der östlich vom Meleghegy gelegenen kleineren Gebirgsschollen ist gänzlich mit Quarz imprägniert. Ferner konnte ich auch am Somlyó-hegy bei Polgárdi Ausscheidungen von Kieselsäure beobachten. Hier konnte ich an einer gut wahrnehmbaren N—S-lichen Spalte des paläozoischen kristallinen Kalksteines entlang die Verkieselung des Kalksteines und eine grauliche chalzedonartige Kieselsäureablagerung konstatieren.

Außerdem scheint die Ausscheidung von Kieselsäure auch im Gebiet des Vértes-Gebirges keine Seltenheit zu sein. In der Umgebung von Csákberény besteht der Gipfel des Likaskő genannten Dolomüfelsens aus bräunlich gefärbter, limonitischer Kieselsäure. Etwas weiter gegen Norden hiervon, am Ostabhang des «Öregszőlő-hegy» beobachtete ich zwei ganz ähnliche, bräunlich gefärbte, limoni-

<sup>1</sup> Die erste und bisher einzige Erwähnung hierüber ist in dem für das Auditorium des Polytechnikums verfaßten geologischen Exkursions-Tagebuch von Dr. F. SCHAFARZIK, betitelt: «Geologiai kirándulás a Velencei-hegységbe, Fehérmegyében.» enthalten. Manuskript.



tische Quarzgänge beobachten, welche als widerstandsfähigere Gesteine aus dem zerstäubenden Dolomit ein wenig hervorspringen. Ihr Streichen ist ein NW—SE-liches. Außerdem sind auch noch an mehreren anderen Stellen ähnliche Kieselsäureablagerungen vorhanden.

Den verkieselten Mergeln des Nagy-Gellérthegey in Budapest vollkommen ähnliche beschreibt E. VADÁSZ aus den am linken Donauufer gelegenen Gebirgsschollen von Csóvár-Nézsza, in den Mitteilungen aus dem Jahrbuch der kgl. ung. Geologischen Reichsanstalt, Bd. XVIII., Heft 2., p. 162 (64). Auch diese Mergel wurden durch kieselsäurehaltige Thermen nachträglich umgestaltet.

Auch von zahlreichen anderen Stellen Ungarns sind uns die Spuren der Tätigkeit alter Thermen bekannt, welche jedoch bisher noch nicht studiert worden sind. So sind z. B. jene Thermal-Ablagerungen längs bekannt, welche den Liparit-Andesit-Zug von Eperjes-Tokaj begleiten; es sind dies hauptsächlich Geysirite, Ablagerungen eines opalartigen Materials, etc. Ähnliche Gebilde wurden auch aus dem Ungarischen Erzgebirge, z. B. aus der Gegend von Körmőczbánya, aus dem Mátra-Gebirge, etc. erwähnt.

Desgleichen findet man auch im Westen des Komitates Krassó-Szörény in der Umgebung der Granodiorit-Dazit-Eruptionen zahlreiche Ablagerungen, welche auf die Tätigkeit von Thermalquellen hindeuten. Kieselsaure Ablagerungen und Ausscheidungen von Fluorit kommen hauptsächlich in der Umgebung von Ujmoldova vor. Eine Reihe ähnlicher kieselsaurer Ablagerungen, vor allem jedoch die Verkieselung einer mächtigen Zone des Kalksteines zeigt sich uns nördlich von Ujmoldova, in der Umgegend von Szenesfalva, Havas Mária, und weiter bei Oravicza-Csiklovabánya. An sämtlichen genannten Stellen war die Tätigkeit der Thermen mit den alten vulkanischen Ausbrüchen eng verbunden, sie beschränkte sich auf die Umgebung der letzteren, stellte also zweifelsohne eine postvulkanische Erscheinung dar.

Einen etwas abweichenden Charakter zeigen die im nördlichen Teil des Komitates Krassó-Szörény, in der Umgegend der Ortschaften Krivina und Petrosza vorkommenden Kieselsäureablagerungen. Hier ist eine gelbe, oder gelblichbraun gefärbte, dichte, mitunter poröse Kieselsäureablagerung (Quellenquarzit) anzutreffen, welche über dem alten, zur Devon- oder Karbon-Formation gehörigen serizitischen Tonschiefer Quarzitschiefer, Kalkstein und Dolomit ausgedehnte Partien und Decken bildet, in welchen stellenweise Schnüre und Nester von Mangnerzen vorkommen. An einzelnen Stellen ist eine hochgradige Metamorphisierung, Verkieselung des alten Kalksteines zu beobachten. Vermutlich dürften auch die vereinzelt schwachen Limonit-Vorkomm-

nisse auf die Tätigkeit dieser Quellen zurückzuführen sein. Auf diesem Gebiet ist kein Eruptivgestein vorhanden, nur nördlich davon, jenseits der Gemeinde Petrosza tritt Andesit auf, mit welchem die in Rede stehende Kieselsäureablagerung vielleicht in genetischem Zusammenhang stehen dürfte.

Wenn man im Ausland nach Analogien der Budapester Thermen, und der in ihrer Umgebung vorkommenden, auf die Tätigkeit alter Thermen hindeutenden Ablagerungen sucht, findet man deren mehrere. Auf die zwischen den Quellen der niederösterreichischen «Thermenlinie» und unseren Quellen vorhandene Ähnlichkeit habe ich schon an entsprechender Stelle hingewiesen (siehe p. 210). Höchst interessant und bemerkenswert ist es, daß unsere Thermen den Quellen des französischen Zentralplateaus, insbesondere aber die hiesigen alten Quellen-Ablagerungen denjenigen Frankreichs ähnlich sind. Die Quellen des französischen Zentralplateaus und die sonstigen damit in Zusammenhang gebrachten Erscheinungen wurden zuerst von VOISIN,<sup>1</sup> dann zum Teil auf Grund seiner Arbeiten von F. E. SUSS beschrieben [32]. Nach ihrer Ansicht treten die heuligen Thermen an jenen Bruchlinien zutage, welche die Grenze zwischen dem alten Grundgebirge, und den versunkenen, durch jüngere tertiäre Ablagerungen angeschütteten, gegenwärtig ebenen Gebieten abgeben, namentlich an solchen Stellen, wo der Hauptbruch durch Querbrüche durchkreuzt wird. Die Tätigkeit dieser Thermen läßt sich mit derjenigen der Vulkane der Auvergne und Velay in Zusammenhang bringen, welche in der Treffungslinie, (Schaarung), der Gebirgssysteme von Variscus und Armorica zur Eruption gelangten. Die berühmteste Quelle, diejenige von Vichy bricht an einer Querspalte hervor, welche die Hauptbruchlinie in WNW—ESE-licher Richtung durchkreuzt. Gegenwärtig wird von der Quelle ein aus großen Massen des Aragonits bestehender Kalktuff abgelagert, welcher hauptsächlich die erwähnte Querspalte ausfüllend vorkommt, und «Cölestin-Gang» genannt wird.

Diese Querspalte gegen ESE weiter verfolgend, trifft man auf eine Geysirablagerung, welche wahrscheinlich dem pliozänen Zeitalter angehört. In ihrem weiteren Verlauf können wir einen Fluorit und Baryt führenden Quarzgang konstatieren; in derselben Richtung weiter vordringend stoßen wir schließlich auf die Basalteruption des Mt. Peiroux. Wenn wir uns diese Linie auch in WNW-licher Richtung verlängert vorstellen, so finden wir jenseits des

<sup>1</sup> VOISIN: Mem. sur les Sources Minerales de Vichy et les Environs. Annales des Mines. Paris 7. éme Série, 1879, Tome XVI.



herabgesunkenen Gebietes, am jenseitigen Saum des Grundgebirges die kohlen-saure Therme von Jensat, welche zweifelsohne gleichfalls mit dieser Spalte in Verbindung steht.

Die nördlich von Vichy gelegenen Quellengruppen werden mit Spalten in Beziehung gebracht, welche mit dem früher genannten Cölestingang parallel verlaufen. Diese Spalten durchschneiden die Gesteine des Karbons und den Porphyry, und sind durch ihren Reichtum an Fluoritkristallen charakterisiert. Die heute dort hervorbrechenden Quellen enthalten verhältnismäßig viel Fluor, es liegt also auf der Hand, daß die Quellen die an Fluorit reichen Ablagerungen zur Zeit ihrer früheren Tätigkeit abgesetzt hatten.

