

Der Süßwasseropal der Csatherberge im Burgenlande

Zur Geologie, Paläobotanik und Geochemie seltener Quellabsätze

Von Dr. Friedrich Kümel †, Wien

Mit 4 Kunstdrucktafeln (Tafel I—IV), 2 Tafeln V und VI und 1 Textabbildung

Inhalt:

Zusammenfassung	1
I. Geologischer Abschnitt.	
1. Opalfels in der Eisenberggruppe	2
2. Opalfels als Gestein	6
3. Tierische Versteinerungen im Opalfels	8
4. Pflanzliche Versteinerungen im Opalfels	8
5. Die Landschaft im Pliozän	13
6. Herkunft der Kieselsäure	16
7. Der Bau der Eisenberggruppe und ihre Stellung im steirischen Becken ...	18
8. Eine Quelle als Ursache der Opalbildung	29
II. Petrographisch-paläobotanischer Abschnitt.	
9. Der Opalfels unter dem Mikroskop	33
10. Mikroskopische Beschreibung	36
10 a. Verkieselter Moostorf	36
10 b. Verkieselter Blätter-Moostorf	39
10 c. Verkieselte Gyttja	42
10 d. Kiesel-Eisen-Gel	43
11. Versteinte Hölzer	45
11 a. <i>Lillia viticulosa</i> Unger	45
11 b. <i>Ulmium</i> sp.	52
11 c. <i>Quercinium heliotoxyloides</i> Felix	56
12. Einkieselung, Durchkieselung, Verkieselung	60
13. Versteinung der Hölzer (Zusammenfassung)	61
14. Ein verkieselter Stoßzahn	62
15. Literatur	63
Nachwort	68

Zusammenfassung

Das Kieselgestein der Csatherberge im südlichen Burgenland ist ein Opalfels jungpannonischen Alters.

Es ist eine Bildung der Seeküste; sein Stoff wurde von einer längst versiegten Quelle aus dem paläozoischen Serpentin des Untergrundes gelöst und an der Oberfläche abgesetzt.

Diese Quelle war vermutlich ein bikarbonathaltiger Sauerling, dessen Kohlensäuregehalt an der Oberfläche entwich, wobei die Reaktion von sauer in alkalisch umschlug.

1. Opalfels in der Eisenberg-Gruppe

(Tafel V)

Die vom Wechsel-Gebirge kommende Pinka durchfließt das Burgenland in breitem Tale, in dem die Städtchen Pinkafeld und Oberwart liegen. Bevor sie jedoch österreichisches Gebiet verläßt, durchbricht sie in einem engen, gewundenen Talstück eine Berggruppe, welche nach ihrer höchsten Kuppe (415 m) als Eisenberg-Gruppe bezeichnet wird.

Diese Berge ragen inselartig aus der tertiärerfüllten Niederung empor. Sie sind nichts anderes als ein von Brüchen ausgeformter Horst, dessen Entstehungsgeschichte bisher kaum bekannt war. Das Pinkatal aber, welches diesen Horst durchquert, ist geradezu als Muster eines von oben her eingesenkten, epigenetischen Tales anzusehen.

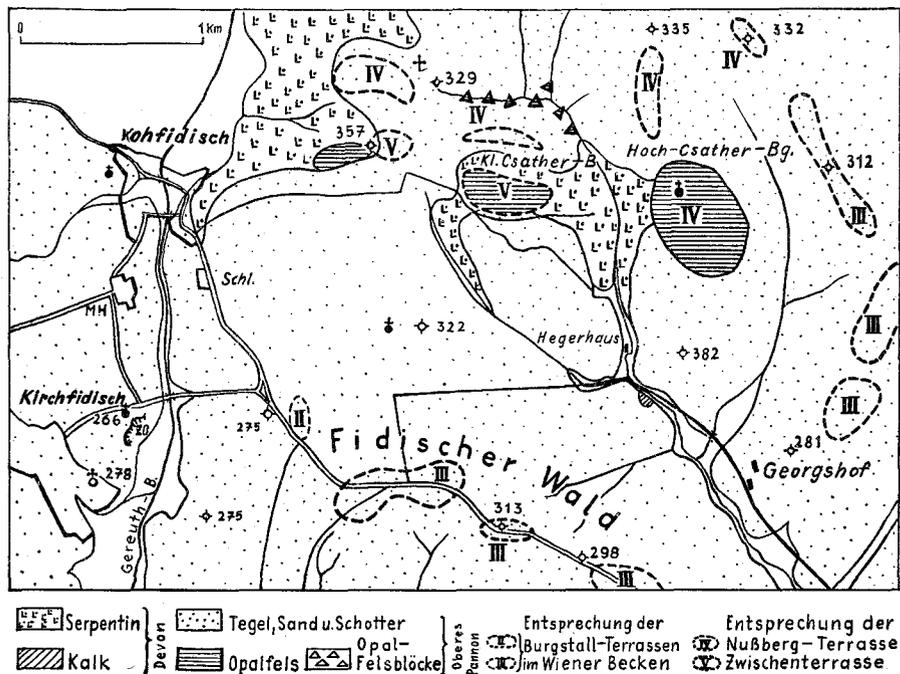
Die Eisenberg-Gruppe besteht aus altzeitlichen (silurischen, devonischen und karbonischen) Gesteinen. Die ersten — und bislang die einzigen — Fossilfunde wurden von Hoffmann anlässlich seiner Kartierung gemacht und von Toulia 1878 beschrieben; aber erst 1925 wurden diese Berge von Benda eingehender kartiert, schichtenmäßig geordnet und beschrieben.

Bei dieser Kartierung wurde auch der Opalfels (Opalit) der Csatherberge kartenmäßig dargestellt, welcher dem altzeitlichen Sockel in geringer Menge aufgelagert ist. Dieses auffällige Gestein fällt so sehr aus dem Rahmen der am Alpenostrand vorkommenden jüngeren Ablagerungen, daß seine Entstehung trotz des Erklärungsversuches von Benda wenig verständlich war. Die Untersuchung des pflanzlichen Versteinerungsinhaltes durch E. Hofmann warf wohl einiges Licht, doch verzichtet die Paläobotanikerin bewußt auf eine Deutung der Gesteinsentstehung. Ebenso wenig schien das Alter festzustehen. Daher wurde dieses Gestein zum Gegenstand einer Studie gemacht. Es war ursprünglich beabsichtigt, die neuen Erkenntnisse gemeinsam mit den Ergebnissen von Untersuchungen an oberpannonischen Schichtgesteinen vorzulegen. Dies wäre durch die neue Altersdeutung gerechtfertigt gewesen; allein die so sehr abweichende Ausbildung und Entstehung war der Grund, den Opalfels gesondert zur Sprache zu bringen. Um seine Bildung zu erklären, mußte zu den chemischen Grundlagen der Gesteinskunde hinabgegriffen werden; hiedurch wurde der Untertitel dieser Studie erfordert.

Die Geländeuntersuchungen wurden teilweise im Auftrag der Geologischen Bundesanstalt durchgeführt. Viele Fachgenossen haben an dem Zustandekommen dieser Arbeit Anteil genommen. Herr Professor Dr. H. Zapfe gestattete in freundlicher Weise die Benützung der Hilfsmittel und der Bücherei der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums. Die Herren Professor Dr. L. Waldmann und Doz. Dr. H. Meixner halfen bei der Untersuchung der Dünnschliffe, die Herren Dr. P. Wieden und A. Preisinger führten mineralogische und chemische Untersuchungen durch. Herr Dr. Dr. h. c. K. Friedl gestattete den Einblick in Bohrergebnisse, Herr F. Brix teilte einige wichtige Einzel Tatsachen mit und Herr Dr. E. Kamptner stellte seine Kenntnisse der mikroskopischen Arbeitsverfahren und des Schrifttums zur Verfügung und wirkte bei der Herstellung und Auswertung der mikroskopischen Aufnahmen mit, die von Herrn H. Petrak in wohlgelegener Weise hergestellt wurden. Allen genannten Herren bin ich für ihre wertvolle Hilfe aufrichtigen Dank schuldig.

Den Eisenberg erreicht man am besten von der im Pinka-Durchbruch liegenden Ortschaft Burg. Zum Opalfels aber kommt man, nachdem man über Woppendorf und Badersdorf am Gebirgsrand entlang nach Kohfidisch gelangt ist; ein Fahrweg führt durch den Wald zu dem nur im Herbst bewohnten Winzerdorf Csatherberg¹⁾, welches 2 km genau westlich von Kohfidisch liegt.

Benda's Karte zeigt an dieser Stelle einen eirunden Fleck von Opalfels, welcher von NW nach SE etwa 700 m mißt. In Wirklichkeit sind es drei nichtzusammenhängende Vorkommen, welche 2 km in ost-westlicher



Richtung voneinander entfernt sind. Alle drei liegen dem paläozoischen Grundgebirge unmittelbar auf, stehen aber andererseits in randlicher Verbindung mit dem Tegelsand, welcher die Waldhügel weit und breit bildet. Dieser Tegelsand ist zwar in der näheren Umgebung ganz fossiler, doch ist sein jungpannonisches Alter durch Funde in der weiteren Umgebung, durch Kartierung und besonders durch die noch zu erwähnenden Schurfb Bohrungen sichergestellt. Bereits in dieser Weise gibt sich der Opalfels als Randbildung des jungpannonischen Süßwassersees zu erkennen.

Das östlichste Vorkommen ist das größte. Es hat im Kartenbild eine Erstreckung von fast 700 m und bildet die rebenbedeckte Höhe des Hoch-Csatherberges, welcher als Landmarke eine weithin sichtbare Kapelle trägt. Es wird von einem Weg gequert, an welchem die einzige

¹⁾ So auf der österreichischen Karte 1 : 50.000; sonst auch Czatterberg, Csádberg oder Tschatterberg geschrieben.

Stelle liegt, wo Opalfels anstehend sichtbar ist. Gegen Westen zu grenzt er an den Serpentin, während er nach allen anderen Seiten von Tegelsand begrenzt wird.

Die Opalmasse des westlich davon liegenden Kleinen Csatherberges ist nur 500 m lang und erstreckt sich von der oberen, nach Osten weisenden Zeile von Winzerhäusern (bewohnbaren Weinkellern) des genannten Winzerdorfes bis hinauf an den Waldrand im Norden, aber fast ohne sich in diesen Wald hinein auszudehnen. Hier hat man vielmehr in zahlreichen kleinen Schlitzen nach einem geeigneten Baustein gesucht und dabei Serpentin angetroffen. Die Opalfels-Decke trägt in ihrer Gänze Weingärten; es ist diesem Umstand zu danken, daß sie verhältnismäßig gut studiert werden kann, denn die in Weingärten nötige, tiefreichende Bodenbearbeitung fördert reichliche Bruchstücke des Gesteins zutage, die oft von ziemlicher Größe sind ¹⁾. Im strengen Sinn anstehend ist es hier nicht zu sehen. Die Art des Vorkommens zeigt, daß es über dem Untergrund nur eine ganz dünne Decke von einem oder ganz wenigen Metern Dicke bildet. Infolge seiner Härte und Widerstandsfähigkeit sind Lesesteine des Opalfelses weithin verrollt.

Der Weinbau ²⁾ hat somit mit Treffsicherheit die beiden Kappen von Opalfels ausgewählt. Trotzdem scheinen nicht bodenchemische Gründe für diese Bevorzugung entscheidend gewesen zu sein; es hat vielmehr der verwitterungsfeste Sinter die Bildung etwas steilerer Hänge ermöglicht, die infolge ihrer Südlage den Weinbau anlockten. Ebenso steile Südhänge, von Chloritschiefer gebildet, haben auch auf dem Eisenberg zur Anlage reicher Weingärten geführt.

Auch dieser Opalfels lagert im Westen und Osten auf dem Serpentin, der durch ein von seiner Westgrenze nach Südosten ziehendes Waldtälchen unter dem Tegelsand bloßgelegt wird. Zwischen den beiden großen Sinterkappen aber hat sich ein Tal eingesnitten, welches eng und tief ist und an jener Stelle recht steile Hänge hat. Es beginnt als flache Mulde nordwestlich des Kleinen Csatherberges, nahe einem Waldkreuz. Das Tal ist nicht nur hier in Tegelsand eingetieft, sondern auch weiterhin, solange es nach Osten zieht. Es führt hier den Namen Rech (oder Reh-)graben. Bemerkenswert ist die große Zahl von losen Blöcken aus Opalfels, welche den Grund des Grabens bedecken; ebenso ist es in den von Norden her zustoßenden Seitengräben.

Die tiefste Schicht des Tertiären im Bereich dieses Grabens ist ein grauer, mürber, mittelkörniger Sandstein, welcher dem Serpentin unmittelbar aufliegt; dieselbe Lage ist wiederzufinden über dem Serpentin südwestlich der Kapelle des Hoch-Csather. Nach Querung dieser dünnen Bank tritt das Gerinne in den steilwandigen Graben ein, welcher den Kleinen vom Hoch-Csather trennt. Seine Tiefe beträgt hier vom Gipfel zur Sohle etwa 60 m. In zwei Steinbrüchen wurde hier zeitweise der Serpentin gebrochen.

Dieses Talstück zwischen den beiden Opalitvorkommen ist ersichtlich jünger als diese selbst. Seine epigenetische Entstehung ist wirklich ein-

¹⁾ Der größte, über einen Meter große Block wurde im Schloßpark von Kohfidisch aufgestellt.

²⁾ Er bestand bereits im ausgehenden 16. Jahrhundert, als der französische Botaniker Clusius, als Gast des Grafen Batthyány in Rechnitz weilend, das „Lithoxylon“ aus den Weingärten des Csatherberges untersuchte; siehe E. Hofmann (1928).

drucksvoll. Es wird später dazu dienen, die Altersbestimmung des Opalfelses von der geländekundlichen Seite her zu unterbauen.

Hier und weiter bachab sprechen die Winzer vom „Graben“ schlechthin ohne unterscheidendes Beiwort. Er betritt abermals das Tertiärland, verbreitert sich gegen den Georgshof ganz erheblich und führt schließlich bei St. Katharein den Namen Rodling-Bach.

Das westlichste Vorkommen von Opalfels befindet sich ganz nahe dem Höhenpunkt 357¹⁾ in einem weitläufigen Waldgebiet, welches den Namen Leitenwald führt, u. zw. unweit des Fahrweges auf den Kleinen Csatherberg. Das Vorkommen ist kleiner als die beiden erstgenannten, es wird aber ähnlich wie diese teilweise von Serpentin begrenzt (gegen Norden und Westen), teils aber von dem Tegelsand, den man auf dem Fahrweg antrifft.

Der Serpentin, welcher den Untergrund des Opalfelses bildet, baut auch den Bergrand an der Pinka bei Badersdorf und Kohfidisch auf. Oft ist er dunkel, grüngrau und massig, z. B. in dem großen Steinbruch bei Badersdorf oder auf der eben genannten Höhe mit Punkt 357. An vielen anderen Stellen hingegen ist er sehr deutlich geschiefert. Von der Anfälligkeit dieser Abart für Verwitterung gewinnt man eine Vorstellung in einem kleinen Aufschluß östlich der Schloßmauer von Kohfidisch, an der Abzweigung des Weges auf den Kleinen Csatherberg. Der Umstand, daß der Opalfels auf Serpentin lagert, wird weiter unten den Schlüssel zu seiner Entstehung in die Hand geben.

Unrichtig sind Karte und Profil Benda's, denen zufolge die Sinterdecke allseitig dem Serpentin aufliegt. Die bereits genannte, West—Ost—laufende Zeile des Winzerdorfes auf dem Kleinen Csatherberg liegt bereits in tertiärem Absatze. Auf dem Fahrweg talabwärts (nach Südosten zu) erreicht man nach etwa 300 m eine kleine Kapelle, in deren Nähe bläulichgrauer Tegel ansteht; der Brunnen des nahegelegenen Wirtshauses ist laut Aussage 22 m tief und traf Ton und Sand mit Kohlespuren, aber keinen Kieselsinter.

Genau so ist es auf dem Hoch-Csatherberg. Die den Opalit halbkreisförmig umgebenden Preßhäuser stehen teilweise bereits auf Tegel, zum anderen Teil allerdings noch auf dem Opalfels selbst.

Es sei daher festgehalten, daß das Kieselgestein am Rande des Jungtertiärs gegen den Grundgebirgssockel liegt und somit ein Glied der tertiären Schichtfolge bildet. Darauf muß aber noch eingehender zurückgekommen werden.

Die geologische Karte Benda's zeigt noch ein weiteres gleichartiges Vorkommen auf dem Eisenberg, knapp südwestlich von Trigonometerpunkt 415. Trotz der darauf gewendeten Mühe konnte davon keine Spur gefunden werden; die Angabe scheint somit auf einem Irrtum zu beruhen. Der Eisenberg besteht übrigens nicht aus Serpentin, sondern aus Chlorit-schiefer, der nach Benda durch Umwandlung aus Diabastuff entstanden ist.

Die Opalfels-Kappe des Hoch-Csatherberges liegt zwischen 300 und etwa 345 m Seehöhe. Das Vorkommen des Kleinen Csatherberges erstreckt sich von der Zeile der Winzerhäuser bis auf die Anhöhe, welche sich — trotz

¹⁾ Auf der österreichischen Karte 1 : 50.000 irrtümlich mit 257 m angegeben, ebenso auf der Original-Aufnahmssektion 1 : 25.000, wo die Anhöhe fälschlich als „Kl. Csatter-B.“ erscheint.

des Namens — bis über 360 m erhebt (nach der österreichischen Karte 1 : 50.000). Das westliche Vorkommen wurde genau in derselben Höhenlage gefunden wie jenes des Kleinen Csatherberges.

Der Höhenunterschied zwischen den beiden größeren Vorkommen ist also nicht bedeutend. Dennoch kann — trotz der gleichartigen Gesteinsausbildung und der räumlichen Nähe — ein ehemaliger Zusammenhang in Form einer einheitlichen Decke nicht ohne weiteres behauptet werden. Diese Frage muß später noch eingehend besprochen werden.

2. Der Opalfels als Gestein

Das Kieselgestein der beiden Csatherberge ist trotz seiner geringen Verbreitung in seinem Aussehen so mannigfaltig, daß eine Beschreibung nicht mit wenigen Worten erfolgen kann. Die Beschaffenheit wechselt von Handstück zu Handstück. Hinzu kommt, daß fast keine Aufschlüsse vorhanden sind; auf den Feldsteinhaufen aber liegen alle zu beschreibenden Spielarten in buntem Durcheinander.

Häufig ist das Gestein dicht, vollkommen strukturlos, splitterig und muschelig brechend, wachs- bis fettartig glänzend. Selten nur ist es von rein weißer Farbe und gleicht dann aufs Haar jenen dichten, weißen Sinterbildungen an heißen Quellen, die ich, wenn auch nur in geringen Mengen auf der Halbinsel Reykjanes auf Island fand; die mikroskopische Untersuchung hat sofort gezeigt, daß diese Ähnlichkeit rein äußerlicher Art ist. Häufiger ist der Opalfels infolge seines Eisengehaltes von rötlich- oder grünlichbrauner bis dunkelbrauner, nur selten von rein grüner Farbe. Gar oft ist er geflammt oder gescheckt in verschiedenen braunen, grauen und hellen Tönen mit fast reinem Weiß. Kaum seltener als der dichte ist löcheriger bis poröser Opalit; er verdankt seine Poren nur zum Teil unvollkommen verkieselten Pflanzenresten. Hierher gehören z. B. zylindrische, mehrere Zentimeter lange Hohlräume, die bis 5 mm im Durchmesser haben und wohl im Gestein ausgesparte Pflanzenstengel sind. Andere Hohlräume sind ausgewitterte Limonitknöllchen oder können überhaupt nicht auf eine bestimmte Ursache zurückgeführt werden. Durch lagenweise Anordnung unregelmäßiger, kleiner Hohlräume leiten poröse Abarten über zu geschichtetem Opalfels. Er ist mitunter sehr feinlagig, indem die dünnsten Schichten nur einen oder wenige Millimeter stark sind. In verschiedenen, rötlich- und hellbraunen Tönen gehaltene abwechselnde Lagen sind häufig von verschiedener Porosität und lagenweise auch ganz massig.

Es versteht sich, daß die porösen Gesteinsabarten der Verwitterung weitaus zugänglicher sind als die massigen. Diese verschiedene Anfälligkeit ist besonders dann deutlich, wenn feinluckige und glänzend-dichte Bestandsmassen miteinander unregelmäßig gemengt sind.

Der in den braunen Abarten bereits erhebliche Eisengehalt nimmt manchmal so überhand, daß ein rein limonitisches, erdig-weiches Gestein hervorgeht.

Anführens-wert sind trichterartige Einstülpungen feiner Schichten, welche zentimeterbreit sind und fast doppelt soviel in tiefere Schichten hineinragen; solche Einstülpungen werden von einer Reihe von Schichtchen mitgemacht, bis sich schließlich ein noch jüngeres ungestört über das zugegossene Trichterchen legt. Dieses dürfte wohl nichts anderes sein als eine

durch aufsteigende Gasblasen bewirkte Störung des ebenmäßigen Absatzes.

Unter dem Mikroskop erweist sich das Kieselgestein zu seinem größten Teile als einfach lichtbrechend; es besteht aus Opal, der oft allerlei pflanzliche Reste, aber sonst keine Einzelheiten erkennen läßt, vor allem keine Schichtung. Reichlich, wenn auch an Menge hinter dem Opal zurücktretend, sind glasklare Bestandmassen von Chalzedon, welche unregelmäßige, aber stets kleine Hohlräume im Opal restlos erfüllen oder mit einer Schichte auskleiden.

Zahlreiche Einzelheiten können erst später nachgetragen werden, aber schon an dieser Stelle muß dem Gestein ein geeigneter Name zugelegt werden.

Es ist natürlich nicht damit abgetan, die Bezeichnung Opal zu verwenden, denn Opal ist ein Mineral. Auf den Csatherbergen aber lagert ein aus Opal bestehendes Absatzgestein, welches in stehendem Süßwasser gebildet worden ist, wie sein Fossilinhalt zeigt. Nachdem ein aus Quarz bestehendes Gestein Quarzit heißt, muß ein aus Opal bestehendes Gestein als Opalit oder als Opalfels bezeichnet werden unter Verwendung eines von Cayeux eingeführten Wortes. Wenn man aber von einem Süßwasseropal spricht, so dürfte Bildungsweise und Wesen des Gesteins bereits klarstehen; diese Namen sind also gleichwertig.

Es wird später noch die Rede davon sein, daß sich der Opal aus einer Lösung durch Ausfällung gebildet hat. Er gehört demnach zu den chemischen Absätzen. Da er sich über einen gelartigen Zustand gebildet hat, könnte man ihn in die Gruppe der Gelite oder Gel-Gesteine einreihen, welche Storz zwischen die chemischen und die klastischen Absätze eingeschoben hat; er rechnet zu den chemischen nur solche, die aus Lösungen kristallisiert sind.

Storz hat seine Gruppe der Gelite geschaffen für Kieselgesteine, welche in gelartigem Zustand in dolinenartigen Hohlformen der Diamantenvüste Südwestafrikas abgelagert wurden und sich später zu Opalfels verfestigt haben. Diese Kieselsäure ist ein Ergebnis tertiärer Wüstenverwitterung und hat nichts mit dem Opalit des Csatherberges gemein als die Entstehung aus Gel und die mineralogische Zusammensetzung aus Opal. Wegen der letzteren aber gelangt dieser Opalfels in jene Gruppe von Cayeux' Gliederung der Kieselgesteine, in welcher sich auch der Menilit aus den Gipsmergeln der Umgebung von Paris befindet, ferner der Harzopal (opale résinite) aus dem unteroligozänen Calcaire blanc de l'Agenais und der „Schwimmende Opal“ aus dem gipsführenden bartonischen Mergel des Pariser Beckens. Man sieht, daß diese von Cayeux zusammengefaßten Bildungen gar keine „Gesteine“ im strengen Sinn des Wortes sind, sondern als konkretere Gebilde lediglich Bestandteile von solchen darstellen. Aus diesen Gründen spricht Cayeux nur von „accidents siliceuses“ (vielleicht mit „kieselige Gebilde“ wiederzugeben) und nicht von „roches siliceuses“. Die genannten Bildungen entstehen auch gar nicht unmittelbar durch Ablagerung, sondern erst bei der Gesteinswerdung (Diagenese) einer Ablagerung. Der Opalfels der Csatherberge aber ist ein wirkliches Gestein und als solches ein echter Vertreter der Cayeux'schen Gruppe der Opalite. Zu diesen muß natürlich auch der hornsteinartige Opalfels der Diamantenvüste gestellt werden, ferner auch die Kieseldecken der Serpentine, wenn

sie wie meist aus Opal bestehen (Hiessleitner), und vor allem Geysirit und die Kieselsinter heißer Quellen.

3. Tierische Versteinerungen im Opalfels

Der Inhalt des Opalfelses an Versteinerungen besteht aus Schnecken-schalen und Pflanzenresten. Diese Reste sind geeignet, viele der bei der Gesteinsentstehung herrschenden Umstände aufzuklären.

Leider sind die Schneckenhäuser nicht mit ihrer Kalkschale erhalten; außerdem sind ihre Steinkerne mit dem Gestein so innig verwachsen, daß sie nicht freigelegt werden können. Man ist daher beschränkt auf die weniger vollkommenen ausgewitterten Stücke.

Herr Dozent Dr. A. Papp hatte die große Freundlichkeit, die Funde zu untersuchen und bestimmte die folgenden Schnecken.

Cepaea (Megalotachea) sp.

Zwei Stücke vom Hoch-Csatherberg. Diese Form ist relativ groß mit relativ dickschaligem Gehäuse. Sie ist mit einer Art vom Eichkogel bei Mödling zu identifizieren, welche von Wenz zu Unrecht als *C. Christoli* Matheron bezeichnet wurde. Diese *Cepaea* ist eine neue, noch nicht beschriebene Art.

Planorbis (Anisus) cf. confusus Soos.

Zahlreiche Stücke vom Hoch-Csatherberg. Diese kleine Form tritt ebenfalls auf dem Eichkogel bei Mödling auf und wurde auch aus Öcs in Ungarn beschrieben.

Limnaea sp.

Ein Gehäuse einer schlanken Form ¹⁾ vom Kleinen Csatherberg.

Das Alter der Fundschichten ist deshalb als oberes Pannon, Äquivalent der Zone H im Wiener Becken anzugeben (bis hierher Doz. Dr. Papp).

Wenn man sich die Ansichten des Verfassers zu eigen macht, dann muß man freilich den Eichkogelkalk und damit auch seine Entsprechungen im südlichen Burgenland in die Blaue Serie, also in die Zone G, versetzen.

Durch diese Bestimmungen sind alle Vermutungen (E. Hofmann 1929) hinfällig, daß der Opalfels etwa altquartäres Alter haben könnte.

4. Pflanzliche Versteinerungen im Opalfels

Ebenso bedeutsam wie die Weichtierreste sind die versteinten Pflanzen des Opalfelses. Bei wiederholten Besuchen konnte eine Anzahl von Kieselhölzern aufgefunden werden. Bedeutsamer sind die Stücke, die ich der Liebenswürdigkeit von Frau Gräfin J. Palffy und der Herren J. Wölfer, Direktor J. Rehling und H. Toth verdanke. Weitere Stücke liegen im Burgenländischen Landesmuseum in Eisenstadt. Auf den folgenden Seiten wird sich herausstellen, wie dringend nötig eine Neubearbeitung dieser Hölzer ist.

Außer den Hölzern lieferte sowohl der Hoch-Csather als auch der Kleine Csatherberg Blattreste. Sie sind in grauen, kieseligen Ton gebettet und heben sich als weiße, kieselige Beläge von dem grauen Gestein gut ab.

¹⁾ In ihren Abmessungen entspricht sie gut den von Schlosser aus dem Kalk des Eichkogels unter dem Namen *Limnaeus cf. Bouilleti* Michaud verzeichneten Gehäusen (Verfasser).

Trotz dieser hübschen Erhaltungsweise sind die bisherigen Funde wegen ihrer Unvollständigkeit nicht bestimmbar.

Daß manche der röhrenförmigen Hohlräume im Gestein als Abformungen von Gräsern zu deuten sind, wurde schon erwähnt. Darüber hinaus gelang es in einem Fall, auf dem Hoch-Csather verkieselte Grashalme aufzufinden. Sie sind von heller Farbe und stecken in größerer Zahl in braunem, wenig löcherigem Opalit. Die meisten befinden sich mehr oder weniger in der gleichen Stellung, andere liegen quer dazu. Es handelt sich also um verkieselten Grastorf mit teils aufrecht stehenden, teils umgesunkenen Halmen.

An neueren Untersuchungen der Hölzer der Csatherberge liegen nur die Untersuchungen von E. Hofmann vor; leider befinden sich die von ihr untersuchten Stücke nicht in österreichischen Sammlungen.

Jene Kieselhölzer, welche von J. Felix beschrieben worden sind, stammen teils vom „Csatterberg“, teils aber vom „Csattergraben bei Kholdisch“. Begehungen haben klar gezeigt, daß im „Graben“ keine Holzreste zu finden sind ¹⁾; die Angabe erklärt sich jedoch leicht, da ja der Opalfels des Hoch-Csatherberges ziemlich weit ins Tal herabreicht. Es sind daher die unter dem Fundort „Csattergraben“ bestimmten Hölzer dem Hoch-Csatherberg zuzuweisen, während von den übrigen nichts genaues gesagt werden kann.

J. Felix konnte die folgenden Arten bestimmen beziehungsweise benennen:

Cupressoxylon pannonicum (Unger) Felix

Quercinium staubi Felix

Quercinium helictoxyloides Felix

Alnoxylon vasculosum Felix

Lillia viticulosa Unger

Von *Cupressoxylon pannonicum* hat Gothan die Zugehörigkeit zu den Taxodien nachgewiesen und bezeichnet solche Holzreste als *Taxodioxylo sequoianum* Mercklin. Den älteren Namen Unger's verwarf er wegen unzureichender Beschreibung. Er erkannte an feingebauenen Einzelheiten, daß dieses Holz von der noch lebenden *Sequoia sempervirens* stammt, brachte aber diese Erkenntnis nicht namensmäßig zum Ausdruck, weil das Holz von *Sequoia sempervirens* dem der Taxodien recht ähnlich ist und gar nicht immer davon unterschieden werden kann ²⁾. In Amerika allerdings führt versteintes Sequoienholz die trefflichere Bezeichnung *Sequoioxylo* (man vergleiche etwa das Lehrbuch von Arnold).

Sequoienzweiglein kommen in manchen Schlammproben der lignitischen Schichten der sogenannten Schwarzen Serie (Oberes Pannonium, Zone F) aus der nahen Umgebung der Eisenberggruppe so massenhaft vor,

¹⁾ Eine Ausnahme macht ein allerdings verkohltes Stück, welches ich der Freundlichkeit von Herrn K. Kiraly aus Hannersdorf verdanke; es soll von der Einmündungsstelle des linken Seitengrabens beim Georgshof stammen, ist aber leider wegen des ungenügenden Erhaltungszustandes nicht bestimmbar.