VOISIN beschreibt außerdem aus dieser Gegend noch mehrere eigentümliche Gebilde, welche er als alte, miozäne Geysirablagerungen erkannte. So wird z. B. nach ihm der in den untersten Schichten der Binnenseeablagerungen der Limagne vorkommende, aus Quarz- und Feldspatkörnern bestehende Sand durch ein kieselsaures, mitunter jedoch nur kalkiges Zement thermalen Ursprunges verbunden. Außerdem betrachtet er noch ein merkwürdiges, kalkiges, oolithisches Gestein, welches in verschiedenen Horizonten vorkommt, als eine Ablagerung von Thermalquellen. Neben Vichy zeigt der Süßwasserkalk Eigenschaften, welche von den gewöhnlichen abweichen: er besitzt häufig eine oolithische Struktur, oder enthält kieselsaure Konkretionen, und ist zu meist durch Eisenoxyd rot gefärbt.

Eine andere ausländische Quellengruppe, bei welcher die Spuren der früheren Tätigkeit an die Budapester alten Thermalspuren erinnern, ist diejenige von Teplitz (Böhmen). Die Spuren der alten Thermen von Teplitz, die Entstehung von Baryt und kieselsauren Ablagerungen (Hornstein) wurden von F. E. SUESS [32] beschrieben.

Nach seiner Auffassung lagern auf dem Porphyrmassiv, aus dessen Spalten heute die Thermen hervorbrechen, cenomane Konglomerate und Sandsteine, deren Körner durch ein Zement aus Hornstein verbunden sind. Sowohl im Hornstein, als auch in den Hohlräumen des Konglomerates sind Barytkristalle in großer Anzahl vorzufinden. Nach SUESS sind dies Ablagerungen des warmen Wassers. Das Zustandekommen derselben kann man sich folgendermaßen vorstellen:

Vormals waren sowohl das Porphyrmassiv, als auch die darüber gelagerten cenomanen Konglomerate, Sandsteine, und der senone Pläner-Kalkstein durch die mächtige, wasserdichte Decke der tertiären Schichten verdeckt. Die alten Thermen, welche durch die Spalten des Porphyrs emporstiegen, erfüllten also die Hohlräume des unterhalb der wasserabsperrenden tertiären Schichten befindlichen Konglomera-

tes und Sandsteines. Hier, in den Hohlräumen und Lücken konnte die Ablagerung der Minerale aus dem Thermalwasser, dessen Bewegung verhältnismäßig ruhig geworden, leichter vor sich gehen. Diesem Prozeß wurde noch durch das Hinzusickern des atmosphärischen Wasser Vorschub geleistet, wodurch ein Sinken der Temperatur, und dementsprechend eine leichtere Abscheidung des schwer löslichen Baryumsulfats verursacht wurde. Dort, wo über dem Porphyrt der Pläner-Kalkstein folgt, befindet sich an der Grenze der beiden eine schmale, rotbraune, gebänderte Hornsteinablagerung, welche gleichfalls einen Thermal-Rückstand darstellt. Gegenwärtig sind die Schichten der wasserdichten tertiären Decke, und zum Teil auch die Ablagerungen der Kreideperiode durch die Erosion fortgeschafft, der Porphyrt taucht an die Oberfläche herauf, so daß heute die Thermen aus den Spalten des letzteren in einem verhältnismäßig tiefen Niveau hervortreten können.



### III. Skizze der Entwicklungsgeschichte der Thermalquellen von Buda.

Wenn wir annehmen, daß die heutigen warmen Quellen von Budapest Thermalwasser gemischten Charakters liefern, in welchen dem juvenilen Element eine bedeutende Rolle zukommt, so können wir es schon a priori voraussetzen, daß die besprochenen Thermalablagerungen juvenilen Ursprunges, respektive die Thermen, welche dieselben in früheren Zeiten abgelagert hatten, nicht die Rolle einer vollkommen fremden Erscheinung spielen können, welche mit unseren heutigen Thermen überhaupt nichts zu tun gehabt hätten. Im Gegenteil dürfen wir die heutigen Thermen — trotzdem sich ihr Charakter mehr oder minder verändert hatte, — dennoch für direkte Abkömmlinge der Alten ansehen. Ich will es auf Grund meiner bisherigen Erfahrungen zu schildern versuchen, in welcher Weise unsere Thermen im Laufe des Tertiärs und des Quartärs tätig gewesen sind, und welche Veränderungen dieselben während jener Zeiten erlitten hatten, d. h. ich will eine Skizze der Entwicklungsgeschichte unserer Thermen entwerfen.

Im ältesten Zeitalter des Tertiärs, im Eozän finden wir noch keine Spur einer Tätigkeit von Thermalquellen. Es sind zwar Süßwasserkalksteine im Braunkohlen führenden unteren Schichtenkomplex vorhanden, so z. B. bei Nagykovácsi, Pusztaszentiván, Vörösvár, und im Braunkohlenbecken von Esztergom, es sind dies jedoch typische Sumpfwasser-Ablagerungen, welche eine vollständige Analogie mit der sog. Seekreide zeigen. Es kommen Sumpfwasser-Schnecken, und Pflanzen, wie *Planorbis*- und *Limnaea*-Arten, ferner Früchte der *Chara*, etc. darin vor. Diese Ablagerungen haben also nichts mit der bedeutend später einsetzenden Tätigkeit der Quellen zu tun. Auch im Oligozän finden wir keine Spuren, welche für eine Tätigkeit der Thermen sprechen würden. Die Metamorphisierung der eozänen und oligozänen Ablagerungen durch kieselsaure Quellen erfolgte, — wie dies weiter unten ausgeführt werden soll, — in einem späteren Zeitalter.

In den am Meeresstrand entstandenen Schotter und Sandablagerungen der untermediterranen Stufe in der Umgebung von Budafok findet man zahlreiche verkieselte Holzstücke, ja sogar mitunter ganze Baumstämme. Diese Stämme wurden durch die Thermen, welche auf den zu jenen Zeiten aus dem Meer hervorragenden Landstrecken hervorbrachen, in Holzopal verwandelt, und gelangten von hier in die Strandablagerungen. Von welchem Festland sie jedoch dorthin gelangten, das ist nicht hinreichend aufgeklärt. Die Ablagerungen des unteren Mediterran bestehen ausschließlich aus Quarzgeröllen und Quarzsand; sie enthalten keine Spur von Dolomit- oder Kalksteingeröllen, welche von der Abrasion des Budaer Gebirges herkommen könnten. Den Grund dieser Erscheinung sehe ich einerseits in dem Umstand, daß sich aus dem Dolomit, hauptsächlich aber aus dem Kalkstein zufolge der Abrasion viel weniger Gerölle bilden, als aus den quarzitäen Gesteinen, namentlich aus den kristallinen Schiefen. Andererseits wurde aber alles, was an Dolomit und Kalksteingeröllen entstanden sein mag, zwischen den durch die starke Strömung und Brandung bewegten Quarzgeröllen gänzlich zerrieben und vernichtet.

Daß jedoch auch das gelegentlich der Abrasion des mesozoischen Kalkstein- und Dolomitgebirges fortgeschleppte Material in die litoralen Ablagerungen des unteren Mediterrans hineingeraten ist, darauf weisen jene abgerundeten Hornsteingerölle hin, welche im unteren mediterranen Schotter, — allerdings als Seltenheiten — vorkommen. Der Hornstein kann aber, wie bekannt, allein aus dem Dolomit herkommen, wo derselbe in Form größerer und kleinerer Knollen, ja sogar dünner Schichtchen vorhanden ist.

Was nun den Ursprung der Quarzgerölle und Quarzsande der unteren mediterranen Stufe anbelangt, erleidet es meiner Ansicht nach keinen Zweifel, daß zur Zeit des unteren Mediterrans (ja sogar schon des oberen Oligozäns) südlich vom Bia-Tétényer Plateau ein mächtiges, aus kristallinen Schiefen bestehendes Grundgebirge hervorgeragt haben dürfte, von dessen Abrasion unsere in Rede stehenden Quarzschotter und Sandschichten herkommen. Auf die Frage jedoch, woher nun die verkieselten Baumstämme hieher gelangten, ob sie aus unserem heutigen Gebirge, oder aber aus dem südlich gelegenen, gegenwärtig versunkenen kristallinen Schiefer-Grundgebirge herkamen, — können wir keine zufriedenstellende Antwort geben. Durch die Anwesenheit der in Opal verwandelten Baumstämme und Holzstücke ist jedoch das eine sicher erwiesen, daß zur Zeit der untermediterranen Stufe die Kieselsäure ablagernden Thermen in dieser Gegend schon tätig gewesen sein müssen.