²⁾ Das Holz von *Sequoia gigantea* hingegen ist dem Zypressenholz so ähnlich, daß es in versteintem Zustand zur „Gattung“ *Cupressinoxylo* gerechnet wird. Diese Umstände bilden einen Teil jener Gründe, welche manche Forscher veranlaßt haben, die beiden Mammutbäume verschiedenen Gattungen zuzuweisen; so unterscheidet Radais *Eusequoia* und *Wellingtonia*. Vergleiche auch Florin's Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Coniferen.

daß man an die „fossile Waldstreu“, mancher deutscher Braunkohlen denken muß, die ebenfalls von den im Herbst abgeworfenen Kurztrieben der Sequoien stammt.

Für versteinertes Eichenholz stellte Unger 1842 die „Gattung“ *Quercinium* auf, welcher Felix zwei neue Arten aus dem Opalfels hinzufügt.

Im Feinbau von *Quercinium staubi* findet Felix Beziehungen zur lebenden Art *Quercus castaneifolia* C. A. Mey (auch *Qu. castaneifolia* geschrieben). Diese Art lebt im Kaukasus und gehört zur Untergattung *Lepidobalanus*. Innerhalb dieser wird sie zur Sektion *Cerris* und zur Untersektion *Eucerris* gestellt, also in die allernächste Nähe von *Quercus cerris*. (Krüssmann; Flora U. S. S. R.)

Diese Umstände werden erwähnt, weil E. Hofmann (1929) vom Csatherberg Holz der echten *Quercus cerris* bestimmt hat. Es ist nach vorstehendem durchaus wahrscheinlich, daß ihr dieselbe Art vorgelegen hat wie Felix. Ob die von beiden Forschern untersuchten Stücke mit demselben Namen zu belegen sind und in welchem Verhältnis *Qu. staubi* zu *Qu. cerris* steht, kann nur aus einer Neuuntersuchung der drei im Museum der Ungarischen Geologischen Staatsanstalt liegenden Stücke von *Qu. staubi* hervorgehen. Es ist diese Art, soweit meine Kenntnis reicht, von keinem anderen Fundort bekannt geworden. Man weiß auch nicht, zu welchem der zahlreichen beschriebenen und benannten Blätter das Holz gehört.

Als *Quercinium helictoxyloides* bezeichnete Felix ein Stück des Wurzelholzes einer Eiche, weil er es nicht einer bestimmten Eichenart zuordnen konnte. Dieses Holzstück verdient auch Aufmerksamkeit durch die daran erhalten gebliebene Rinde. Ein neu aufgefundenes Stammstück gehört zweifelsohne zu dieser Art und beweist ihre Selbständigkeit. Bedeutsam für die Klimakunde des Pannoniums ist der Nachweis, daß diese Art immergrün war.

Alnoxydon vasculosum wird von Felix vermutungsweise auf Blätter namens *Alnus hörnesi* bezogen, die für ihn (nicht aber für Berger) mit *Alnus kefersteine* synonym sind. Von diesem Erlenholz fand sich bisnun im Opalfels nur ein einziges Stück, welches Felix als Wurzelholz ansieht.

Die von Unger 1842 aufgestellte Gattung und Art *Lillia viticulosa* ist nach Felix (1883) ein Schlinggewächs und gehört zu den Menispermaceen¹⁾.

Lillia viticulosa soll dem heute in Indien lebenden *Cosciniun fenestratum* Colber im Aufbau des Holzes ähnlich sein, doch will dies nicht viel besagen in Anbetracht der vielen Gattungen und Arten der Familie, die keineswegs alle von Felix zum Vergleiche herangezogen worden sind. Auch waren die von ihm untersuchten Reste weit weniger gut erhalten als die Neufunde; (siehe Tafel I, Fig. 1). Einer von diesen wurde anatomisch untersucht. Hierbei wurden bisher unbekannte Organe in Form randständiger Stränge aufgefunden, welche sich als innere Wurzeln erwiesen. Sie könnten es vielleicht erfordern, die Frage nach der familienmäßigen Zuordnung der Gattung *Lillia* erneut aufzurollen.

¹⁾ Die Familie der Menispermaceen (Mondsamengewächse) umfaßt meist schlingende Holzpflanzen, die in vielen Arten, vorwiegend in den Tropen der Alten und der Neuen Welt vorkommen, aber auch in Nordamerika (Kanada) und von Sibirien bis China und Japan heimisch sind.

Die Art ist bisher nur von Ranka in Ungarn und vom Hoch-Csatherberg bekannt. Von letzterem Fundort untersuchte Felix zwei Stammstücke, welche die Dicke eines Kinderarmes hatten.

Unter den erwähnten neuen Funden befinden sich nicht weniger als drei Stücke dieses seltenen Gewächses. Zwei davon sind samt der Rinde erhalten. Das dickste hat samt der Rinde einen Durchmesser von etwa 5 cm. Dort, wo das Stück angewittert ist, heben sich die zahlreichen breiten Markstrahlen weiß von der dunkler gefärbten Holzmasse ab. Im unveränderten Zustand erkennt man, daß der Markstrahl in dichte Opalmasse verwandelt ist, während im Holz die einzelnen Gefäße mit freiem Auge kenntlich sind. Die dicke Rinde ist von lockerem Gefüge, von weißer Farbe und außen mit zahlreichen feinen, dicht nebeneinanderliegenden Querrizeln bedeckt. Bei einem anderen Stück fehlt die Rinde zum größten Teil; sie scheint bereits vor der Verkieselung entfernt worden zu sein. Man erkennt hier, daß der Holzkörper mit zahlreichen dichtstehenden und scharfen Längsriefen versehen ist. Ein drittes Stück mißt 2 cm im Durchmesser; seine weiße Rindenschicht zeigt kräftige, strangartige Längswülste.

Indem E. Hofmann (1929) aus dem Opalfels Holz der schon erwähnten Zerreiche bestimmte, besaß sie in lange vergangener Zeit einen Vorläufer in dem Botaniker Clusius, der bereits am Ende des 16. Jahrhunderts das „Lithoxylon“ des Csatherberges zu Gesicht bekam. Es geschah dies auf seinen Reisen als Gast des Grafen Batthyány. Er berichtet darüber in seinem Werk „Rariorum plantarum historia“ (Antwerpen, 1601). Geradezu erstaunlich ist der Scharfblick des französischen Botanikers, welcher trotz der ungenügend optischen Hilfsmittel seinerzeit erkannte, daß ihm versteinte Stücke der Zerreiche vorlagen. Es ist dies die erste genaue Bestimmung eines Fossils in Österreich.

Außerdem bestimmte E. Hofmann aus den Beständen des Museums von Steinamanger folgende Funde vom Csatherberg:

Taxodioxyton taxodioides Conwentz
sowie Hölzer der folgenden Arten:

Fraxinus excelsior L., die gemeine Esche,

Tilia sp., Linde.

Sie verwendet also für eines der Hölzer den von Gothan 1906 abgelehnten Namen *Taxodioxyton taxodioides* und bezieht dieses Holz auf die in den Südstaaten von Nordamerika lebende Sumpf- oder Eibenzypresse, *Taxodium distichum* Rich. Daraus kann man schließen, daß sie ¹⁾ *T. taxodioides* Conwentz als ein Synonym von *T. taxodii* Gothan betrachtet. Die Sumpfyypresse ist an sehr feuchten Boden, wenn schon nicht an stehendes Wasser selbst gebunden. Neben der immergrünen Sequoie ist sie es, die an der Entstehung der Braunkohle mengenmäßig am meisten beteiligt ist. Ihr Zusammenvorkommen mit der keineswegs in Sümpfen, sondern an Berghängen gedeihenden Sequoia hat seit langem Befremden erregt (siehe Pia); eine Lösung dieses Widerspruches deutete Kubart an, indem er die Vermutung aussprach, daß *Taxodioxyton taxodii* Gothan nicht von der Sumpfyypresse *T. distichum* herstamme, sondern von der zweiten *T.*-Art, nämlich von *T. mexicanum* Carr. Diese steht der ersten Art sehr nahe

¹⁾ Ebenso wie auch Kubart.

und ist im Feinbau ihres Holzes von ihr nicht zu unterscheiden, lebt aber auf ähnlichen Standorten wie die immergrüne Sequoie, indem sie feuchte Bergwälder bildet.

Die von ihr bestimmten Hölzer der Eiche, Esche und Linde nennt E. Hofmann *Quercoxylon*, *Fraxinoxylon* und *Tilioxylon*. Diese Bezeichnungen entsprechen jedoch nicht den strengen Regeln der Namensgebung und werden daher von Edwards verworfen. Der Name *Quercinium* Unger hat vor *Quercoxylon* das Altersvorrecht und ebenso *Ornoxylon* Felix vor *Fraxinoxylon*. Außerdem aber haben die sogenannten „Formnamen“ (welche bloße Teile von Lebewesen bezeichnen) nur dann eine Berechtigung, wenn und solange die Zugehörigkeit eines an sich wohlgekennzeichneten Restes zu einer bestimmten Art nicht feststellbar ist. Da dies aber in den vorliegenden Fällen möglich ist, will Edwards diese Reste schlicht als *Quercus ceris* L. und *Fraxinus excelsior* L. bezeichnet sehen. Das Lindenholz vom Csatherberg aber ist das einzige Lindenholz überhaupt, welches als Versteinerung bekannt ist. Da es artlich weder bestimmbar noch zuordenbar ist, beläßt ihm Edwards die Zugehörigkeit zur „Gattung“ *Tilioxylon* E. Hofmann.

Die Zerreiche, auch Österreichische Eiche genannt, wächst heute wohl auch in Mähren und Ungarn, hat aber dennoch ihr Hauptverbreitungsgebiet in Süd- und Osteuropa und im vorderen Orient. Die gemeine Esche wächst in nördlicheren Breiten bis 62° ebenso wie im Orient und vermag daher in klimatischer Beziehung nichts auszusagen.

Die Sequoie und die Taxodie aber sind an ziemlich feuchten Boden und an wärmeres Klima gebunden ¹⁾, wenn auch einzelne gepflanzte Stücke in Mittel- und sogar Nordeuropa gut fortkamen ²⁾. Nicht auf solche soll man sich bei klimatischen Erwägungen stützen, sondern auf natürlich gewachsene Pflanzenbestände.

Beide Bäume waren im Tertiär in Europa (wie übrigens auch in Asien und Nordamerika) weit verbreitet; die Eiszeit war es, welche sie so weit nach Süden drängte, bis sie in den trockeneren Mittelmeerländern kein Gedeihen mehr fanden und in der alten Welt ausstarben. Ungleich anderen Bäumen blieb ihnen daher die Rückkehr in ihre alten Wohnsitze versagt. Sequoien und Taxodien kommen daher in quartären Ablagerungen in Europa nicht vor. Man wird daher Schichten, die ihre Reste bergen, unbedingt ins Tertiär verweisen müssen.

Das Vorkommen dieser Bäume auf der Kuppe des Csatherberges setzt eine von der heutigen wesentlich verschiedene Landschaft voraus, weswegen ihr Zeugnis auch aus diesem Grunde für höheres als quartäres Alter steht. Es stehen also paläozoologischer und paläobotanischer Befund im besten Einklange.

¹⁾ Die Jahresisotherme für 20° geht einerseits durch die Halbinsel Kalifornien und die Staaten Nevada und Arizona, anderseits durch Algier, Zypern und das südlichste Anatolien. Diese Bäume wachsen also keineswegs in tropischem Klima; in den Dismal Swamps des südwestlichen Nordamerika kommen sogar im Winter regelmäßig Nachtfröste vor (Pia).

²⁾ Bezügliche Angaben hat Rössler zusammengestellt. Auch in Wien (18. Bezirk, Pötzleinsdorfer Park) gibt es starke Stämme der Sumpfpypresse und des Mammutbaumes, an deren Standorte mich Herr Dr. E. Kamptner in liebenswürdiger Weise geführt hat.

Bedeutsam ist ein Vergleich der Csather Pflanzenwelt mit heutigen Sumpfwäldern, vor allem mit den Dismal Swamps von Virginia und Nord-Carolina. In den weniger nassen Teilen dieser Sumpfwälder tritt die Sumpfyzypresse gegenüber Laubbäumen an die zweite Stelle. Unter diesen kommt vor allem das Myrtengewächs *Nyssa* vor, ferner aber noch Ulmen, Eschen, Erlen, Ahorne, Pappeln, Eichen, Weiden, Hainbuchen, Föhren, *Lyriodendron* (Tulpenbaum), *Liquidambar* (Amberbaum), Magnolien (nach Pia). Man sieht, daß die Csather Pflanzenwelt ein ganz gutes Spiegelbild der wenigen nassen Teile der virginischen Moorwälder ist. Dieser Schluß gewinnt an Bedeutung, wenn man bedenkt, wie gering die Anzahl der untersuchten Fundstücke ist, wenn auch Hölzer im Opalfels nicht selten sind. Immerhin gehört die Sumpfyzypresse dem feuchteren Gürtel dieser Moore zu, die anderen Bäume, vor allem die Eiche und Föhre, den minder feuchten. Wir hätten uns also als Heimat der Holzreste keineswegs einen reinen Sumpfwald vorzustellen, sondern eher einen feuchten Niederungswald. Wer sich aber die Vermutung Kubart's zu eigen macht, bezüglich *Taxodium mexicanum*, der müßte sogar an Wälder feuchter Hügel und Vorberge als Vergleichsgegenstand denken.

Reste dieser Pflanzengesellschaft sind nun in einen Absatz des jung-pannonischen Süßwassersees geraten. E. Hofmann fand in Schliffen des Opalfels neben zersetzten Holzresten und Ästen auch Epidermen, Stengel, Blätter und Moosblättchen. Auffällig ist das Vorkommen von Föhrenpollen, da unter den Hölzern kein zugehöriges (*Pinuxylon*) vorkam. Mit Recht deutet sie diese Anhäufung von Pflanzenstoffen als verkieselten Torf. Es ist nicht anzunehmen, daß solches feines Pflanzenhäcksel von weiter, etwa von der Küste der Grazer Bucht, angetriftet kam. Noch weniger wahrscheinlich ist dies von dem verkieselten Moostorf, der noch beschrieben werden wird. Man hat ohne Zweifel die Pflanzengesellschaft vom Gestade des winzigen Csather Inselchens vor sich, vielleicht auch jene eines ehemaligen Verbindungsstückes mit dem Eisenberg, welches heute nicht mehr besteht. Dies muß auch für die größeren Holzstücke gelten, denn Strömungen, die solche Stämme anbringen hätten können, hätten die feineren Stoffe gewiß weithin verschwenmt. In diesen Schlußfolgerungen wird man bestärkt durch die an manchen Fundstücken (*Quercinium helictoxyloides*, *Lillia*) erhalten gebliebene Rinde, die sich vermutlich bei längerer Verflößung abgelöst hätte.

5. Die Landschaft im Pliozän

Noch gebieterischer als die Sumpfyzypresen verlangen die Planorben und Schlammschnecken die Annahme eines sumpfigen Ufersaumes. Mit solcher Landschaft steht die Bildung von Torf in gutem Einklang.

Ein Torfmoor auf dem Eisenberg kann gewißlich nicht angenommen werden in jenen späten Zeiten, als er bereits eine inselähnliche Bergkuppe inmitten des trocken gelegten Grazer Beckens war. Der Opalfels ist eine Bildung des pannonischen Süßwassersees, in welchem die Wasserschnecken lebten. Am Strande der Insel wuchsen die Sumpfyzypresen und Sequoien, am Strande sammelte sich der Pflanzenmoder an. Auf jeden Fall ist der pflanzenreiche Opalfels eine Bildung des ruhigen, stillen Strandes.