Die sarmatische Stufe zeigt gleichfalls bestimmte, sichere Spuren der Tätigkeit von Thermalquellen. Namentlich wurde seiner Zeit bei Rákos, im Einschnitt des Bahngeleise-Deltas eine zwischen die Schichten der sarmatischen Stufe gelagerte, aus Opal und Chalzedon bestehende Linse freigelegt (siehe S. 228).

In der pannonischen (pontischen) Stufe läßt sich die Tätigkeit der Kieselsäure ablagernden Thermen ebenfalls mit Sicherheit nachweisen. Diese Stelle befindet sich am südlichen Teil des Széchenyi-hegy, auf der östlichen (linken) Seite des Farkasvölgy. Hier befinden sich kleinere kieselsaure Ablagerungen, von denen eine vereinzelte, abgerundete Gerölle des über den Dolomit gelagerten Konglomerates oder richtiger Schotters der pannonischen Stufe in sich schließt. In dem mit diesem Schotter zusammenhängenden Sandstein wurde etwas weiter gegen Norden ein Kiefer des *Aceratherium incisivum* gefunden, wonach das pannonische (pontische) Alter der Ablagerungen keinen Zweifel erleidet. Die an Ort und Stelle angestellten Untersuchungen führten mich zu dem Resultat, daß die Verbindung der Kieselstein-Körner durch das kieselsaure Zement wahrscheinlich während der Ablagerung des Schotters, und nicht etwa später, nach der Ablagerung desselben erfolgt sein dürfte. Darauf würde z. Teil der Umstand hinweisen, daß sich die einzelnen Kieselsteine nicht dicht aneinander reihen, sondern mitunter vereinzelt, in größeren Intervallen eingebettet liegen. An dieser Stelle dürfte also die Tätigkeit der Therme noch am zuversichtlichsten für interpannonisch zu betrachten sein, obzwar auch ein jüngeres (levantinisches) Alter derselben nicht ausgeschlossen erscheint.

Das Alter der meisten kieselsauren Ablagerungen läßt sich nicht genau feststellen, weil in den meisten Fällen nur soviel zu beobachten ist, daß gewisse Gebilde an einzelnen Spalten entlang, oder der Schichtung entsprechend verkieselt sind, respektive daß in einzelnen Gesteinsklüften aus Kieselsäure, Fluorit, oder Baryt bestehende Ablagerungen vorhanden sind. In diesen Fällen läßt sich nur soviel konstatieren, daß die kieselsauren etc. Ablagerungen, und die dadurch hervorgerufenen Metamorphisierungen jünger sind, als die Schichten, in welchen sich jene Klüfte befinden, welche die kieselsauren und sonstigen Ablagerungen enthalten, beziehungsweise, welche metamorphisiert wurden. Oberhalb dieser, durch Spalten durchzogenen und metamorphisierten Gesteine finden wir jedoch nirgends unberührte, nicht metamorphisierte Schichten vor, mit welchen verglichen sich das höhere Alter der Tätigkeit der Kieselsäure ablagernden Thermen nachweisen ließe.

Es läßt sich namentlich beobachten, daß das aus dünnen Kieselsäuregängen bestehende Netzwerk welches z. B. den Dolomit durchwebt, ferner daß der über den Dolomit gelagerte, obere eozäne Mergel ebenfalls verkieselt ist, und in seinen Spalten Barytkriställchen birgt. Dies ist im westlichen Teil des Kis-Gellérthegey wahrzunehmen. Im östlichen Teil aber finden wir, wie bereits erwähnt, den Dolomit von einem Trichter durchbohrt, welcher mit pulverförmigem Kieselsinter ausgefüllt ist; darüber jedoch ist auch der eozäne Mergel gänzlich verkieselt, und in ein schwammig-poröses Kieselmaterial verwandelt. Noch weiter gegen Osten, zwischen den beiden Gellért-Bergen, an der Budaörser Landstraße, ferner oben, am Gellérthegey, in der Nähe des Wächterhauses, dann im ehemaligen Graben beim Sárosfürdő ist der oligozäne Budaer Mergel verkieselt. An diesen Stellen konnte das kieselsäurehaltige Wasser der hervorbrechenden Thermen, wahrscheinlich die ausgezeichnete Schichtung begleitend auf große Entfernungen weitersickern und die Schichten größerer Gebiete verkieseln. Am oberen Teil des Gellérthegey, südlich von der Festung findet man stellenweise gleichfalls stark verkieselte, eozäne und oligozäne Mergel und Breccien, welche auch von kleinen Barytgängen durchzogen sind. An diesen Stellen ist es also gewiss, daß die Tätigkeit der Thermen jünger, als das untere Oligozän gewesen ist, weiter können wir indes bei der Feststellung ihres Alters nicht vorgehen, da jüngere Ablagerungen hier fehlen.

Die Baryt, Fluorit, und Quarz führenden Gänge des Kis-Svábhegy durchweben den obereozänen Kalkstein. Am Mátyáshegy läßt sich die vollständige Verkieselung des obereozänen Mergels konstatieren, und es treten in den Klüften sowohl dieses Gesteines, als auch des obereozänen Orbitoidenkalksteines Barytkristalle und auch Gänge auf. An diesen Stellen kann also nur soviel festgestellt werden, daß die hier tätig gewesenen Thermen jünger als das obere Oligozän gewesen sein müssen. Am Kevélyhegy, Hárshegy, und Somlyóhegy ist der unteroligozäne Hárshegyer Sandstein stellenweise verkieselt, und enthält hie und da Barytkriställchen, ein Umstand, welcher uns über das postoligozäne Alter der hier wahrscheinlich tätig gewesenen Thermen unterrichtet.

Das Budaer Gebirge stand seit dem mittleren Oligozän trocken; das Wasser eines Meeres oder Sees hatte unser Gebirge (mit Ausnahme des Széchenyihegy) seither, wie es scheint, nicht wieder überflutet, es konnten sich also keine jüngeren Gebilde über den älteren Gebirgsschollen ablagern. Da es mir jedoch in einzelnen Fällen gelun-



gen ist, das Alter der kieselsäurehaltigen Thermen zu fixieren, glaube ich bezüglich unseres Gebirges den Satz verallgemeinern zu dürfen, daß die Kieselsäure ablagernden Thermen ihre Tätigkeit im Gebiet der Budaer Gebirge während des Miozäns, namentlich zur Zeit der untermediterranen Stufe begonnen, und durch die obermediterrane, sarmatische und pannonische (pontische) Stufe hindurch bis in die levantinische Stufe des Pliozäns fortgesetzt haben. Dasselbe gilt selbstredend auch in Bezug auf die Baryt- und Fluorit-Vorkommnisse.

Bemerkenswert ist der Umstand, daß im Bereich der nahe gelegenen, mächtigen vulkanischen Tätigkeit: im Andesitgebiet von Visegrád-Szentendre weder mit den vulkanischen Eruptionen gleichzeitige, noch als postvulkanische Erscheinungen später abgelagerte kieselsaure Thermalablagerungen vorzufinden sind. Hier, im Budaer Gebirge, wo solche auftreten, läßt sich ein bestimmter Zusammenhang derselben mit dem mediterranen Vulkanismus nicht nachweisen; trotzdem können diese Thermen kaum anders gedeutet werden, als postvulkanische Erscheinungen, welche die gewaltigen vulkanischen Eruptionen in ihrer weitesten Umgebung begleitet hatten. Dieser Ansicht gibt schon jener Fachmann [19] Ausdruck, welcher in der Zeitschrift «Földtani Közlöny» das große Werk ZSIGMONDY'S (betitelt: «A városligeti ártézi kút Budapesten») besprechend, auf p. 130. folgendes schreibt: Es erleidet keinen Zweifel, daß das Auftreten sämtlicher Budapester Thermen als eine schwache Nachwirkung der tertiären eruptiven Tätigkeit zu betrachten ist.»

In einem außerhalb unseres Gebirges gelegenen Gebiet, im Gebirge von Velence deutet der Galenitgehalt der neben Sukoró befindlichen Quarzgänge schon auf einen Übergang zu den echten Gängen.

Über die weitere, auf jüngere Zeiten entfallende Tätigkeit der Thermen ist uns schon viel mehr bekannt, da sich Ablagerungen von bedeutender Ausdehnung und Mächtigkeit im Umkreis der Ausflußstellen der Quellen angehäuft haben. Die Ablagerungen bestehen nunmehr ausschließlich aus Kalktuff, von kieselsauren Ablagerungen ist keine Spur mehr vorhanden. Das Alter dieser Kalktuffe ist, wie aus den darin enthaltenen organischen Resten erhellt, pleistozän.

Die Kalktuffablagerungen sind vor allem mit Rücksicht auf das Material bemerkenswert. In den früheren Rückständen wurde nur Kieselsäure, spärlicher Fluorit und Baryt abgelagert, von Kalkkarbonatablagerungen ist keine Spur vorhanden. Dies geschah — wie weiter

oben nachgewiesen wurde — von der unteren mediterranen Stufe angefangen, wie es scheint, bis zum Ende der levantinischen Stufe. Hierauf erfolgte eine verhältnismäßig tiefgreifende Umwälzung in der Lebensgeschichte der Thermen, welche von nun an kohlen-sauren Kalk abzulagern begannen.

Die Lösung und Abscheidung der früher erwähnten Stoffe läßt sich nur durch die Annahme eines Wassers von sehr hoher Temperatur erklären, welches aus der Tiefe emporgestiegen ist, während die Ablagerung des Kalktuffes auch aus einem Wasser von bereits niedrigerer Temperatur stattfinden konnte, obzwar das Vorhandensein der Pisolithe immerhin noch auf ein wärmeres Wasser hindeutet. Unter den heutigen Thermen ist z. B. der Karlsbader Sprudel eine solche, mit welcher sich unsere pleistozänen Thermen vergleichen ließen. In Karlsbad bilden sich, wie allgemein bekannt, auch heute noch Pisolithe, und beträgt die Temperatur der Quellen  $73.1^{\circ}$  C, man kann also auch für die pleistozänen Thermalquellen der Umgebung von Budapest ungefähr diesen Wert annehmen.

Ich muß bemerken, daß sich die älteren, kieselsauren Ablagerungen scharf gegen die jüngeren Kalktuffe abgrenzen und daß sich allmähliche Übergänge irgend welcher Art zwischen den beiden nirgends nachweisen lassen. So wurden durch die bisherigen chemischen Analysen z. B. die Elemente: *F*, *Ba*, *Sr* im Kalktuff, beziehungsweise in den Ablagerungen der heutigen Thermen nicht nachgewiesen (hingegen wurden sowohl in den Ablagerungen, als auch im Wasser selbst z. B. die Elemente *Si*, *P* etc. konstatiert). Es ist möglich, daß eine neue, eingehendere chemische Untersuchung vielleicht engere Beziehungen zwischen jenen alten Quellenrückständen und den Kalktuffablagerungen der neueren Zeiten dokumentieren würde. Der jedenfalls auffällige Unterschied könnte jemanden auf den Gedanken bringen, daß zwischen den beiden vielleicht kaum ein Zusammenhang bestand, und die jüngeren, Kalktuffe ablagernden Quellen vielleicht keine unmittelbaren Abkömmlinge jener älteren darstellen. Es liegt jedoch, glaube ich, nichts unwahrscheinliches darin, daß die nämlichen Quellen, welche früher vorherrschend Kieselsäure abgelagert hatten, später Kalziumkarbonat absetzten. Ich kann mich in dieser Hinsicht auf die Analogien von Teplitz und Vichy berufen.

Im größten Teil des dichten Kalktuffes finden sich keine Petrefakte vor, andere Schichten enthalten hingegen pleistozäne Weichtiere in ziemlicher Fülle; letztere Schichten dürften sich, glaube ich, in weiter von den Ausflußstellen entfernt gelegenen Tümpeln mit lauwarmem Wasser gebildet haben.



Ich erwähne hier noch den interessanten Umstand, daß in den früheren, pleistozänen und holozänen Ablagerungen der Therme des Püspökfürdő bei Nagyvárad solche Schnecken, namentlich *Melanopsis*- und *Neritina*-Arten anzutreffen sind [siehe TH. KORMOS 39], welche ganz bestimmt aus vorhergegangenen Epochen, namentlich aus der levantinischen Stufe zurückgeblieben sind; ja dieselben Arten, beziehungsweise nach einer gewissen Richtung hin weiter entwickelte Varietäten derselben leben sogar heute noch im Wasser des Teiches von Püspökfürdő, wo wir es demnach entschieden mit einer Relikten-Fauna zu tun haben. Ein solches Relikt ist ebenfalls im Püspökfürdő auch *Nymphaea thermalis*. Die Anwesenheit dieser, einem südlicheren, subtropischen Klima angehörigen Tiere und Pflanzen an dieser Stelle läßt sich nur dadurch erklären, daß die Therme am genannten Ort schon damals tätig war, als das ungarische Becken noch ein normaler Wohnort der betreffenden Arten gewesen ist, also spätestens zur Zeit der levantinischen, eventuell schon der pannoni-schen Stufe. Im Teiche dieser Therme haben sich die Lebensbedingungen — in erster Linie die Temperatur — bis zur Gegenwart nicht wesentlich geändert, so daß diese Arten hier, wie auf einer subtropischen Oase (BRUSINA) die darauf folgenden rauheren Zeiten, die pleistozäne «Glazialperiode» überlebten, während die älteren Tiere von pliozänem Typus aus sämtlichen übrigen stehenden und fließenden Gewässern im Gebiete des ungarischen Beckens sozusagen gänzlich ausgestorben sind.

Laut einer allerneuesten Mitteilung von TH. KORMOS [47, 87] besitzen wir noch eine Stelle, wo unter ganz ähnlichen Umständen, als die oben geschilderten drei Arten von Tieren im Pleistozän zurückgeblieben sind, namentlich eine *Telphusa fluviatilis* genannte Krebspezies, welche gegenwärtig in Dalmatien lebt, eine *Schildkröte* von südlichem Typus und eine ebenfalls südländische *Helix*-Spezies. Diese Stelle ist das pleistozäne Kalktuffvorkommen von Süttő, welches auch in meiner beiliegenden Karte veranschaulicht wurde.

Heute kann es schon als festgestellt angesehen werden, daß die Kalktuffe der Umgegend von Budapest keine pliozänen Elemente, sondern nur pleistozäne enthalten, wonach es als ziemlich sicher angenommen werden darf, daß die Ablagerung des Kalktuffes, und im Zusammenhang hiermit die Herausbildung eines gewissen, dem heutigen ähnlichen Charakters der Thermen im pleistozänen Zeitalter, u. zw. am Anfang des Pleistozäns stattgefunden hatte.

In der Lage der pleistozänen Kalktuffe ist, was deren Höhen-

verhältnisse anbelangt, keine vollständige Einförmigkeit vorhanden; darin stimmen sie jedoch überein, daß sie sämtlich höher gelegen sind, als die heutigen Ausflußstellen der Thermen. Die Höhe derselben schwankt zwischen 140 und 250 m ü. d. M., zwischen der höchsten und der niedrigst gelegenen Kalktuffablagerung besteht also ein Höhenunterschied von 110 m.

Besondere Erwähnung verdient der Umstand, daß unterhalb der niedriger gelegenen Kalktuffe an mehreren Stellen alte, pleistozäne Terrassen zu konstatieren sind. Auf die horizontal abradierten Schichten des Kisczeller Tegels ist nämlich hie und da Schotter, Sand und Lehm gelagert und erst darüber folgt der Kalktuff. Es liegt auf der Hand, daß es in diesen Fällen der Kalktuff war, welcher die Reste der einst zweifelsohne viel weiter ausgedehnten Terrasse geschützt und erhalten hatte. Es ist ferner klar, daß die in Rede stehenden Terrassenreste nichts anderes, als Anschwemmungen der alten pleistozänen Donau sein können. Ein solcher Terrassenrest kommt am Kisczeller Plateau vor; derselbe ist längst bekannt und war zu wiederholten Malen Gegenstand lebhafter Diskussionen. Es ist wichtig, daß hier neben Quarzgeröllen auch solche aus Andesit vorgekommen sind, ein Umstand, welcher mit Bestimmtheit darauf hindeutet, daß das Material vom Norden, aus der Richtung des Passes von Visegrád hierher transportiert wurde, also sicher aus der Donau her stammt. ANTON KOCH [16] erwähnt, daß am Rókahegy bei Békásmegyér, über dem Kisczeller Tegel und unterhalb des Kalktuffes ein gelber Sand lagert, welcher meiner Ansicht nach gleichfalls aus der Donau her stammt. Am Ezüsthegy bei Kalász fanden wir mit meinem Kollegen v. MAROS an einer Stelle ebenfalls einen Schotter unterhalb des Kalktuffes vor; in ganz ähnlicher Weise konnte ich auch am Plateau des Majdan Polje bei Pomáz den Schotter oberhalb des Kisczeller Tegels und unter dem Kalktuff konstatieren. Es ist möglich, daß auch die übrigen niedriger gelegenen Kalktuffvorkommnisse, z. B. der Várhegy auf derartige abradierte Donau-terrassen gelagert sind, obzwar wir keine sicheren Beweise hiefür besitzen.