Gerade aus diesem Grund aber kann er als eine Strandmarke angesehen werden und hat als solche keine geringere Bedeutung als Brandungsterrassen an Steilküsten. Es darf daher der Versuch gemacht werden, die Ablagerungen der Csatherberge einzubauen in die Terrassenfolge des pannonischen Gewässers.

Infolge ihrer Höhenlage ordnen sich die beiden westlichen Opalitvorkommen zwanglos der Hassinger'schen Terrasse V zu, welche von Küpper zwischen Baden und Wien verfolgt worden ist. Sie ist dort zwar geländekundlich weit weniger auffällig als die unmittelbar darüber oder darunter liegenden Terrassen, doch ist sie an einer Anzahl von Stellen nachgewiesen in Höhenlagen, die stets knapp unter 360 m liegen. Die Opalitdecke des Kleinen Csatherberges bedeckt diesen bis zu seiner Höhe in etwas über 360 m. Die Anhöhe mit Punkt 357 samt dem daran haftenden, kleinen Opalitvorkommen stimmt ebenfalls trefflich mit Terrasse V überein. Eine kleine Restfläche, die sich unmittelbar östlich von Punkt 357 erhalten hat, steht in unmittelbarem Zusammenhang mit diesem Vorkommen.

Auf dem Hoch-Csather reicht der Opalfels ebenfalls bis zur Höhe, die aber wenig über 340 m liegt und erstreckt sich bis fast 300 m herab. Dieses Vorkommen ordnet sich daher Hassinger's Terrasse IV zu.

Der bereits genannte Rechgraben hat sich in eine Fläche eingesenkt, welche nördlich der Opalfelskappen ausgedehnt ist. In 330—340 m liegend, trifft man sie in der Nähe des Kreuzes nordwestlich von Punkt 357 und nördlich des Kleinen Csatherberges, ferner zwischen dem Hoch-Csather und Punkt 335 sowie nordwestlich davon, bei Punkt 332 (österreichische Karte 1:50.000). Diese Flächen sind keineswegs mit Schotter bedeckt, was auch nicht zu erwarten ist angesichts der Inselnatur der Eisenberggruppe zur Zeit des jüngeren Pannon. Es erstreckt sich hier also eine reine Abtragsform des bewegten Seewassers, welche gleichalt ist mit dem Opalit des Hoch-Csather und der Terrasse IV des Wiener Beckens entspricht; sie ist nur wenig jünger als die etwas höheren Kieselkappen westlich davon.

Im Osten und Süden sind die Csatherberge umgeben von einem weiten Kranz von Flächenresten in rund 300 m Höhe, welche daher Hassinger's Spiegelstand III entsprechen. Diese Ebenheiten müssen deshalb etwas ausführlicher zur Sprache kommen, weil sie manche Eigenheiten weit deutlicher zeigen als ihre höhen- und altersmäßigen Entsprechungen im Wiener Becken; sie sind nämlich nicht wie dort nur schmale Säume an einem Gebirgsrand, sondern umlaufende, breite Flächen.

Östlich des Hoch-Csatherberges, gegen den Ort Eisenberg, trägt ein langgestreckter Flächenrest die Höhenmarke 312. Die breite Fläche nordöstlich des Georgshofes (in 300—310 m) sowie die gleichhohe im Herrschaftswald gehören ebenfalls dazu. Der Fidischer Wald verdankt die Anlage seiner Form derselben Fläche; ihre Reste werden von der Straße St. Katharein — Kirchfidisch gequert. Am höchsten liegt das Flächenstück östlich von Kirchfidisch sowie um das Kreuz beim Punkt 313. Nordnordwestlich von Harmisch liegt die Fläche nur mehr in 300 m, um weiter nach Südosten noch etwas tiefer abzusinken (bis etwa 295 m). Man hat durchaus den Eindruck, daß es sich hierbei um ein ursprünglich angelegtes Absinken der mit einem bestimmten Wasserstand verbundenen Fläche des Seebodens handelt; von den im Bereich der Wellenspülung liegenden Räumen senkt sich der Boden langsam ab gegen die stilleren Gebiete, in

denen der dort abgospülte Tonschlamm wieder zur Ruhe kommen konnte und nur bei besonders hohem Wellengang wieder in Bewegung geriet. Von Wellenspülung wurde eben gesprochen, um den gewalttätigen Ausdruck Brandung zu vermeiden; man befindet sich nämlich in einer Bucht, welche sich damals bereits in den kaum erst abgesetzten oberpannonischen Schichten zwischen den Csatherbergen und dem Hohensteinmaisberg angelegt hatte. Man könnte sie die Harmischer Bucht nennen.

Indem diese Flächen über den weichen, oberpannonischen Schichten liegen, erinnern sie an ähnliche Verhältnisse in der Landseer Bucht.

Die Fläche III ist nördlich der Csatherberge nicht ausgebildet, denn dort erfolgt der Anstieg von IV zu der höheren Terrasse V; sie befindet sich in dem Gebiet, welches auf den Karten als Theilwald ¹⁾ bezeichnet wird. Ein Rest dieser Terrasse befindet sich östlich von Punkt 376, kleinere Teile liegen südwestlich von Punkt 373 und südöstlich davon an der Straße.

Gegen den Eisenberg zu folgen noch höhere Terrassen. Eine Fläche VI ist kaum angedeutet (Punkt 385). Überaus sinnfällig ist jedoch die Fläche des Eisenberges, welche Punkt 401 trägt und eine halbkreisförmige Zeile von Winzerhäusern an einem vollkommen eben verlaufenden Fahrwege. Diese Fläche ist bereits in einem anderen Zusammenhang erwähnt worden (Kümel, 1953). Gerade die vollkommen ebene Ausbildung läßt es nicht zu, diese Fläche als „Abtragsfläche“ zu bezeichnen und als Ergebnis flächenhafter Erniedrigung anzusehen (Winkler-Hermaden, 1951 b). Eine Deutung als Brandungsfläche wird ihrer Eigenart weit eher gerecht.

Nach Süden bricht diese Fläche steil ab; der Abfall trägt Weingärten. Es müßte diese Fläche die Zahl VII erhalten, doch liegt bei Hassinger eine diese Nummer tragende Fläche etwas höher, nämlich in 415—429 m. Nach Küpper ist eine entsprechende Fläche im Gebiet des Anninger überhaupt nicht vorhanden.

Südöstlich des Eisenberges sind tiefere Marken nicht angedeutet, doch fehlen sie nicht in dem ungarischen Teil der Eisenberggruppe, wenn man nach der Aufnahme-sektion 1 : 25.000 urteilt. Knapp östlich der Grenze ist Terrasse V ausgebildet, während Terrasse III auf dem Osthang des Schildinger Berges um Punkt 307 entwickelt ist, wo sie sich über paläozoische Gesteine breitet.

Diese genannten Spiegelmarken sind in weiten Gebieten die einzigen Zeugen des Seestrandes zu jungpannonischer Zeit, während entsprechende Absätze längst abgetragen sind oder vielleicht gar nicht überall abgelagert worden sind. Lediglich die harten, widerstandsfähigen Opalfelskrusten der Csatherberge zeigen den damaligen Strand selbst an. Andere Zeugen sollen noch erwähnt werden in Gestalt von Süßwasserkalken. Wenn man in diesem Zusammenhang an den Eichkogel bei Mödling denkt, erkennt man, daß es einer witterungsresistenten Ausbildung bedurft hat, um küstennahe oberpannonische Absätze auf unsere Tage kommen zu lassen. Wir gewinnen dadurch auch einen Begriff von der in den Tertiärbecken seither erfolgten Abtragung, deren Ausmaß nicht unterschätzt werden soll. Vor einer Überschätzung wird die Erkenntnis behüten, daß Strandflächen, lediglich in Tegelsand eingeschnitten, an vielen Stellen noch erhalten sind.

¹⁾ Von Ortskundigen wurde mir nur das zwischen zwei Gräben liegende Waldstück nördlich des Kleinen Csatherberges als Theilwald genannt.

Die Einfügung der Kieselkappen in den Rahmen der umgebenden Terrassen hat als Ergebnis die Erkenntnis gezeitigt, daß die beiden größeren Vorkommen nicht streng gleich alt sind. Bei der Geringfügigkeit des Altersunterschiedes nimmt die Gleichartigkeit der Gesteinsausbildung nicht wunder. Die Fauna ist so arm und die Bildungsbedingungen so gleich, daß auch paläontologische Unterschiede nicht erwartet werden dürfen.

Die Auflösung der Opalitdecke in zwei altersverschiedene Anteile gibt ein Mittel an die Hand, die Bildung des schon erwähnten Tales (des „Grabens“) zu erklären, welches zwischen dem Kleinen Csatherberg und dem Hoch-Csatherberg nach Süden läuft. Wären die beiden Opalkappen einst im Zusammenhang gestanden, dann hätte die Abtragung wohl kein Tal querdurch gelegt. Zwei einzelne Opalitflecken, durch einen Streifen Grundgebirges getrennt, haben jedoch ihr Vorhaben zugelassen.

6. Die Herkunft der Kieselsäure

Der oberpannonische Opalfels der Csatherberge hat am ganzen Alpenostrand nicht seinesgleichen. Es müssen also Umstände besonderer Art gewesen sein, die zu seiner Bildung geführt haben.

Weniger Worte nur bedarf es, um zu zeigen, daß die bisherige Deutung unbefriedigend ist.

Benda faßt das Gestein als Geysir-Absatz auf und schreibt ihm altpleistozänes oder jungpliozänes Alter zu. Ihm folgt Winkler-Hermaden (1951 b) in der Deutung und faßt vermutungsweise die Geysirtätigkeit als Ausklang der pliozänen Vulkantätigkeit im steirisch-burgenländischen Becken auf. Die Ausbrüche dieser Basaltvulkane werden aber heute von Winkler-Hermaden (1951 a) selbst mit guten Gründen in die dazische Stufe (= unteres Oberpliozän) verlegt. Da nun aber das jungpannonische (= mittel-jungpliozäne) Alter des Opalfelses feststeht, könnte ein Csatherberg-Geysir höchstens ein Vorläufer, aber nie ein Nachkomme dieser Feuerberge sein. Aber selbst dann wäre es geradezu auffällig, daß kein einziger der so zahlreichen Basaltvulkane am Alpenostrande die Bedingungen zum Absatz von Kieselsäure geschaffen hat, daß vielmehr fernab von solchen Vulkanen ein vorvulkanischer Geysir entstanden sein sollte.

Die bisherige Untersuchung der traßähnlichen Bildungen der Umgebung von Gleichenberg hat ergeben, daß sie zweifellos auf die Wirkung nachvulkanischer, heißer Quellen zurückgehen. Daß sie aber — trotz einer manchmal vorhandenen, rein äußerlichen Ähnlichkeit — mit dem Opalfels der Csatherberge gar nichts zu tun haben, werden genauere Untersuchungen in Gleichenberg zeigen, an denen von mehreren Seiten gearbeitet wird.

Dennoch wird man wegen des so eng begrenzten Auftretens die Entstehung durch Quellen im Auge behalten müssen. Um die Klärung zu erleichtern, ist es rätlich, die Frage nach der Entstehung in zwei Teile zu zerlegen, nämlich erstens die Teilfrage nach der Herkunft der Opalsubstanz und zweitens in die Frage nach dem Wesen der absetzenden Quellen.

Wenn ein Magma, welches nicht allzu tief liegt, Gase und Dämpfe abscheidet, sind diese nicht überspannt, daher nicht in flüssigem Zustande, und können darum aus ihrem Magma nur wenig oder nichts an gelösten Stoffen mitnehmen. Sie werden sich erst später kondensieren und erst dann auf ihrem Weg an die Oberfläche sich solche Stoffe aneignen. Es kann

natürlich dieser Weg durch eine Gesteinsmasse von der Art der in der Tiefe erstarrenden führen; ebensogut aber kann der Lösungsgehalt der aufsteigenden Quelle aus einem anderen Nebengestein stammen — der Unterschied mag letztlich gar nicht so erheblich sein, sofern es sich nicht um magmen-spezifische Stoffe handelt. Dies, um darzutun, daß es bei der stofflichen Zusammensetzung von Warmquellen weit mehr auf den durchsetzten und ausgelaugten Gesteinskörper ankommt als auf das die Wärme und das Wasser abgebende Vulkangestein. Meist wird sich ja Tageswasser und Tiefenwasser in unüberblickbarer Weise mischen zur Warmquelle ¹⁾. Aus diesem Grunde soll es genug sein, festzustellen, daß zwar die Annahme einer Mineralquelle zur Erklärung des Opalfelses der Csatherberge unerläßlich scheint, daß aber für die stoffliche Abkunft der abgeschiedenen Kieselsäure keinerlei unmittelbarer Anhalt vorliegt.

Es ist leicht, die Kieselsäure aus dem Serpentin und Serpentin-schiefer des Untergrundes herzuleiten. Hiebei ist aber zuzugeben, daß es besondere Verhältnisse gewesen sein müssen, welche zur Opalbildung geführt haben. Denn auch in dem nördlicher gelegenen Gebirge von Bernstein oder im Geschriebenstein gibt es große Serpentinmassen, aber keinen Opalfels.

* * *

Serpentin selbst, das Metasilikat, ist durch Einwirkung kohlen-säurehaltiger Wässer aus dem Orthosilikat Olivin entstanden. Es kann seinerseits durch solches Wasser weiterersetzt werden:



Die erstgenannte Umwandlung ist wohl stets ein Vorgang, der sich unter starker Gesteinsbedeckung, fernab der Oberfläche abspielt. Aus diesem Grunde bildet Serpentin (an Stelle von Olivingesteinen) einen weit verbreiteten Baustein des kristallinen Grundgebirges, auch von solchem in kata-metamorpher Umprägung, wo nach der Tiefenstufenlehre sein Platz nicht ist. Der Grund hiefür ist die besondere Anfälligkeit des Olivins für die Umsetzung zu Serpentin. Diese Umsetzung eilt bei der Versetzung des Gesteins in höhere Bereiche — sei es auch nur durch Abtragung des Hangenden — einer Umwandlung anderer Gesteine tieferer Zonen weit voraus. Mit anderen Worten: die Anpassung des Mineralbestandes von Olivingesteinen an die Bedingungen höherer Umprägungsstufen erfolgt viel schneller als bei kieselsäurereichereren Gesteinen. Es ist also die Serpentinisierung zur Gesteinsumprägung (Metamorphose) zu rechnen, sehr im Gegensatz zu der oben angeschriebenen Umwandlung, welche dem Bereich der Verwitterung zugehört, oder der oberflächennahen, hydrothermalen Zersetzung. Im ersten Fall werden Magnesiumkarbonat und Kieselsäure durch die Oberflächenwässer abgeführt. Je nach den waltenden Umständen kann im Falle hydrothermalen Zersetzung entweder das gleiche geschehen oder es kommt zu einem Absatz von Magnesiumkarbonat, also zur Bildung einer Lagerstätte dichten Magnesites. Alle diese Gedankengänge, heute Gemeingut der Wissenschaft, wurden erstmalig von Schrauf am Serpentin von Kremže erkannt.

¹⁾ Hiefür nur ein Beispiel. Allen (1935) schließt aus seinen Untersuchungen, daß das Wasser der Geysire im Yellowstone National Park zu 85—90% aus meteorischem Wasser und nur zu 10—15% aus juvenilem Wasser besteht.