Wie dem auch sei, soviel ist gewiß, daß die Kalktuffe genau die im Pleistozän bestandene Oberfläche dieses Teiles der Budaer Gebirge bezeichnen. Am meisten fällt dies beim Várhegy in die Augen. Hier liegt der Kalktuff über dem Budaer Mergel in Form einer horizontalen Tafel, welche auf dem ursprünglich gleichmäßigen, überall ungefähr gleich hohen Terrain abgelagert wurde. Von einem gewissen Zeitpunkt des Pleistozäns beginnend wurde das leichter transportable Material aus der Umgebung des Várhegy durch die anhaltende Erosion allmählich fortgeschafft, eine Arbeit, in welcher



zweifelsohne auch die Wirkung des Windes (Deflation) eine ansehnliche Rolle gespielt hat. Durch die Erosion wurde also das Haupttal und im Zusammenhang damit auch das System der Nebentäler immer tiefer und tiefer in die alte, pleistozäne Oberfläche eingeschnitten.

Dem Hinabsinken der Bodenlinie der Erosion auf ein tieferes Niveau folgten sodann auch die Thermen. Im Alluvium, beziehungsweise gegenwärtig brechen die Thermen in einem erheblich niedrigeren Niveau hervor, als während des Pleistozäns. Ein natürlicher Grund hiefür liegt darin, daß sich die Thermen infolge der Verstopfung und Ausfüllung ihrer Kanäle durch Kalziumkarbonat immer und immer wieder neue Wege zum Aufsteigen im zerklüfteten Grundgebirge suchen mußten, wobei sie auch das tiefste Niveau erreichten, welches sie sodann behielten. Dieser Erscheinung begegnen wir bei jeder Therme. Dem Vorgang dürfte außerdem vielleicht auch noch die allgemeine Abnahme der emportreibenden Kraft der Thermen Vorschub leisten.

Dr. FRANZ SCHAFARZIK gibt in seinem Werk<sup>1</sup> über die Geschichte des Vaskapu (Eisernes Tor) im unteren Laufe der Donau der Ansicht Ausdruck, daß das Becken des Alföld im Pleistozän durch einen ausgedehnten Süßwassersee überflutet war, dessen Oberflächen-Niveau . . . «sich aus der Stauhöhe ergibt, welche durch das Niveaumittel der Süßwasserkalke auf der Termallinie am östlichen Abbruche der Gebirge bei Budapest angedeutet wird.»

Hieraus würde also folgen, daß es vielleicht der hydrostatische Druck dieses pleistozänen Sees gewesen ist, welcher das Hervorquellen der pleistozänen Thermen der Gegend von Budapest in einem beträchtlich höheren Niveau, als das heutige verursacht hätte. Es ist wohl möglich, daß die Mitte des Alföld im Pleistozän von einem großen, oder mehreren kleineren Binnenseen oder Sümpfen überflutet war, doch mußte dieser See (oder Seen) meiner Ansicht nach in ziemlich großer Entfernung vom Budaer Gebirge und der Umgebung der Budaer Thermen gelegen sein, so daß der hydrostatische Einfluß derselben kaum mehr in Rechnung gezogen werden kann. Ich glaube, daß am Anfang des Pleistozäns das zwischen dem Fuße der Budaer Gebirge und der auf die Linie Csomád—Fót—Czinkota entfallenden neogenen Hügellandschaft sich dahinstreckende Terrain durch neogene

<sup>1</sup> F. SCHAFARZIK: Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse und Geschichte des Gebirges am Eisernen Tore an der unteren Donau, Földtani Közlöny, Bd. XXXIII., p. 410, 1903.

Schichten angeschüttet war, über welchen sich die Donau des Pleistozäns in einer Höhe von ungefähr 200—140 m ü. d. M. dahinschlängelte. Dieses Niveau stellte also im Pleistozän die Bodenlinie der Erosion dar; tiefer gelegene Stellen waren in der Umgegend garnicht vorhanden, die Thermen konnten also im Pleistozän notwendiger Weise überhaupt nicht tiefer, als in diesem Niveau hervorbrechen. Auf Grund dieser Erwägungen ist es aber garnicht nötig den hydrostatischen Druck des pleistozänen Sees zu Hilfe zu nehmen.

Die Donau hatte dann im späteren Verlauf des Pleistozäns und während des Holozäns durch ihre an die Schwingungen eines Pendels erinnernden Stellungswechsel<sup>1</sup> die zwischen den beiden Berglanden vorhanden gewesenen lockeren neogenen Schichten allmählich entfernt. Die Donau hatte sich immer tiefer und tiefer eingeschnitten, bis sie endlich in ihr gegenwärtiges Bett gelangte. Natürlich ist im Zusammenhang hiermit auch die Bodenlinie der Erosion immer tiefer gesunken, wodurch die Thermen Gelegenheit fanden in einem erheblich tieferen Niveau als das frühere an die Oberfläche zu gelangen.

\*

Wir wollen nun sehen, welche Veränderungen an den Budapester Thermen im Laufe der historischen Zeiten beobachtet wurden.

1. Änderungen der Temperatur der Thermen. Nach MOLNÁR [14, 228] gelangen wir aus mehreren Gründen zu dem Schlusse, daß in der Temperatur der Thermen während alter Zeiten eine Änderung eingetreten ist. Sein äußerst interessanter Ideengang bei dieser Schlußfolgerung ist folgender:

Die Thermen von Aquincum (Óbuda) wurden von den Römern zu Badezwecken verwendet. Hätten diese Quellen bloß eine Temperatur von 18° R besessen (wie heute), hätten die Römer gewiß die wärmeren Quellen des Józsefhegy aufgesucht, falls dieselben zu jenen Zeiten bekannt, oder so heiß gewesen wären, wie gegenwärtig; sie würden dann jedenfalls auch hier Denkmäler zurückgelassen haben, als Zeugnis dafür, daß sie die Quellen gekannt und benützt haben. Nach MOLNÁR spielte in der Lebensgeschichte unserer Thermen jenes große Erdbeben eine wichtige Rolle, welches im ersten Jahre nach Atillas<sup>2</sup> Tod anno 455 n. Chr. G. stattgefunden, und den größten Teil des

<sup>1</sup> Mit den Änderungen des Laufes der pliozänen und pleistozänen Donau befaßt sich gegenwärtig, wie mir bekannt, Dr. GABRIEL STRÖMPL eingehender.

<sup>2</sup> Der Schreibweise «Atilla» entsprechend wurde dieser Name von keinem Ungarn jemals ausgesprochen.



alten Aquincum vernichtet hatte.<sup>1</sup> Das Erdbeben konnte Hebungen und Senkungen des Bodens verursacht haben, durch welche auch die Thermen beeinflußt wurden, ferner konnte es ein andauerndes Hervorbrechen heißer Gase hervorgerufen haben. MOLNÁR meint, daß eine gelegentlich dieses Erdbebens in der Erdkruste entstandene mächtige Spalten de Thermen gänzlich neue Wege<sup>2</sup> geöffnet hätte, wonach sie die alten Kanäle, durch welche sie (in der Richtung nach den Quellen von Óbuda) emporstiegen, zum größten Teil verlassen hätten.

Hierauf schließt er aus dem Umstand [14, 229], daß die Quellen von Óbuda den Römern und dem Volk Atilias noch als heiße Quellen bekannt waren, wogegen sie von den später angesiedelten Ungarn nicht mehr den Thermen zugezählt wurden; es wurden nur noch die Quellen des Józsefhegy und des Gellérthegy als solche anerkannt und als Bäder benützt, u. zw. wurden erstere mit dem Namen «fel-hévíz», letztere mit «alhévíz» bezeichnet [14, 166].