Das Schicksal der neben dem Magnesit entstehenden Kieselsäure ist nicht immer gleich. Manchmal wird sie im Serpentin selbst in Form von Gängen und Knollen abgesetzt. Sie kann sich auch im Magnesit anreichern und so dessen praktischen Wert schmälern oder über der Magnesitlagerstätte eine gesonderte Zone der Kieselsäureanreicherung bilden. Oft auch gelangt sie an die Oberfläche und bildet dort über dem Serpentin Kieselkappen und Kieseldecken, deren Beziehungen zu alten (tertiären) Landoberflächen oft nachweisbar sind. Solche Gebilde wurden insbesondere von Hiebleitner und W. E. Petrascheck aus den Serpentinegebieten der Balkanhalbinsel beschrieben. Die Bildung von Kieseldecken und Lagerstätten wird von den genannten Forschern ins Tertiär verlegt und kohlen säurehaltigen Quellen zugeschrieben, welche zum Gefolge des „andesitischen Vulkanismus“ gehören, der in Kreide und Tertiär im Gebiete der Balkanhalbinsel tätig war. Gleicher Entstehung ist übrigens die Lagerstätte von Kraubath (Steiermark), welche diesem Lagerstättentypus den Namen gegeben hat und besonders durch E. Clar untersucht worden ist.

Wenn solcherart im Serpentin (übrigens auch in Olivingesteinen) Anzeichen hydrothermalen Zersetzung allenthalben sichtbar werden, so soll das keineswegs heißen, daß diese Gesteine in irgendeiner Art für das Aufsteigen von Quellen besonders veranlagt seien; es ist lediglich die schon genannte, chemisch begründete Anfälligkeit der Gesteine für die umwandelnde Wirkung solcher Quellen, welche deren Spuren in viel stärker sinnfälliger Weise aufbewahrt als in anderen Gesteinen.

Einigermaßen unerwartet ist die Tatsache¹⁾ daß bei der Serpentinzersetzung die Wanderfähigkeit der entstehenden Kieselsäure jener des Magnesiumkarbonates deutlich überlegen ist. Wir glauben deshalb, daß die Kieseldecken der Csatherberge geschaffen wurden durch eine Sauerquelle, welche in jungpannonischer Zeit am Gestade des Süßwassers aufstieg und hier Kieselsäure absetzte, die sie in der Tiefe dem Serpentin entlöst hatte.

Das so gewonnene Bild kann noch abgerundet werden durch Aufklärung der hydrographischen Verhältnisse der Quelle. Dies soll aber erst geschehen, nachdem der Bau und die Entstehung der Eisenberggruppe und ihre Stellung im Rahmen des Nordostteiles der Steirischen Bucht geschildert worden sind.

7. Der Bau der Eisenberg-Gruppe und ihre Stellung im Steirischen Becken

(Tafel V, VI)

Das Steirische Becken war im Laufe einer an Einzelheiten reichen Geschichte (Winkler-Hermaden, 1951 b) allmählich niedergebroschen; eine freie Verbindung mit der offenen Weite des Pannonischen Beckens war jedoch behindert durch einen Kranz von Inseln, die von Winkler-Hermaden sogenannte Südburgenländische Schwelle. Sie spannte sich vom Geschriebenstein über den Eisenberg und den Fidischberg westlich von

¹⁾ Welche sich, Hiebleitner's Werk zufolge, aus den Lagerstättenuntersuchungen ergibt.

Güssing zum Stadelberg¹⁾ und Sausal. Diese Schwelle wurde jedoch in den Vorgang der Absenkung einbezogen, so daß die genannten Schollen nur deren erhalten gebliebene Reste sind. Die im Laufe der Ausgestaltung des Beckens erfolgte Losreißung von Schollen und deren Versenkung wird offenbar, wenn man die Ablagerungen betrachtet, die den Eisenberg gleich einem Mantel eingehüllt haben und von der Abtragung allmählich entfernt werden. Sie bestehen samt und sonders aus oberpannonischen Ablagerungen, soweit sie an der Oberfläche beobachtbar sind. Ältere Schichten sind abseits der Berggruppe an vielen Stellen festgestellt worden, doch kann von ihnen erst etwas später gesprochen werden.

Bei Burg überdeckt Schotter und Sand von jungpannonischem Alter den devonischen Kalk (Kümel, 1953). Diese Schichten begraben unter sich eine Vielfalt von Karsterscheinungen: geologische Orgeln und Schlotte, Höhlen mit Sinterbildungen usw. in so vorzüglicher Erhaltung, daß sie unmöglich viel älter sein können als die auflagernden oberpannonischen Schichten. Daher wurde ihnen mittel-(oder alt-)pannonisches Alter zugeschrieben und aus ihrer Höhenlage (250—260 m) auf eine Absenkung der Scholle von Burg und Hannersdorf im Verhältnis zum Körper des Eisenberges geschlossen, die sich vor oder zu Beginn der jungpannonischen Zeit ereignete. Die Orgeln müssen sich oberhalb von 420 m²⁾ gebildet haben, auf alle Fälle aber oberhalb von 380 m. Es ist somit eine Senkung der Scholle von Burg und Hannersdorf im Betrage von mindestens 100—200 m anzunehmen; sie kann auch erheblich größer sein, da ja nicht angenommen werden braucht, daß sich die Orgeln knapp über dem damaligen Wasserspiegel gebildet haben.

Zwischen Hannersdorf und Woppendorf, auf der Südseite des Königsberges³⁾ fand Sauerzopf (1950) ein Vorkommen von oberpannonischem Süßwasserkalk mit reichlichen Fossilien. Der Fundort wird erreicht, wenn man von Hannersdorf (Bahnhof) aus den Weg nach Woppendorf einschlägt. Über die „Aussichtswarte“ erreicht man auf einem Feldweg die Höhe. Hier wird in zwei Gruben fallweise vergruster paläozoischer Dolomit gewonnen. In der dünnen Ackerkrume, welche die Ebenheit des Königsberges bedeckt, liegen viele Quarzkiesel bis zu Eigröße. Wo der genannte Weg die Anhöhe erreicht, liegt ein Rest von Terrassenschotter. In dem Graben neben dem bereits abwärts führenden Weg ist grünlichgrauer Tegel sichtbar. Der Weg biegt dann nach links und bald wieder nach rechts; von dieser Stelle geht man eine Ackerlänge nach aufwärts, um den Fossilfundpunkt zu finden. Im Acker gibt es hier reichliche Schalensplitter im bräunlichen Tegel, weit seltener aber in dem begleitenden, hellgrauen bis hell-gelblichgrauen, rauhrüchigen Kalk, welcher reichliche kleine Splitter von Quarz und grauem paläozoischen Schiefer, aber keine sandige Beimengung enthält. Diese Schichten lagern unmittelbar am paläozoischen Grundgebirge, welches gleich oberhalb in steilerem Anstieg zutage tritt; sie sind eine ganz küstennahe Bildung. Da die Liste der Versteinerungen

¹⁾ Die Schreibung Stradelberg (österreichische Karte 1 : 50.000) ist falsch.

²⁾ Das ist der jungpannonische Höchststand, nach dem Zeugnis der höchstgelegenen fossilführenden Ablagerungen (beim Richardshof bei Mödling), welche in 410 m liegen, aber keine ganz unmittelbaren Küstenabsätze sein müssen.

³⁾ Auf der Aufnahmeabschnitt 1 : 25.000 Kinischberg genannt.

nirgendwo veröffentlicht worden ist, sei sie hierher gesetzt (Sauerzopf, 1950, 1953).

Strobilops cf. *costata* Clessin
Pomatias sp. (? *P. conicus* Klein)
Carychium sandbergeri Handmann
Carychium berthae Halavats
Anisus confusus Soos
Planorbis thiollierei Michaud
Gastrocopta suevica Sandberger
Gastrocopta acuminata acuminata Klein
Clausilia sp.
Gyalina roemeri Andreae
Milax fonyodensis Lörenthey
Helix sp.
Limnaea (Galba) halavatsi Wenz
Sciurus sp., Eichhörnchen

Diese Schneckengesellschaft entspricht jener des Eichkogels, allerdings nicht der von Schlosser beschriebenen des Kalkes, sondern jener der darunterliegenden Schichten. Diese Schichten liegen am Osthang des Eichkogels, sind vom Verfasser entdeckt und von Wenz & Edlauer untersucht worden. In deren Liste fehlt nicht ein einziges der Fossile des Königsberges. Diese Tiergesellschaft gehört somit in die Papp'sche Zone G. Damit ist sie aber altersgleich mit dem Opalfels der Csatherberge. Wegen der Strandnähe seiner Bildung kann man auch diesen Kalk einem bestimmten Spiegelstand zuordnen. Er steht in deutlichster Beziehung zu der Ebenheit, welche der Königsberg trägt. Diese Ebenheit liegt nur wenig über 340 m; der etwas tiefere Kalk und Mergel liegt somit fast in derselben Höhe wie die tiefere der Opalfelsdecken. Sie sind nicht nur altersmäßig, sondern auch höhenstufenmäßig einander vollkommen entsprechend. Es besteht also vollkommener Gleichklang zwischen geologischem, paläontologischem und geländekundlichem Befund. Die Scholle von Burg und Hannersdorf aber hat sich vor der Ablagerung dieses Süßwasserkalkes abgesenkt, muß aber seither vollständig in Ruhe verblieben sein. Die „fast ruckartige Senkung“ (Kümel, 1953), die auf Grund der Beobachtungen bei Burg anzunehmen war, hat sich also auch auf andere Weise bestätigt.

Schwer erklärbar bleibt indessen die Schotterüberstreuung der Fläche des Königsberges. Quarz für Rollsteine konnte hier vom paläozoischen Grundgebirge nicht zur Verfügung gestellt werden. Bloß zwei Wege bieten sich als Erklärung an. Entweder stammt das Geröll aus alt- oder vorpannonischer Zeit und wurde von einem Fluß herangezogen, als die Eisenberg-Gruppe noch nicht vom Beckenrand durch Bruchabsenkung der Zwischenstücke abgetrennt war, sondern noch einen Teil dieses zusammenhängenden Randes bildete; solcher Schotter könnte dann in jungpannonischer Zeit umgelagert worden sein. Oder der Beckenteil innerhalb der Burgenländischen Schwelle war zur Zeit der Bildung der Brandungsfläche des Königsberges von abgelagerten Sand- und Tegelschichten so verschüttet, daß über seine Oberfläche zeitweise ein Fluß (die Ur-Pinka?) vorstoßen und Geröll heranbringen konnte. Der eine oder der andere dieser Erklärungsversuche muß auch herhalten, um die Schotterlagen an der Basis des Oberpannon zu deuten, nämlich die Schottervorkommen in den geologischen

Orgeln von Burg, beim Schloß von Kohfidisch (an der Wegabzweigung zum Csatherberg) und südöstlich von Kirchfidisch. Diese Schotterlagen sind umso auffälliger, als die oberpannonischen Schichten sonst nur aus Sand und Tegel bestehen.

Aus Benda's Karte der Eisenberggruppe geht hervor, daß diese Scholle von Burg und Hannersdorf einen nach Nordwesten gerichteten Fortsatz der Eisenberggruppe bildet. Er läßt sich begrenzen durch zwei NW—SE gerichtete Linien, welche höchstwahrscheinlich Bruchlinien bedeuten. Baulinien dieser Richtung sind übrigens auch sonst bedeutsam für den Aufbau der Grazer Bucht. Brüchen dieser Richtung verdankt das Bernsteiner Gebirge seine heutige Umgrenzung: Krumbacher Senke, bei Friedberg, Tauchen (Winkler-Hermaden, 1933 a).

Auch die anderen Hauptrichtungen der Bruchtektonik am Alpenostrand sind beteiligt am Umriß des Eisenberges. Der von der Pinka gesäumte steile Abfall des Gebirges bei Woppendorf bis nach Badersdorf ist unzweifelhaft ein Bruchrand, welcher von den oberpannonischen Schichten überschüttet und erst nachträglich durch den Fluß wieder ausgegraben worden ist. Seine Nordost—Südwest-Richtung kehrt am Alpenrand vielfach wieder.

In derselben Weise wie von der Pinka wird der Gebirgsrand bei Kohfidisch bespült vom Gereuthbach ¹⁾. Auch hier ist ein Bruch das gestaltende Ereignis. Benda's Karte ergibt allerdings kein richtiges Bild, da das paläozoische Grundgebirge gar nicht bis östlich von Kirchfidisch nach Süden zieht. Daß aber eine Schwelle vorhanden ist, welche, von oberem Pannon verkleidet, die Csatherberge und den Hohensteinmais-Berg verbindet, wurde erwiesen durch eine Schurfbohrung. Sie war 900 m WNW des Jägerhauses von Harmisch in einer Seehöhe von 284,2 m angesetzt und erreichte bereits in einer Tiefe von 164,8 m den Dolomit. Eine um 370 m näher zum Jägerhaus liegende Schurfbohrung hat in solcher Tiefe das Grundgebirge nicht getroffen, eine andere beim Jägerhaus auch nicht in 250 m.

Mit dem genannten Bruch im Zusammenhang stehen die Nord—Südstreichenden, mit 60—70° nach Westen fallenden Harnischklüfte im stark verwitterten Serpentin schiefer hinter dem Haus östlich der Schloßmauer in Kohfidisch, an der Abzweigung des Fahrweges auf den Kleinen Csatherberg.

Dieser Bruch ist Nord—Süd ausgerichtet; auch der Ruster Bergzug am Westgestade des Neusiedler Sees verdankt Brüchen etwa dieser Richtung seinen Umriß.

Ob die Kalk- und Dolomitmassen des Hohensteinmais-Berges noch zur Eisenbergsscholle gehören oder, durch Brüche getrennt, eine eigene Scholle bilden, wissen wir nicht genau. Die folgenden Beobachtungen sprechen jedoch dafür, daß die Eintiefung zwischen Eisenberg und Hohensteinmais-Berg in einer grabenartigen Absenkung ihre Entstehung hat.

Der Serpentin des Eisenberges reicht nicht weit nach Süden. Bereits 300 m südöstlich des Hegerhauses nahe dem Georgshof liegt im Wald am rechten Bachufer ein kleiner, verlassener Steinbruch im devonischen Kalk. Dieser ragt nur wenig über die Talsohle auf und wird von oberpannonischem

¹⁾ Die Schreibung der österreichischen Karte 1 : 50.000 ist falsch.

Tegelsand bedeckt. Herumliegende Blöcke von Kalk und Konglomerat bildeten wohl ursprünglich eine dünne Lage unmittelbar auf dem Kalk. Dieser Süßwasserkalk gleicht sehr jenem vom Eichkogel, denn er ist hell bräunlichgrau und leicht verwitternd und lieferte ein Haus der noch unbenamten *Cepaea* vom Eichkogel¹⁾. Ein großer Konglomeratblock ist rötlichgrau, mürb und zerreibbar, denn seine höchstens nußgroßen, wenig gerollten Brocken aus Devonkalk sind zu kreidiger Masse zerfallen; nur die dünnen Kalkkrusten um die kleineren, meist aufgelösten Bestandteile geben dem löcherigen, sinterartigen Gestein seine geringe Festigkeit.

Dieses Konglomerat ist natürlich eine Bildung der unmittelbaren Küste, damit aber auch der Kalk selbst. Man hat also diese Gesteine dem Kalk des Königsberges gleichzustellen. Andererseits aber liegt Konglomerat und Kalk beim Hegerhaus in fast 200 m Seehöhe, also gewiß zu tief für den damaligen Spiegel des oberpannonischen Sees. Diese Umstände sind es, welche zu dem oben gezogenen Schluß geführt haben.

Der Hohensteinmais-Berg selbst scheint keine nach-jungpannonische Verstellung erlitten zu haben. Dies geht hervor aus einem von Winkler-Hermaden (1927) aufgefundenen Vorkommen von Süßwasserkalk über devonischem Kalk in einem alten Steinbruch südlich des großen Steinbruches von Kirchfidisch. Dieser Steinbruch liegt an einer Waldstraße (der alten Poststraße von Güssing nach Steinamanger), in der Nähe einer Forsthütte in etwa 330 m Seehöhe. Es ist heute völlig verwachsen, doch liegen in der Nähe Lesesteine dieses gelblichgrauen, weichen Kalkes, in denen mehrere Stücke von *Planorbis* (*Odontogyrorbis*) *krambergeri krambergeri* Halavats gefunden wurden.