Dieser gewiß geistreichen und interessanten Beweisführung kann ich mich jedoch meinerseits nicht anschließen, da wir sowohl über den Quellen des Józsefhegy, als auch über denjenigen des Gellérthegy an den Berglehnen, die während der vorhergegangenen geologischen Epochen abgelagerten Rückstände der Thermen vorfinden, und weil ich mich — wie dies weiter oben ausgeführt wurde — eher zu der Ansicht bekenne, daß sich die heutigen Thermen aus jenen alten sozusagen allmählich, ohne Unterbrechung ihrer Tätigkeit entwickelt haben. Ich kann hingegen auch den Fall nicht als ausgeschlossen ansehen, daß infolge der Ausfüllung und Verstopfung der Quellenkanäle durch Kalktuff die Tätigkeit einer oder der anderen Quellengruppe eine gewisse Zeit lang ausgeblieben ist. Natürlich konnten solche ruhende Quellen durch heftige Erschütterungen der Erdkruste leicht von neuem erschlossen werden, insbesondere wenn dieselben mit der Entstehung neuer Spalten verbunden waren. Es ist also nicht gänzlich ausgeschlossen, daß die Quellengruppen des Gellérthegy und Józsefhegy ihre abermalige Eröffnung jenem gewaltigen Erdbeben zu verdanken haben;

<sup>1</sup> Dieses Erdbeben wird nach MOLNÁR von *Caspinus*, *Sigonius* und *Januarius Salinas* erwähnt. Nach einer freundlichen Mitteilung ANTON RÉTHLY's war Sabaria (Szombathely) das Epizentrum dieses Erdbebens.

<sup>2</sup> In anderen thermalen Gegenden wurden ähnliche Erscheinungen während historischer Zeiten wiederholt beobachtet und notiert. So ist z. B. nach E. SUSS unweit von Wöllersdorf in der Reihe der Quellen der niederösterreichischen sog. «Thermenlinie,» welche denjenigen von Budapest sehr ähnlich sind, gelegentlich des Erdbebens von 1626 der sog. «Heilsame Brunnen» entstanden. Durch das Erdbeben von 1768 wurde bei Enzesfeld und Baden die Anzahl der Thermen vermehrt.

trotzdem erscheint mir jedoch die andere Erklärung bei weitem wahrscheinlicher. Bei der Aufklärung dieser Frage könnten die neueren historischen und archäologischen Forschungen jedenfalls gute Dienste leisten.

Während kürzerer Zeiten ist eine sichtliche Änderung der Temperatur der Thermen kaum zu beobachten; trotzdem ließ sich eine geringfügige Temperaturabnahme bestimmt nachweisen. MOLNÁR [14, 229] schreibt, daß sich zu seinen Zeiten die Temperaturverhältnisse der Budapester Thermen während 15 Jahren nicht geändert hatten. KALECSINSZKY [45] erwähnt, daß die Temperatur des artesischen Wassers auf der Margitinsel von K. v. THAN im Jahre 1868 mit  $43.33^{\circ}$  C bemessen wurde. (Beiläufig zur selben Zeit hatte V. ZSIGMONDY längere Zeit hindurch  $43.8^{\circ}$  C gemessen.) KALECSINSZKY hatte die Temperatur der artesischen Therme auf der Margitinsel während der Jahre 1898—1907 systematisch gemessen und als durchschnittlichen Wert  $42.6^{\circ}$  C erhalten; im Vergleich mit dem von K. v. THAN vor 30 Jahren gemessenen Wert zeigt also die Temperatur des Wassers eine Abnahme von  $0.7^{\circ}$  C. Den Grund hiefür sucht KALECSINSZKY im Einfluß des inzwischen gebohrten artesischen Brunnens im Városliget. Vermutlich fand auch bei den übrigen, natürlichen Thermen eine geringfügige Abnahme der Temperatur statt, diesbezüglich stehen uns jedoch vorläufig keine Beobachtungen zur Verfügung.

Ich muß hier bemerken, daß scheinbar auch für das Gegenteil Beispiele vorhanden sind. F. SCHAFARZIK [31] erwähnt, daß während von J. MOLNÁR die Temperatur der größeren Quelle des Ráczfürdő mit  $43.5^{\circ}$  C, diejenige der kleineren (Mátyás) Quelle mit  $42.5^{\circ}$  C gemessen wurde, er selbst im Jahre 1898 als Temperatur der ersteren  $43.9^{\circ}$  C, der letzteren aber  $43.1^{\circ}$  C festgestellt hat. Vermutlich läßt sich diese Abweichung durch die mit dem Wasserstand der Donau verbundenen Schwankungen der Temperatur erklären.

2. Änderung der chemischen Beschaffenheit der Thermen. Auch in der chemischen Beschaffenheit ist wahrscheinlich eine geringfügige Änderung eingetreten, in dem Sinne, daß die Quantität der in Lösung befindlichen Substanzen etwas geringer wurde. MOLNÁR erwähnt [14, 219 u. 230], daß die chemische Beschaffenheit der Quellen binnen kürzerer Zeiträume unverändert geblieben ist, nur ein Bestandteil nimmt fortwährend ab, u. zw. das Schwefelwasserstoffgas, welches noch vor 85 Jahren deutlich zu verspüren war. Angeblich pflegten früher die Leute Silbermünzen mit Hilfe des Schwefelwasserstoffgases zu «vergolden» (MOLNÁR). Heute macht sich der Geruch dieses Gases am Wasser unserer Thermen entweder garnicht, oder nur in sehr geringem Maße bemerkbar.



S. v. KALECSINSZKY [45] hatte die Abnahme der Quantität der gelösten Substanzen an der artesischen Therme der Margitinsel nachgewiesen. Der im Jahre 1868 von K. v. THAN durchgeführten chemischen Analyse gegenüber hatte KALECSINSZKY im Jahre 1908 um 88 mgr weniger feste Bestandteile im Wasser der Bohrtherme auf der Margitinsel nachgewiesen. Den Grund dieser Erscheinung sieht er gleichfalls in der Eröffnung des artesischen Brunnens im Városliget.

3. In Bezug auf die Wassermenge der Quellen fehlt uns noch das nötige Beobachtungsmaterial. Ich erachte es jedoch für wahrscheinlich, daß auch in dem Quantum des pro 24 Stunden gelieferten Wassers eine Abnahme eingetreten ist, welche jedoch seitens der Besitzer der Quellen in Anbetracht des ungeheuren täglichen Debits nicht wahrgenommen wurde. Auf diesen Umstand haben schon Dr. F. SCHAFARZIK und Dr. S. v. KALECSINSZKY hingewiesen [30 und 45], diese Autoren schreiben jedoch den wahrscheinlichen Wasserverlust auf die Rechnung des artesischen Brunnens im Városliget.

### Zusammenfassung.

Die Ergebnisse des vorliegenden Aufsatzes lassen sich kurz im folgenden zusammenfassen:

#### I.

1. Die Entstehung und älteste Tätigkeit der Budapester Thermen reicht wahrscheinlich bis zum Anfang des jüngeren Tertiärs zurück. Die Entstehung der vom Zeitalter der untermediterranen Stufe angefangen bis zum Ende der levantinischen Stufe angehäuften Kieselsäureablagerungen des Fluorits und Baryts läßt sich auf die Tätigkeit dieser alten Thermen zurückführen.

2. Die Thermen haben im späteren Stadium, während des Pleistozäns, Kalktuffplateaus von größerer und geringerer Ausdehnung abgelagert. Stellenweise bildeten sich in den Ausflußtrichtern der Quellen prächtige Pisolithe.

3. Im Holozän sind Hand in Hand mit der tieferen Einschneidung der Erosionstäler, namentlich des Donautales auch die Thermen auf ein tieferes Niveau hinabgestiegen; dieselben lagern auch heute geringe Mengen von Kalktuff ab.

## II.

1. Die Temperatur der Thermen dürfte in der ältesten Periode, während des Tertiärs, zur Zeit der Ablagerung von Kieselsäure, Fluorit und Baryt am höchsten gewesen sein. Im Pleistozän, zur Zeit der Entstehung der Kalktuffplateaus ist die Temperatur ein wenig gesunken. Im Holozän hat sich die Temperatur der Thermen bereits erheblich vermindert; dieses Sinken hält auch gegenwärtig an, ja es ist sogar auch in Zukunft eine weitere Abnahme der Temperatur zu erwarten.