Die Straße führt knapp neben Punkt 345 (auf der Höhe des Hohensteinmais-Berges) vorbei; sie geht hier über bläulichgrauen Tegel, in dem (nach Lesesteinen zu urteilen) Kalklagen von ähnlichem Aussehen wie bei der Forsthütte vorkommen. Sie führen ²⁾:

Pomatias conicus Klein

Klikia sp.

Gastrocopta sp.

Diese Versteinerungen gehören natürlich ebenfalls der Eichkogelfauna an. Der Kalk ist ein Glied der Blauen Serie; er ist gleich alt mit der Schneckengesellschaft des Königsberges, welche ebenfalls an die Höhenlage von 340 m gebunden ist. Der Hohensteinmais-Berg trägt zwar keine Vererbung, es ist aber dennoch klar, daß nach der Ablagerung der Eichkogel-Schichten keine Verstellung mehr statthatte; die Beständigkeit der Höhenlage aller dieser Vorkommen (einschließlich des Eichkogels selbst) von küstennahen Absätzen spricht deutlich dagegen.

Das Profil durch das Teich-Tal (Tafel VI) von Kohfidisch nach Nordwesten bis an den Rand des Kartenblattes ist durch zahlreiche Schurfbohrungen und drei Tiefbohrungen in geologischer Hinsicht gut bekannt. Es ist bereits gesagt worden, daß der Gebirgsrand bei Kohfidisch ein Bruch ist. Darüber hinaus aber haben die Schurfbohrungen eine flache, kaum gewellte, sonst aber ganz ungestörte Lagerung oberpannonischer Schichten ergeben. Darunter liegen aber ganz erhebliche

¹⁾ Nach freundlicher Bestimmung durch Herrn Dozenten Dr. A. Papp.

²⁾ Nach freundlicher Bestimmung von Herrn Doz. Dr. A. Papp.

Störungen verborgen, welche diese flach darüber gebreiteten pannonischen Schichten nicht einmal ahnen lassen.

Die Zusammensetzung der oberpannonischen Schichten ist kennzeichnend. Zu oberst liegen Schichten der Blauen Serie (Zone G), welche höchstens 50 m erreichen und zwischen Mischendorf und Bachselten nach Nordwesten zu in die Luft ausheben. Darunter liegt die Schwarze Serie (Zone F), aus grauem und bläulichgrauem Ton und Tegelsand bestehend, worin lignitführende und lignitische Schichten eingeschaltet sind. Sie ordnen sich in zwei Gruppen, deren obere, durch eine Sandlage zweigeteilt, die mächtigere ist. Nahe ihrer Unterkante ist in dieser Serie eine fossilreiche Bank eingeschaltet, welche massenhaft *Congerina neumayri* Andrusov führt, nach der Bestimmung durch Sauerzopf, 1952, an welcher Papp, 1953 allerdings einen leichten Zweifel beläßt. Diese Bank bildet ebenso wie die Lignitschichten in den Bohrungen im Teich-Tal einen trefflichen Leithorizont; sie kommt in der Umgebung von Oberdorf an die Oberfläche. Nach Sauerzopf gehört sie der Zone F des Oberpannon an. Besonders verdient hervorgehoben zu werden, daß hier in dieser Zone keine Anzeichen jenes Spiegelerückganges vorhanden sind, welcher sowohl im Wiener wie im Grazer Becken nachgewiesen worden ist (siehe Sauerzopf, 1952).

Die Schwarze Serie erreicht bei Kirchfidisch die Oberfläche. In der Ziegelei werden ihre Schichten abgebaut: gelbbrauner, feinsandiger Ton (2,5 m aufgeschlossen), darüber 0,5 m schwarzgrauer Ton.

Eine Bohrung an der Straße nordwestlich von Kohfidisch (bei Punkt 264) hat in etwa 140 m das Grundgebirge (Serpentin) erreicht; die durchbohrten oberpannonischen Schichten waren nicht vollständig, indem unter der Blauen Serie zwar die Schwarze folgte mit der oberen lignitischen Gruppe samt eingelagertem Sand, während die untere fehlte. Es zeigt sich somit, daß die höheren Schichten des Oberpannon allmählich mit stark verminderter Mächtigkeit auf das Grundgebirge übergreifen. Bei Kirchfidisch streichen sie, von einer dünnen Schicht der Blauen Serie bedeckt, über die flache Schwelle nach Harmisch. Wenig weiter im Norden stoßen diese Schichten ab gegen den höher aufragenden Eisenberg. Sie tun dar, daß sie auf sinkendem Boden abgelagert wurden. Solcherart wird glaubhaft, daß der Randbruch bei Kohfidisch unmittelbar vor und noch während des älteren Jungpannon in Bewegung war und die der westlichen Scholle aufgelagerten Absätze versenkte.

Zur Annahme von weiteren Brüchen gelangt man bei Betrachtung des tieferen Untergrundes an Hand der Tiefbohrungen.

Die Bohrung Mischendorf, knapp südlich der Straße, 500 m südöstlich der Kirche des Ortes gelegen, hat unter dem Oberpannon auch das bei Kohfidisch fehlende mittlere angetroffen, darunter in 275 m Tiefe das Grundgebirge, welches hier jedoch aus Devondolomit besteht. Einige Meter unter der Oberkante des Mittelpannon liegt eine sehr fossilreiche Lage mit Congerien, Melanopsiden, Cardien, welche nordwestlich von Neuhaus eine gute Leitschicht abgibt. Die mittelpannonischen Schichten selbst sind Absätze ruhigen Wassers und bestehen aus einem vielfältigen Wechsel von mergeligen Tonbänken mit sandigen und sandig-tonigen Lagen. Genau so, wie diese Schichten am Grundgebirge abstoßen; tun dies auch die unterpannonischen Schichten, welche in der Bohrung Bachselten, knapp südlich der Straße, etwa 550 m NW der Kapelle von Groß-

Bachsellen, erreicht wurden, wo sie eine Mächtigkeit von 215 m haben. Diese Schichten sind ausgebildet als graugrüner, dünnschichtiger Ton mit geringem Sandgehalt und mit einzelnen Sandlagen. Die Grenze gegen das mittlere Pannon wird von Sand mit Kieslagen dargestellt. Die Mächtigkeit dieses Sandes beträgt:

in der Bohrung Neuhaus:	313,0—347,35 m = 34,35 m
in der Bohrung Bachsellen:	328,7—339,4 m = 10,7 m

Diese Sandlage deutet die von Winkler-Hermaden (1951 b) klar hingestellte Spiegelsenkung an der Grenze von unterem und mittlerem Pannon an, welche an anderen Stellen des Steirischen Beckens besonders durch den Karnerberg-Schotter und den Lignit von Ilz bezeichnet wird. Auch Sauerzopf (1950) und Papp (1951) haben auf diesen kurzen Rückzug der pannonischen Wasser hingewiesen.

Bei Bachsellen liegen unter den pannonischen die sarmatischen Schichten, wenn auch in der geringfügigen Mächtigkeit von 543,6—569,5 m = 25,9 m. Darunter folgt grober Schutt (569,5—576,4 m) und sodann der devonische Dolomit. Dieses Vorkommen von Sarmat ist Anlaß, die sarmatische Strandlinie in der paläographischen Karte von W. Petrascheck (seine Abbildung 125) zu verbessern, wenn auch nur in ziemlich geringfügiger Weise.

Es ist klar, daß sich der Basisschutt nicht in solcher Tiefe gebildet haben kann, da der sarmatische Spiegel recht hoch lag. Eine spätere Absenkung ist also offenbar. Ebenso klar ist, daß die geringe Mächtigkeit der sarmatischen Schichten auf einem nur randlichen Übergreifen auf eine sinkende Scholle beruht, u. zw. von einem tieferen Ablagerungsraum her.

Damit steht in Einklang, daß in der Bohrung Neuhaus, im Strmača-Tal, knapp südlich des Bächleins, 500 m vor seiner Einmündung in den Teichbach, das Sarmat von 594,3 bis 765,1 m durchsunken wurde, also in einer Mächtigkeit von 170 m, ohne daß sein Liegendes erreicht worden wäre.

Nach oben hin gehen die sarmatischen Schichten ohne Unterbruch in die pannonischen über und bestehen aus hartem, grauem bis grünlichgrauem Tonmergelschiefer, dessen kreidige Schichtbeläge so wie im Wiener Becken für diese Stufe kennzeichnend sind.

Tief unter Rohrbach muß der Bruch verborgen liegen, an dem jene Absenkung erfolgte, welche dem sarmatischen Meer das Vorgeifen von Nordwesten her erlaubte, also von der Friedberger Bucht aus. Dieser Bruch schuf ein einigermaßen tiefes Beckenstück, aus dem heraus zunächst kein weiteres Vorgeifen der Wässer gegen Südwesten erfolgen konnte.

Dieser anzunehmende Bruch (I in der Karte Tafel e) läßt sich in völlig ungezwungener Weise verlängern und verbinden mit einem anderen, den Papp & Ruttner in der Gegend von Welgersdorf nach Nordosten ziehend fordern, um zu erklären, daß die Schichten des Mittelpannon (Zone E) nicht südlich von Rechnitz bis an den Rand der Eisenberg-Gruppe reichen, sondern in der Tiefe nördlich davon endigen. Ungeklärt bleibt freilich, ob der Bruch weiter im Nordosten länger fortgedauert hat als an der Pinka und am Teichbach, wo die Bewegung spätestens ins Sarmat fällt, oder ob er etwa auch hier bis in die pannonische Zeit wirksam war. Die Richtung, welche diesem Bruch, und den weiterhin anzunehmenden gegeben wurde, konnte entnommen und abgelesen werden aus dem Abfall des Grundgebirges zwischen

Badersdorf und Woppendorf, welcher sicherlich vorgegeben ist durch einen Bruch in der Richtung NO—SW (V in der Karte Tafel V).

Als die Senkung der Scholle von Bachselten sich an dem Bruch III vollzog, konnten die letzten Schichten des Sarmat bereits auf dieser Scholle abgesetzt werden, während die Wellen an der dahinter liegenden, steilen Dolomitzküste brandeten; so erklärt sich der Grundschutt unter den geringmächtigen sarmatischen Schichten in der Bohrung bei Bachselten. Beim Entwerfen der Karte (Tafel V) wurde der Bruch III an jene Stelle verlegt, in der Vermutung, daß sich die Grenze zwischen dem Chloritschiefer südlich von Hannersdorf und den devonischen Gesteinen der Scholle des Königsberges bei genauerem Zusehen als Bruch erweisen werde. Wenn man diesen Bruch dieselbe Richtung zuweist wie seinen Nachbarn, so zielt er in seiner weiteren Verlängerung genau auf den Basalttuff bei Mitter Neuberg (Kümel, 1953). Dieser Tuffschlot liegt auf der nach SSO ziehenden „Vulkanlinie von Güssing“, welche sich allerdings erst im jüngeren Pliozän bildete, also lange nach dem Absatz der pannonischen Schichten (Winkler-Hermaden, 1951 a). Es ist indessen nicht ungläubwürdig, daß der Tuff dort aufbrach, wo die jüngere Vulkanlinie den älteren Bruch zu kreuzen hatte.

Die hier angenommenen, aus den Bohrergebnissen erschlossenen Brüche (siehe Tafel V) stellen eine Mindestanzahl dar; darüber hinaus könnte es wohl sein, daß auch das Nordwestende der Scholle von Hannersdorf durch einen Bruch (II) gebildet wird, welcher etwa über Bachselten laufen und die Scholle von Bachselten in zwei schmälere, gleichlaufende Leisten unterteilen würde. In die Darstellung des ersten Querschnittes (Tafel VI) wurden die drei genannten Brüche in etwas vereinfachter Form als gerade Linien eingezeichnet, ohne zu berücksichtigen, daß ihnen zweifellos ein Einfallen nach Nordwesten zukommt; nachdem sie sich aber im Bereich der Bohrungen nur im tieferen Untergrund bemerkbar machen und nicht an der Oberfläche, so müßten sie, genau genommen, dort um gewisse Beträge nach Nordwesten versetzt erscheinen gegenüber der Lage auf der Höhe des Königsberges.

Der Bruch III könnte es gewesen sein, welcher die altpannonischen Wasser bis in den Raum von Mischenbach heranließ, während ein vierter Bruch ein weiteres Vordringen des Mittelpannoniums ermöglichte. Bei Burg hat bereits Benda einen Bruch festgestellt, welcher die Grenze bildet zwischen den devonischen Absatzgesteinen des Königsberges und dem Chloritschiefer des Eisenberges. Er scheint in seiner Richtung gleichzulaufen mit dem heutigen Abbruch des Grundgebirges (V). Von zwei bei Kotezicken abgeteufte Schurfbohrungen hat die eine (nahe der Kirche) den Verwitterungsschutt des Grundgebirges (Serpentin oder Grünschiefer) bei 160,7 m erreicht, nachdem sie lediglich oberpannonische Schichten durchsunken hatte, die andere an der Straße nach Woppendorf (250 m von ihrer Abzweigung in Kotezicken) traf den Grundgebirgsschutt in nur 94,2 m Tiefe. Der Abfall zwischen den beiden, nur 300 m voneinander entfernten Bohrungen ist gewiß auffallend. Im Sinne unserer Auffassung befinden sich diese beiden Bohrungen auf derselben Scholle wie die Schurfbohrung nordwestlich von Kohfidisch, welche ebenfalls in das Grundgebirge gelangte. Zwischen dieser letztgenannten Bohrung aber und der Tiefbohrung von Mischendorf wurde bereits ein Bruch gefordert. Beiden Not-

wendigkeiten kann man gerecht werden durch eine Verwerfung in Richtung etwa Nord—Süd. Sie müßte etwa durch den Westrand des Ortes Kotezicken ziehen und würde die Scholle von Kohfidisch trennen und von einer zwischen den Brüchen IV und III liegenden Scholle.

Der Bruch V und seine nach Süden weisende Fortsetzung (VI) erst waren es, welche ein Anbränden des jungpannonischen Sees am Körper des heutigen Eisenberges ermöglichten, ja diese Berggruppe in ihrem heutigen Umfange erst entstehen ließen.

So sind die Ablagerungsverhältnisse all der Schichten zu deuten, welche von den Bohrungen am Teichbach angetroffen worden sind.

* * *

Es soll nicht verabsäumt werden, hier auf einen Umstand hinzuweisen, welcher kennzeichnend ist für viele Brüche am Alpenostrande, nämlich ihre kurze Lebensdauer. Die meisten von ihnen, so auch die hier aufgezählten, beschränken ihre Tätigkeit auf die Zeitdauer einer oder weniger Stufen des Tertiärs. Die absenkenden Kräfte der nachfolgenden Zeiten tobten sich aus auf neuen Schauplätzen. Sie schufen neue Linien, die sich aber einfügen mußten in den vorhandenen Plan.

Man kann die Wirkung der Brüche an der südburgenländischen Schwelle zusammenfassend bezeichnen als ein im Raum und in der Zeit fortschreitendes Abbröckeln der alten Grundgebirgsauftragungen. Im Gebiet von Neuhaus und Bachselten aber konnten sich infolge dieser andauernden Absenkung pannonsche Schichten in erstaunlicher Mächtigkeit ablagnern: 594,3 m bei Neuhaus, 543,6 m bei Bachselten. Dieser Raum wird bereits von Sauerzopf (1952) als Senkungsgebiet bezeichnet.