2. Die chemische Beschaffenheit der Thermen war zur Zeit ihrer ältesten Tätigkeit eine von der heutigen etwas abweichende. Dieselben dürften *F*, *Ba* und *Si* in größeren Mengen enthalten haben, wodurch Gelegenheit zur Anhäufung kieselaurer etc. Ablagerungen geboten wurde. Während des Neogens dürften die Thermen im allgemeinen eine höhere Konzentration besessen haben. Im Pleistozän war das hervorbrechende Wasser der Thermen bereits zweifelsohne diluierter; es hatte sich daraus nur mehr  $CaCO_3$  abgeschieden. Während des Holozäns und im Laufe der historischen Zeiten schreitet dieser Verdünnungsprozeß immer weiter fort; das Gleiche ist auch zukünftig zu erwarten. Die Menge der früher im Wasser enthaltenen Bestandteile hat im Laufe der Zeiten fortwährend abgenommen.

## III.

Im allgemeinen kann darauf geschlossen werden, daß die ursprünglich juvenilen Thermen (im Neogen) diesen Charakter im weiteren Gange ihrer Entwicklung immer mehr einbüßen: die atmosphärischen Wasser haben sich während der jüngeren geologischen Epochen dem aufsteigenden juvenilen Wasser in größeren Mengen beigemischt. Durch die in verschiedenem Verhältnis erfolgende Beimischung des vadosen Wassers zum juvenilen Wasser entstehen unsere heutigen, durch verschiedene Temperatur und chemische Beschaffenheit gekennzeichneten Thermen gemischten Charakters.

---



## Beilage.

### Chemische Analyse einiger durch die tertiäre Tätigkeit der Thermen hervorgebrachten, oder metamorphisierten Gesteine aus der Umgegend von Budapest.

Von Dr. R. BALLÓ.

1. Kis-Gellértheyy. Chemische Zusammensetzung des lockeren, (etwas gelblichen) weißen Pulvers, welches die den Dolomit durchziehende Spalte ausfüllt:

$SiO_2$ .....	95·38 %
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2$ .....	2·09 «
$CaO$ .....	0·80 «
$MgO$ .....	0·24 «
Glühverlust .....	0·83 «
Zusammen .....	99·34 %

0·66 % entfallen auf

die quant. nicht bestimmten Alkalien, auf  $Cl$ ,  $SO_4$  und  $PO_4$ , ferner auf die Fehler. Das Pulver ist in kalter Salzsäure überhaupt nicht und auch gekocht nur in sehr geringem Grade löslich, wobei es weiß wird. Nach der Extraktion mit  $HCl$  wird durch Glühen ein Gewichtsverlust von ..... 3·7 % verursacht.

Hievon den Glühverlust 0·83 « abgezogen

bleiben ..... 2·96 % als durch  $HCl$  allein verursachter Gewichtsverlust. In der gelblichen Lösung sind 0·69 %  $Fe_2O_3$  und  $Al_2O_3$  enthalten.

2. Kis-Gellértheyy. Metamorphisierter obereozäner Bryozoenmergel aus der Wand des oberen Teiles der vorhin erwähnten Spalte. Bräunlich gebändertes, gelbliches, leichtes, mehr oder minder lockeres Gestein. Zusammensetzung schwankend:

$SiO_2$	---	---	---	---	84.60 %	—	86.33 %
$Fe_2O_3 + Al_2O_3 + TiO_2$	---	---	---	---	7.77 "	—	6.08 "
$CaO$	---	---	---	---	0.46 %		
$MgO$	---	---	---	---	0.16 "		
Glühverlust	---	---	---	---	4.74 %	—	3.08 %
Zusammen	---	---	---	---	97.73 %	—	96.11 %

so, daß auf die nicht bestimmten Bestandteile und die Fehler im ersten Falle 2.27%, im zweiten 3.89% entfallen. Die Menge des  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$  wechselt in entgegengesetztem Sinne, jedoch im gleichem Maße mit dem Gehalt an  $SiO_2$ .  $HCl$  löst nur wenig.  $HNO_3$  verursacht im geglühten Material einen Gewichtsverlust von 8.67%.

3. Kis-Gellérthegey. Aus der Wand der nämlichen Spalte herstammender, metamorphisierter, harter, dichter, klingender Bryozoenmergel. Ebenfalls von einer höheren, in einiger Entfernung von der Spalte gelegenen Stelle. Das Material ist nicht homogen; seine Zusammensetzung schwankt zwischen den Werten:

$SiO_2$	---	---	---	---	81.86 %	—	83.02 %
$Fe_2O_3 + Al_2O_3 + TiO_2$	---	---	---	---	12.05 "	—	10.95 "
$CaO$	---	---	---	---	2.00 "	—	1.91 "
$MgO$	---	---	---	---	0.30 "	—	0.25 "
Glühverlust	---	---	---	---	4.07 "	—	4.04 "
					100.28 %	—	100.17 %

Mit  $HCl$  gekocht entsteht ein Gewichtsverlust von 6.29%, hievon  
 1.60 "  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$   
 0.57 "  $CaO$

nach deren Subtraktion vom Gesamtwert 4.12% zurückbleiben, ein Wert, welcher mit einem Überschuß von 0.05%, also ziemlich gut mit dem 4.07%-igen Glühverlust übereinstimmt.  $HNO_3$  löst aus dem Material um 0.7% mehr heraus, indem sie einen Gewichtsverlust von 7.02% verursacht.

4. Chemische Zusammensetzung eines Stückchens jener kleinen Limonitgänge aus dem westlichen Teil des Kis-Gellérthegey, welche den Dolomit in Form netzartiger Adern durchziehen:

Unlöslicher Teil	---	---	---	---	0.96 %
$Fe_2O_3 (Al_2O_3)$	---	---	---	---	85.04 %
$CaO$	---	---	---	---	0.41 %
$MgO$	---	---	---	---	0.20 %
$SO_4$	---	---	---	---	0.50 %
Als Glühverlust konnten					1.28 % bestimmt werden.
Die Summe beträgt jedoch					nur 88.39 %.





## LITERATUR.

1. 1822. BEUDANT F. S.: Voyage mineralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818. Tome I—IV. Paris, 1822.
2. 1837. LINZBAUER, X. FRANZ: Die warmen Heilquellen der Hauptstadt Ofen-Pesth, 1837.
3. 1857. SZABÓ JÓZSEF: A budai meleg források földtani viszonyairól. (Über die geol. Verhältnisse der Budaer Thermalquellen. *Nur ungarisch.*) Kir. Term. tud. Társ. Évkönyvei, Bd. III. Pest, 1857.
4. — SZABÓ JÓZSEF: Fürdősziget Pest és Buda között. (Badeinsel zwischen Pest und Buda. *Nur ungarisch.*) Ebendort.
5. — MOLNÁR JÁNOS: A budai melegforrások physikai és vegytani viszonyairól. (Über die phys. u. chem. Verhältnisse der Budaer warmen Quellen. *Nur ungarisch.*) Ebendort.
6. — K. F. PETERS: Geol. Studien in Ungarn. Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien, Bd. 8, 1857.
7. 1858. SZABÓ JÓZSEF: Pest-Buda környékének földtani leírása. (Geol. Beschreibung der Umgegend von Pest-Buda. Durch die kgl. ung. Akademie der Wissenschaften mit dem Nagy Károly-Preis gekrönte Preisschrift. Mit einer geol. Karte. *Nur ungarisch.*) Pest, 1858.
8. 1863. KRENNER, JOSEF: Über die pisolitische Struktur des diluvialen Kalktuffes von Ofen. Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt Wien, Bd. 13, 1863.
9. — KUBINYI FERENC: Az óbudai kiscelli mésztufában 1856-ban talált csontmaradványok. (Die im Kalktuff von Kiscell bei Óbuda im Jahre 1856 gefundenen Knochenreste. *Nur ungarisch.*) A mh. Földtani Társulat Munkálatai, Bd. II, 1863.
10. — SZABÓ JÓZSEF: Az edesvízi mészképlet viszonyai Óbudán. (Die Verhältnisse des Süßwasserkalk-Gebildes in Óbuda. *Nur ungarisch.*) Protokollsauszug einer Fachsitzung. Ebendort.
11. 1863—4. BERNÁTH JÓZSEF: A budai sülypát vegyelemzése. (Chemische Analyse des Budaer Schwerspates. *Nur ungarisch.*) A kir. m. Term. tud. Társ. Közlönye, 1863—4.
12. 1867. HAUER, KARL: Die Springtherme der Margarethen-Insel bei Pest u. Analyse der Quelle. Verh. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien, 1867.
13. 1868. PALKOVICS, G: Pisolith von Ofen. Verh. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien, 1868.
14. 1869. MOLNÁR JÁNOS: A hévvizek Buda környékén. (Die Thermen in der Umgegend von Buda. *Nur ungarisch.*) M. Tud. Akadémia, Math. Termtud. Közlemények, Bd. VII, Pest, 1869.
15. — HOFMANN, KARL: Über das geol. Alter des Kalksteins am Budaer Kissváb-hegy. Verh. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien, 1869.