Zwischen Harmisch und Kirchfidisch kann ein Bruch keineswegs mit Sicherheit behauptet werden. Eine Auflagerung oberpannonischer Schichten auf dieser Grundgebirgsschwelle ist die andere Denkmöglichkeit. Weil aber an so tiefliegendem Orte ältere Schichten fehlen, muß man auch hier an junge Absenkungen an der mittel-jungpannonischen Wende denken. Durch solche Vorgänge verlor die Insel des Eisenberges auch im Osten einen großen Teil ihrer Masse, ja wahrscheinlich kann man seit damals überhaupt erst von einer Eisenberg-Gruppe sprechen. Der Hohensteinmais-Berg gelangte erst mit sinkendem Wasserspiegel (Höhenlage 340 m) wieder in den Wirkungsbereich der jungpannonischen Wellen, der Dolomitrücklen im Punitzer Gemeindewald noch später, nämlich erst beim Wasserspiegel in 310 m. Zwischen diesen Kalkschollen und der Masse des Eisenberges aber lag eine stille Bucht, in der feinkörnige Absätze entstanden.

Diese Absätze gehören der Schwarzen Serie an, welche auch hier von der Blauen überlagert wird. Infolge ungleicher Höhenlage und verschieden starker Abtragung ist diese von den Schurfbohrungen in sehr ungleicher Mächtigkeit angetroffen worden (siehe Querschnitt auf Tafel VI).

Die zahlreichen Lagen von Lignit und lignitischem Ton, welche in der Schwarzen Serie ihren Namen eingetragen haben, lassen sich in Gruppen zusammenfassen. Sie werden getrennt von mehr oder weniger lignitfreien Schichtgruppen. Die unterste lignitarne Serie (2) konnte vom Grundgebirge weg bis östlich von Harmisch verfolgt werden, wobei ihre Mächtigkeit nur wenig schwankt; weiter östlich wurde sie vom Bohrer nicht mehr

erreicht. Ein unterer Lignit (4), überlagert von einer Schichtgruppe mit lignitischen Lagen und schwachen Flözchen (5), konnte sogar bis St. Katharein nachgewiesen werden; nach Osten zu steigt zwar nicht die Mächtigkeit des Lignites, wohl aber die der hangenden lignitarmer Serie. Die Gruppe des oberen Lignites (7) konnte bis weit über die Pinka in den Bildeiner Wald verfolgt werden; ihre Mächtigkeit nimmt nach Osten auf ein Mehrfaches zu. Ein hangendes Lignitflöz (9), ebenso weit nach Osten nachgewiesen, behält nach Westen zu seine Dicke bei und verschwindet bei Harmisch nahe der Unterkante der Blauen Serie (11). Gleichzeitig keilt der hangendste Tegelsand (10) völlig aus; gegen Osten aber schwillt er auf 140 m an. Die darunterliegende lignitfreie Gruppe (8) behält ihre Mächtigkeit durch das ganze Profil bei, abgesehen von einer randlichen starken Ausdünnung. Am auffälligsten ist die nächsttiefere lignitfreie Gruppe (6), denn sie enthält zwischen Sankt Katharein und der Pinka mehrere eingeschaltete Sandlagen, die nach Osten wie nach Westen ausdünnen. Deutlich ist hier zu erkennen, daß der Sand nicht dem unmittelbar im Westen anrainenden Inselgebiet entstammt, sondern von weiter her, vielleicht vom Norden, in die Bucht eingeschwenkt worden ist. In die Augen springt die Trennung der feinen, tonig-sandigen Trübe, die im Wasser schwebend verfrachtet wird, von dem gröberen Sand, welcher über den Boden der Bucht dahin weggeschwenmt und -gewaschen wird. Er lagert sich daher im stillen Grunde ab und bildet dort Lagen und Bänke. Die ganze Schichtgruppe (6) zwischen den beiden mittleren Ligniten schwillt solcherart stark an, ebenso die darunterliegende lignitarmer Serie (5). Eine noch tiefere lignitfreie Gruppe (3) nimmt von der Küste weg nur wenig an Dicke zu; dafür nimmt die tiefste (1) geradezu keilartig gegen das Innere der Bucht zu, indem dort ein Vielfaches der Randablagerungen abgesetzt wurde.

Daß auch diese Schichten auf einem Boden abgesetzt wurden, der erst vor kurzem abgesunken war, ergibt sich aus einer Tiefbohrung bei Edlitz, 700 m östlich der Kirche, beim Jägerhaus. Diese Bohrung ist bis 628 m im Pannon verblieben und sodann in das paläozoische Grundgebirge gelangt, u. zw. in einen phyllitisch umgeprägten Dolomitmarmor.

Karbonate bilden die allergrößte Masse des Gesteins, doch sind ihrer zwei vorhanden, die eine verschiedene Lichtbrechung haben. Das stärker lichtbrechende — Dolomit — herrscht weitaus vor und bildet unverzwilligte, kleine Rhomboeder, die oft sehr gut ausgebildet sind. Sie besitzen meistens einen äußeren Rand, oft auch einen Kern, welcher durch ausgeschiedenes Eisenhydroxyd gelblich gefärbt ist, so daß man von zonarem Bau sprechen kann; das Mineral war also in manchen Lagen ursprünglich eisenhaltig (Eisendolomit). In manchen Lagen schwimmen die Dolomitrhomboeder in einer Art von Grundmasse aus schwächer lichtbrechendem Kalkspat. In anderen Fällen werden die Dolomitkristalle getrennt durch sehr hell grünlichen, nicht pleochroitischen Muskowit; seine Blättchen sind bald dicker, bald feiner und winden sich manchmal zwischen den Dolomitkristallen hindurch. In den meisten Fällen bilden aber die Dolomitrhomboeder geschlossene, dünne Schichten, welche freilich nirgends lange aushalten.

Mit den Karbonatlagen wechseln häufige, schmale, wohl abgegrenzte auskeilende Lagen von Quarz ab, dessen kleine Kristalle pflasterartig aneinandergrenzen. Selten sind kleine Nester von lamelliertem Albit.

Ein beträchtlicher Teil der Schließfläche wird eingenommen von feinkörnigen Anhäufungen von Limonit, Kalkspat und Glimmerschuppen, die nichts anderes sind als die Verwüstungen, welche im Gestein durch jüngere Durchbewegung an Scherflächen erfolgt sind.

Dieses Gestein ist zweifellos bereits als ein kristalliner Schiefer anzusehen, wenn auch die Umprägung nicht über den phyllitischen Zustand hinausgelangt ist. Den-

noch kann es seiner dolomitischen Zusammensetzung wegen nichts anderes sein als ein umgewandeltes Glied des devonischen Schichtenstoßes, welcher den Hohensteinmais-Berg und andere Teile der Eisenberg-Gruppe zusammensetzt.

Die lignitischen und humusführenden Lagen der beiden Querschnitte sind Einschwemmungen aus Mooren in das stehende Wasser. Diese Einschwemmungen geschahen zur Zeit der Zone F mit ihrem tiefliegenden Wasserstand. Die Kieselkappen der Csatherberge sind — so steht zu vermuten — um ein Geringes jünger und gehören wohl in die Blaue Serie (Zone H); daher sind sie neu entstandene, küstennahe Moore an Stelle jener älteren, bei der Spiegelsenkung hinweggewaschenen Küstenmoore. Es war bereits die Rede, daß im Brunnen des Wirtshauses auf dem kleinen Csatherberg Kohlenspuren ergraben worden sind. Sie stellen die gleiche Bildung dar wie die Pflanzenreste im Opalit, sind vielleicht sogar deren unmittelbare Entsprechung, wenngleich im unverkieselten Zustand.

Auf der mitfolgenden Karte (Textfig. S. 3) mußte die Grenze des Grundgebirges gegenüber Benda im Bereich der Csatherberge weithin berichtigt werden. Der Südostabfall des Eisenberges und des bereits in Ungarn liegenden Schildinger Berges¹⁾ ist so steil, dabei aber ziemlich geradlinig, daß die Annahme eines Randbruches hier die Wahrscheinlichkeit für sich hat. Ein Bruch in der Richtung Nord—Süd begrenzt nach Benda eine kleine Scholle von paläozoischen Gesteinen (Sandstein und Tonschiefer) inmitten des Chloritschiefers im östlichen (ungarischen) Teil der Eisenberggruppe.

Aus dem Kartenbild kann weiterhin der Schluß gezogen werden, daß auch der Nordostrand der Eisenberggruppe bei Hannersdorf und Burg durch einen Bruch vorgebildet worden ist (siehe Tafel V). Dies geht übrigens bereits aus den von Papp & Ruttner untersuchten Schurfbohrungen zwischen dem Geschriebenstein und der Eisenberggruppe hervor. Hier liegt die nördlichste Verbindung der Steirischen Bucht mit dem weiten Pannonischen Becken; sie soll als Rechnitzer Durchlaß bezeichnet werden. An der Oberfläche liegen hier, zum Teil von jüngerem Schotter verhüllt, oberpannonische Schichten. Sie bestehen aus grauem und grünlichgrauen Ton und Mergelton mit Sand- und Feinschotterlagen und mit zahlreichen, wenn auch nicht bauwürdigen Kohleflözen, um derentwillen sie in die Schwarze Serie zu stellen sind (Zone F). Darunter folgt in einem Teil des Rechnitzer Durchlasses das Mittelpannonium (E), ebenfalls noch zum Teil mit Kohlen, und sodann das obere Unterpannonium (D). Ob noch tiefere Schichten vorhanden sind, ist unbekannt. Es steht aber immerhin fest, daß der Rechnitzer Durchlaß seit altpannonischer Zeit geöffnet war. Nach den Bohrergebnissen reichte die Friedberger Bucht im Sarmat fast bis an die heutige Eisenberggruppe heran. Ob aber damals der Durchlaß schon bestand, wissen wir nicht, wohl aber ist klar geworden, daß die Öffnung durch Brüche erfolgte. Es treten nämlich die tiefer-pannonischen Schichten randlich nicht an die Oberfläche, wie dies bei einer beckenförmigen Lagerung zu erwarten wäre, sondern sie werden von der jeweils höheren Zone völlig abgedeckt. Dies gilt im Norden ebenso wie im Süden des Durchlasses, wie man den Querschnitten von Papp & Ruttner entnimmt. Anlässlich der Besprechung der Bohrungen am Teichbach mußte diese Tatsache

¹⁾ Auf der Aufnahmeabschnitt I: 25.000 Merinke-Berg genannt.

bereits erwähnt werden; es wurde sogar einer der erkannten Brüche mit einem hohen Grad der Wahrscheinlichkeit in seiner Verlängerung mit der südlichen Begrenzung des Rechnitzer Durchlasses in Beziehung gebracht, nämlich mit der von Papp & Ruttner gezeichneten Verbreitungsgrenze der mittelpannonischen Schichten (E), welche heute unter den oberpannonischen vergraben liegen. Aber auch diese oberpannonischen Schichten verdanken einem Nachbrechen der Grundgebirgsränder die Möglichkeit, weiter vorzustoßen. Wäre dem nicht so, dann müßten am Rande der Scholle des Königsberges und jener von Hannersdorf älter-pannonische Schichten unter den jüngeren hervortreten. Statt dessen finden wir bei Burg die auf trockenem Land gebildeten Karsterscheinungen, welche in unwiderleglicher Weise eine junge Absenkung dartun. Aus diesen Gründen darf man den nach Nordwesten gerichteten Fortsatz der Eisenberggruppe als von Brüchen in NW—SO-Richtung begrenzt ansehen. Diese Brüche werden aus der oberflächlichen Verbreitung paläozoischer Gesteine besonders dann deutlich, wenn man ihre von Benda in übertriebener Weise dargestellte Ausdehnung in Rechnung stellt. Die Ablagerung der pannonischen Schichten ging auf einer an Brüchen versinkenden Scholle vor sich. Der Rechnitzer Durchlaß stellt mithin nördlich von Hannersdorf einen Grabenbruch vor, der die Richtung nach Südosten besitzt und bei Rechnitz nach Nordosten geknickt ist. Er hat sich nach allem, was wir heute wissen, an staffelartigen, gleichlaufenden Brüchen im Lauf der Zeit eingesenkt.

Eine Vorbildung durch einen Bruch muß man auch für den Südwestrand des Königsberges und der Scholle von Hannersdorf annehmen, so daß dieser Nordwestsporn der Eisenberggruppe als schmaler Horst zu bezeichnen ist, welcher freilich seinerseits gegenüber dem Körper der Berggruppe abgesenkt ist und den die oberpannonischen Ablagerungen weitgehend verschüttet haben.

8. Eine Quelle als Ursache der Opalbildung

Die Ausführungen der letzten Seiten sollen unter anderem dazu dienen, eine frühere Behauptung zu unterbauen, daß nämlich zur jungpannonischen Zeit der Eisenberg unter einem Mantel von vorwiegend feinkörnigen Schichten begraben lag. Seither hat die Abtragung diesen Mantel zerschissen und zum größten Teil beseitigt, wenn auch die Abräumung nicht so restlos war, wie die Benda'sche Karte glauben macht. Südlich von Burg, an der Straße nach dem Dorf Eisenberg, liegt auf dem Chloritschiefer allenthalben mittelkörniger, brauner, toniger Sand. Dieser Abräumung entgangen sind aber vor allem die Kalke und der Opalfels.

Eine solche wasserundurchlässige Hülle spielte eine wichtige Rolle für Wasser, die aus den tieferen Schichten der Beckenfüllung an ihrer Auflagerungsfläche aufstiegen. Solches aufsteigendes Wasser konnte zweierlei Art sein: entweder artesisches Wasser aus Einzugsbereichen auf höher gelegenen Teilen der Buchtumrahmung, oder aufsteigendes juveniles Wasser. Besonders das letztere hätte keine andere Möglichkeit besessen, als bis an die jeweilige Küstenlinie oder in deren Nähe zu steigen, da die undurchlässige Decke aus oberpannonischen Schichten erst dort die Bildung einer Quelle zugelassen hätte. In genau derselben Art ist in weiten Teilen des Steirischen Beckens auch heute gespanntes Wasser vor-

handen, das an vielen Stellen erbohrt worden ist (Winkler-Hermaden & Rittler).

Einer solchen Quelle ist nun sehr wahrscheinlich die Bildung des Opalfelses zu danken. Aus dem durchstiegenen, teilweise geschieferten und nahe der Auflagerungsfläche bereits zersetzten Serpentin bezog sie die Kieselsäure. Es ist anzunehmen, daß sie auch Magnesiumkarbonat enthielt, das zweite Ergebnis des Serpentinzersatzes. Da aber dieser Zersatz durch kohlenensäurehaltiges Wasser geschieht, ist ein kiesel-säurehaltiger Magnesia-säuerling anzunehmen, welcher bei seinem Einmünden in den jungpannonischen See den Opal abschied. Vielleicht hat diese Quelle wegen ihrer Herkunft aus tieferen Lagen einen etwas erhöhten Wärmegrad besessen, gar nichts spricht jedoch dafür, daß sie besonders warm oder gar heiß gewesen sei. Auch die im Opalfels gefundenen Wasserschnecken sind im Wiener Becken gemeine Bewohner des jungpannonischen Süßwassers.

Selbstverständlich muß diese Quelle auch Eisen, einen weiteren Bestandteil des Serpentin, enthalten haben, u. zw. als Bikarbonat gelöst. Als Analysen des Serpentin dürfen die Serpentinanalysen von Bernstein (Jugovics), zum Vergleich verwendet werden, da sie sich in gleichartigen Tonschiefern eingeschaltet finden und daher wohl gleichalterig sind. Neben dem gemeinen und dem edlen gibt es auch bei Schlaining geschieferten Serpentin (Bandath). Der gemeine Serpentin von Bernstein hat (nach Umrechnung) einen Gehalt von 8,07% Fe_2O_3 , der edle aber nur von 4,34%.