16. 1871. KOCH, ANTON: Geologische Beschreibung des St.-Andrä-Visegrader und des Piliser Gebirges. Jahrb. d. kgl. ung. Geol. Reichsanstalt Bd. I, Heft 2 und Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien, 1871.
17. 1871. HOFMANN, KARL: Die geol. Verhältnisse des Ofen—Kovácsier Gebirges. Jahrb. d. kgl. ung. Geol. Reichsanstalt, Bd. I, Heft 3.
18. 1873. ZSIGMONDY, W.: Mitteilungen über die Bohrthermen zu Harkány, auf der Margarethen-Insel nächst Ofen und zu Lippik und den Bohrbrunnen zu Álcúth. Mit 4 Tafeln. Pest, 1873.
19. 1878. ZSIGMONDY VILMOS: A városligeti artézi kút Budapesten. (Der artesische Brunnen im Budapester Városliget, Budapest, 1878, mit 1 Karte, 5 Tabellen und 3 Tafeln, ferner Rezension über dieses Werk im Földtani Közlöny, Bd. IX, p. 128, 1879. *Nur ungarisch*)
20. 1879. SZABÓ JÓZSEF: Budapest geologiai tekintetben. (Budapest in geologischer Hinsicht. *Nur ungarisch*.) A magyar orvosok és természetvizsgálók 1879-iki vándorgyűlésének évkönyve. Budapest, 1879.
21. 1882. SCHAFARZIK FERENC: A budai Várhegyben talált pisolithelepről. (Über das Pisolithlager am Várhegy von Buda. *Nur ungarisch*.) Földtani Értesítő Jahrg. III, Budapest, 1882.
22. 1884. SCHAFARZIK, FRANZ: Neue Rhinoceros- und Mammuthknochenfunde. Földt. Közl. Bd. 14. p. 302 u. 580. 1884.
23. — WARTHA, VINCCNZ: Über den Fluorit vom Kissvábhegy. Protokollauszug. Földtani Közlöny. Bd. 14. p. 571 u. 592. 1884.
24. 1885. CHYZER, KORNÉL: Magyarország gyógyhelyei és ásványvizei. (Kurorte und Mineralwasser Ungarns. *Nur ungarisch*.) Sátoraljaújhely, 1885. Vide: 27.
25. — SZABÓ, JOSEF: Fluorite aus Ungarn und aus Cañrará. Protokollauszug. Földtani Közlöny. Bd. 15. p. 48 u. 369. 1885.
26. 1885. SZABÓ, JOSEF: Über die namhafteren Fluoritvorkommen Ungarns. Földtani Közlöny Bd. 15. p. 97 u. 199. 1885.
27. 1887. CHYZER KORNÉL: Die namhafteren Kurorte und Heilquellen Ungarns. Stuttgart, 1887.
28. 1889. TSCHÉBÜLL, ANTON, Bergingenieur: Quellwasser für Budapest. Eine geognostisch-bergmännische Studie. Als Manuskript gedruckt. Wien. Verlag des Verfassers. 1889.
29. 1898. BÖCKH, HUGO: Eine mineralogische Novität vom Budapester Kleinen Schwabenberg. Földt. Közl. Bd. 28. p. 129 u. 167. 1898.
30. — KALECSINSZKY, ALEXANDER: Die chemische Analyse der während der Vorarbeiten beim Brückenkopfe am Schwurplatze von Budapest ausgebrochenen artesischen Therme. Földtani Közlöny. Bd. 28. p. 306 u. 343. 1898.
31. — SCHAFARZIK, FRANZ: Szakértői javaslat a rácfürdői gyógyforrások védőterületének megállapítása ügyében. — Fachmännischer Vorschlag bezüglich des Schutzgebietes der Heilquellen des Rácfürdő. Als Manuskript gedruckt. *Nur ungarisch*. Budapest, 1898.
32. — F. E. SUSS: Studien über unterirdische Wasserbewegung. Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt. Bd. 48. p. 425. 1898.
33. 1899. KOCH, ANTON: Modell eines geolog. Profils der Kleinzeller Terrasse. Földtani Közlöny. Bd. 19. pag. 33 u. 121. 1899.
34. 1900. SCHMIDT, ALEXANDER: Die bei dem Bau des Budaer Brückenkopfes der Elisabethbrücke gefundenen Mineralien (Fluorit). Földtani Közlöny. Bd. 30. p. 173. 1900.

35. 1902. SUSS, ED.: Über heiße Quellen. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. und Ärzte. Leipzig, 1902 és Internationale Mineralquellen-Zeitung. Wien. Nr. 55—56. 1902.
36. — SCHAFARZIK, FRANZ: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Budapest—Szentendre. Herausg. von der kgl. ungar. Geol. Anstalt. Budapest, 1902.
37. — HALAVÁTS, JULIUS: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Budapest—Tetény. Herausg. von der kgl. ung. Geol. Anstalt. Budapest, 1902.
38. 1903. HULYÁK, VALÉR: Mineralogische Mitteilungen (Fluorit von Szent-Gellértberg, Budapest.) Földtani Közlöny. Bd. 33. pag. 55 u. 176. 1903.
39. 1905. KORMOS, THEODOR: Über den Ursprung der Thermenfauna von Püspökfürdő. Földtani Közlöny. Bd. 35. pag. 401 u. 421. 1905.
40. 1906. SCHAFARZIK FERENC: Szakértői javaslat a József cs. és kir. főherceg öfenségenek tulajdonát képező szentmargitszigeti artézi gyógyforrás védőterületének megállapítása ügyében. (Fachmännisches Gutachten über die Festlegung des Schutzrayons der im Besitz seiner kais. und kgl. Hoheit des Erzherzogs Josef befindlichen artesischen Heilquelle auf der Margitinsel. Als Manuskript gedruckt. Nur ungarisch.) Budapest, 1906.
41. — VADÁSZ, M. ELEMÉR: Über die obermediterrane Fauna von Budapest-Rákos. Földtani Közlöny. Bd. 36. pag. 256 u. 323. 1906.
42. — STAFF, JOHANN: Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Gerecsegebirges. Jahrb. der kgl. ung. Geol. Reichsanstalt. Bd. 15. Heft 3. 1906.
43. — LIFFA, AUREL: Aufnahmsberichte von den Jahren 1903, 1906, 1907 und 1908. Jahresberichte der kgl. ungar. Geol. Reichsanstalt.
44. 1907. STEGL, KARL ING.: Die Wasserverhältnisse des Graner Braunkohlenrevieres. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. 1907. Nr. 15.
45. 1908. KALECSINSZKY, ALEXANDER: Über die Temperaturverhältnisse des artesischen Brunnenwassers der Margitinsel in Budapest. Földt. Közl. Bd. 38. p. 337 u. 471. 1908.
46. 1909. PÁLFY, MORITZ: Über das Aufsteigen der Thermalwasser an die Oberfläche. Földtani Közlöny, Bd. 39. p. 16 u. 108. 1909.
47. 1911. KORMOS, THEODOR: Une nouvelle espèce de tortue (*Clemmys Méhelyi* n. sp.) du pleistocène hongrois. Földt. Közl. Bd. 41. p. 506. 1911.
48. — JACZEWSZKY, LEONARD: Kritische Übersicht der Materialien zur Erforschung der physisch-chemischen Natur der Wasserquellen. Jahrbuch der kgl. ung. Geol. Reichsanstalt, Bd. 19. Heft 1. 1911.



## ERKLÄRUNG ZUR KARTE TAFEL VIII.

1. Grundgebirge, aus obertriadischen Dolomit und Kalkstein, ferner ober-eozänen Kalkstein und unteroligozänen (Hárs hegyer) Sandstein aufgebaut.
2. Ältere Senkungsgebiete mit eozänen und oligozänen Sedimenten ausgefüllt.
3. Jüngere Senkungsgebiete mit neogenen Ablagerungen ausgefüllt.
4. Süßwasserkalk am Széchenyiberg.
5. Gebiet der neogenen vulkanischen Tätigkeit.
6. Spuren der Tätigkeit der neogenen Thermen.
7. Pleistozäne Kalktuffe.
8. Heutige Thermen.
9. Wichtigere Randbruchlinien (Gerecsegebirge nach STAFF, Vértesgebirge nach TÄNGER.)
10. Kohlengruben.