Es rückt somit die anzunehmende Quelle in ihrer Zusammensetzung ganz in die Nähe der Säuerlinge von Oberschützen, die von Dittler & Dworzak chemisch untersucht worden sind. Der Magnesiumgehalt dieser Wässer ist auffällig hoch, wenn man ihn vergleicht mit Quellen ähnlicher geologischer Lage, also vor allem mit Tatzmannsdorf und Sulz bei Güssing. Aus diesem hohen Magnesiumgehalt schlossen die Analytiker mit vollem Recht auf anstehenden Serpentin oder Diabas im Untergrunde, welcher von dem aufsteigenden Säuerling zersetzt wird — ganz im Sinne Schrauf's.

Der Magnesiumgehalt von Mineralquellen wird leicht vergleichbar, wenn man ihn in Hundertteilen des Gesamtgewichtes aller gelösten Stoffe (Summe aller Ionen) anschreibt. Solcherart ergibt sich, daß in seinem Magnesiumgehalt der Säuerling von Oberschützen nur von einer einzigen der sechs Tatzmannsdorfer Quellen erreicht wird, während die übrigen erheblich darunter bleiben.

Es ist bedeutsam, daß gerade die an Magnesium reichste der Tatzmannsdorfer Sauerquellen (die Wiesenquelle) gleichzeitig auch die an Kieselsäure reichste ist. Dies tritt zutage, wenn man den Gehalt an Kieselsäure (Meta-kieselsäure H_2SiO_3) zur Summe aller Ionen ins Verhältnis setzt. Bringt man die Tatzmannsdorfer Quellen nach ihrem relativen Kieselsäuregehalt in eine Reihe, so erhält man dieselbe Anordnung als wenn man nach dem relativen Magnesiumgehalt geordnet hätte (siehe Tabelle). Die magnesium-reicheren sind also auch die an Kieselsäure reicheren Quellen. Die Berechnung des beziehentlichen Gehaltes an Magnesium und Kieselsäure wurde erfordert durch die Notwendigkeit, den Einfluß der Tagwässer auszuschalten, die das Wasser der Tiefe in unüberblickbarer Weise verdünnen.

Magnesium- und Kieselsäuregehalt südburgenländischer Mineralwässer
(Nach Dittler & Dworzak und dem österreichischen Bäderbuch)

	Summe der Ionen in g je kg Mineral- wasser	Magnesiumgehalt		H ₂ SiO ₃ -Gehalt		Umrech- nung auf SiO ₂ in g je kg Mineral- wasser
		in g je kg Mineral- wasser	in % der Ionen- summe	in g je kg Mineral- wasser	in % der Ionen- summe	
Oberschützen	5,2737	0,2312	4,4	0,0913	1,7	0,070
Tatzmannsdorf						
Wiesenquelle	1,6427	0,0719	4,4	0,1075	6,6	0,083
Bassinquelle II ..	2,2019	0,0610	2,8	0,0830	3,8	0,064
Bassinquelle I ...	2,3889	0,0660	2,8	0,0859	3,6	0,066
Franzensquelle ..	2,6749	0,0711	2,7	0,0583	2,2	0,045
Maxquelle	5,2500	0,1400	2,7	0,0737	1,4	0,057
Karlsquelle	5,2156	0,1238	2,4	0,0700	2,2	0,054
Sulz bei Güssing						
Vitaquelle	4,1704	0,0684	1,6	0,0600	1,4	0,046
Paulaquelle	4,367	0,0262	0,6	0,0722	1,7	0,056

Man gewinnt den Eindruck, daß im Mineralwasser von Tatzmannsdorf zwei Komponenten in verschiedenen Mischungsverhältnissen vorkommen, wobei von süßem Oberflächenwasser abgesehen ist. Es ist so, als ob Wasser, das an verschiedenen Salzen angereichert ist, basische Gesteine durchsetzt und hiebei in fallweise verschiedenem Grade auf dieses zersetzend wirkt; je nach der Innigkeit seiner Einwirkung hat es sich in stärkerer oder geringerer Weise mit Magnesium beladen und in annähernd demselben Maße auch mit Kieselsäure.

Bei der Zersetzung von Serpentin verhalten sich die entstehenden Mengen an MgO und SiO₂ rund genommen wie 3 : 2. Wenn dieses Verhältnis in den Mineralquellen eingehalten sein würde, so wären die gezogenen Schlußfolgerungen viel zwingender. Wir haben jedoch bereits gesehen (Hiebleitner, W. E. Petrascheck u. a.), daß rein örtliche Umstände entscheiden, ob die Kieselsäure in der Tiefe abgelagert wird oder an der Oberfläche eine Kieseldecke bildet; ebenso ist es beim Magnesiumkarbonat, welches entweder in der Tiefe Lagerstätten dichten Magnesits bildet oder in gelöster Form mit dem Wasser der Quelle entschwindet. Es darf daher kein allzu-großes Befremden erregen, wenn die Verhältnisse MgO/SiO₂ sich bald nach der einen, bald nach der anderen Seite von der Zahl 1,5 entfernen. Leider ist der Fehlbetrag an SiO₂ gerade bei dem Sauerling von Oberschützen besonders fühlbar, weil er die magnesiumreichste, aber keineswegs die kieselsäurereichste Quelle unseres Gebietes ist.

Dennoch sprechen die Analysen der burgenländischen Mineralwässer in immerhin deutlichem Sinne für die Entstehung im Zusammenhang mit der Serpentinzeretzung. Eine gewisse Verwicklung bringt der Kalkgehalt der Quelle mit sich, welcher dartut, daß auch gelöste Stoffe aufgenommen wurden, welche nicht aus dem Serpentin stammen. Offenbar entstammt der Kalkgehalt Schollen von paläozoischem Kalk, wie solcher dem Gesteinsbestand des Geschriebensteins keineswegs fremd ist. Bei diesem

bald größeren, bald kleineren Zuschuß kann natürlich auch in nicht übersehbarer Weise Magnesium mitaufgenommen werden.

Wir haben bisher lediglich Ähnlichkeiten der Csatherquellen mit diesen Sauerquellen festgestellt — von den Unterschieden wird später noch geredet werden.

Im Gegensatz zu den bisher genannten Sauerlingen sind die Quellen von Sulz bei Güssing verhältnismäßig arm an Magnesium und Kieselsäure. Sie verraten dadurch, daß sie keine Beziehungen zu basischen Gesteinen haben. Dementsprechend fehlen auch in der Schieferinsel westlich von Güssing (Fidischberg) solche Gesteine gänzlich. Im Falle der Quellen von Sulz könnte man an den Basalttuff von Tobaj oder eher an sein Stammgestein in der Tiefe als Lieferer der Kohlensäure der Quellen denken.

Die natürliche Zersetzung basischer Gesteine durch kohlen säurehaltige Wasser wurde von Moore & Maynard in Versuchen nachgeahmt, wobei die Bestimmung der Löslichkeit der Kieselsäure eines ihrer Ziele war. Als Versuchsgesteine wählten sie Norit und Diabas, die sie den Angriffen von Wässern aussetzten, welche mit verschiedenen chemisch wirksamen Stoffen beladen waren. Diese Versuche fanden bei Zimmertemperatur statt und dauerten bis zu 287 Tagen. Dabei ergab sich, daß kohlen säurehaltiges Wasser an Zersetzung- und Lösungskraft reinem oder sauerstoffhaltigem Wasser erheblich überlegen ist. Aus Norit konnten unter diesen Bedingungen bis zu 0,0892 g Kieselsäureanhydrid (SiO_2) je Kilogramm der Flüssigkeit aufgelöst werden, aus Diabas aber nur 0,0542 g/kg. Durch Umrechnung werden diese Zahlen vergleichbar mit den Analysenangaben im österreichischen Bäderbuch, welche Meta-kieselsäure H_2SiO_3 ausweisen. Man findet, daß die obigen Zahlen einem Gehalt von 0,1160 beziehungsweise 0,0705 g H_2SiO_3 im Kilogramm der Lösung entsprechen. Diese Versuche verdienen in diesem Zusammenhang deshalb Interesse, weil die Beträge an gelöster Kieselsäure so gut übereinstimmen mit den Gehalten der burgenländischen Mineralwässer.

Die Sauerlinge von Tatzmannsdorf und Oberschützen brechen am Westrand des Bernsteiner Gebirges (Geschriebenstein) auf. Um den paläozoischen Fidischberg westlich von Güssing scharen sich die Sauerlinge von Eisenhüttl, Sulz und Steingraben; zu dieser Gruppe gehört auch das in Gerersdorf in 83 m Tiefe erbohrte Sauerwasser (Winkler-Hermaden & Rittler).

Von diesem einen Fall abgesehen, wurde von all den vielen Bohrungen, welche artesisches Wasser erreichten, nie Sauerwasser angetroffen nach der Zusammenstellung von Winkler-Hermaden & Rittler. Hiedurch fällt der Einwand, das Kohlendioxyd könnte etwa aus den zahlreichen, in die tertiäre Schichtenfolge eingeschalteten Lignitlagen herkommen und durch sauerstoffhaltige Tagwässer daraus entstanden sein. Es ist vielmehr erwiesen, daß das Kohlendioxyd aller Sauerlinge mit vulkanischer Tätigkeit in irgendeinem Zusammenhang steht.

Von vornherein ist es nicht klar, welcher Gruppe von vulkanischen Erscheinungen die oberpannonische Sauerquelle auf dem Csatherberg zugeordnet werden kann. Die vielen Tuff- und Basaltdurchbrüche des Grazer Beckens sind jünger, nämlich oberpliozän (dazisch; Winkler-Hermaden, 1951) und liegen auch räumlich weit ab. Es wäre möglich, daß bereits unterpliozäne Vorboten vorhanden gewesen sind, so wie für den

Oberpullendorfer Vulkan ein sarmatisches Alter mehr als wahrscheinlich ist (Kümel, 1936). Man könnte aber auch einen Zusammenhang mit älteren vulkanischen Gesteinen von der Art des durch Winkler-Hermaden (1933 b) und Cornelius von Aschau beschriebenen Andesitganges denken.

Dieses Gestein steht gesteinskundlich und altersmäßig dem Trachyandesit von Gleichenberg nahe. Es bieten sich aus diesem Grund die Kieselgesteine von Gleichenberg als Vergleichsgegenstand mit dem Opalfels der Csatherberge an. Der von Angel so genannte Gossendorfit kommt hiebei freilich nicht in Frage, da er ein amorpher, opalhältiger Alunitfels ist, welcher durch vulkanische Vorgänge unter Zufuhr von Schwefelsäure aus dem Gleichenberger Ergußgestein entstanden ist. Im Gegensatz hiezu ist Alunit auf den Csatherbergen vollkommen unbekannt. Weit eher kann man den verkieselten Sandstein des Mühlsteinbruches bei Gleichenberg zum Vergleich heranziehen. Es hat somit die größere Wahrscheinlichkeit für sich, die Schüttung der Csather-Quellen in zeitliche Verbindung zu bringen mit der Gleichenberger Vulkantätigkeit, also mit einem Ganggestein von der Art jenes von Aschau. Spuren solcher Tätigkeit scheinen übrigens auch vorzuliegen in dem neu aufgefundenen Vorkommen von Nontronit, welches bei Mariasdorf (bei Bad Tatzmannsdorf) in 35 m Tiefe in einem Brunnen aufgefunden wurde.

9. Der Opalfels unter dem Mikroskop

Bevor die verschiedenen Spielarten des Opalfelses in ihren mikroskopischen Einzelheiten beschrieben werden können, sind Bemerkungen über die darin vorgefundenen Eisen- und Manganminerale sowie über die Kieselsäureminerale notwendig.

Bedauerlicherweise herrscht keine vollkommene Einhelligkeit über die Bezeichnung der verschiedenen Eisenhydroxyde. Daher muß kurz gesagt werden, in welchem Sinne die im folgenden gebrauchten Namen verwendet werden.

Als Limonit (Brauneisenstein) wurde nur dichtes, nicht doppelbrechendes Eisenhydroxyd bezeichnet. Es wurde darin den bei uns verbreiteten Lehrbüchern gefolgt sowie den „Tabellen“ Strunz', trotzdem Lacroix (1901) und Cayeux (1916) auch kristallisiertes Eisenhydroxyd zum Limonit stellen.

Das in kristallisierter Form angetroffene Eisenhydroxyd wurde nicht durchwegs als Goethit angesprochen, sondern es wurde die wohlbegründete Trennung in Goethit (α -FeOOH, Nadeleisenerz) und Lepidokrokit (γ -FeOOH, Rubinglimmer) durchgeführt, welche zwar beide im rhombischen System kristallisieren, aber dennoch dimorph verschieden sind. In der Namengebung wurde Strunz gefolgt, welcher sich dem fast allgemeinen Gebrauch anschließt, obschon der Name Goethit im ursprünglichen Sinne γ -FeOOH ansprach. Es wird also auf den folgenden Seiten kristallisiertes Eisenhydroxyd mit hoher Licht- und Doppelbrechung und rotbrauner Durchsichtigkeit als Lepidokrokit bezeichnet, jenes mit brauner bis gelbbrauner Durchsichtigkeit hingegen als Goethit. Mit einer einzigen Ausnahme sind die Goethitkörnchen in den untersuchten Gesteinen und Versteinerungen stets zu klein für genauere Untersuchungen.

Als Ausfüllung von allerlei Hohlräumen findet sich darin sehr häufig ein schwarzes Mineral welches vollständig undurchsichtig ist und im auf-

fallenden Licht einen schwach metallischen, grauen Glanz zeigt. Aus diesen Gründen und wegen seiner Glühbeständigkeit kann es sich nicht um einen humusartigen Stoff handeln. Alle Anzeichen sprechen für ein Manganmineral, doch mißlang der darauf gerichtete Versuch eines chemischen Nachweises¹⁾ im Holz von *Lillia* wegen der Geringfügigkeit der vorhandenen Menge. Dennoch wurden keine Bedenken getragen, diese einzigen Hohlraumausfüllungen als ehemaliges Polianit-Gel (MnO_2) anzusehen und als Manganmulm zu bezeichnen. Daß Manganverbindungen in echt gelöster Form (wohl als Bikarbonat) in Hohlräume von Pflanzenresten eingedrungen sind, dort in kolloider Form ausgefällt wurden und hernach noch erheblich geschrumpft sind, ist in recht vielen Fällen aus dem mikroskopischen Bild abzulesen. Der Ausdruck Manganmulm drängte sich auf beim Betrachten der überaus feinkrümlichen Struktur dieser Füllungen; es muß jedoch hervorgehoben werden, daß im Zusammenhang mit der Schrumpfung des zunächst entstandenen Gels derartige Verfestigung eintrat, daß das Mineral eine große Härte erlangte. Es ist so widerstandsfähig, daß es mit der Präpariernadel gar nicht leicht zerteilt werden kann und beim Schleifen keineswegs zerfällt, sondern in vollkommener Weise im Verband des Dünnschliffes verbleibt. Es kann daher mit Fug zum Psilomelan gestellt werden.

In den untersuchten Schliffen kommt eine Reihe von Kieselsäuremineralen vor; über Opal und Chalcedon braucht an dieser Stelle nichts Näheres gesagt werden. Nicht ohne weiteres bestimmbar war jedoch ein faserig gebautes Mineral von derselben leicht bräunlichen Färbung wie der Opal der Gesteinsgrundmasse. Es ist von gerader Auslöschung mit positivem Charakter der Längsrichtung und mit einer überaus schwachen Doppelbrechung, welche in manchen Fällen auch mit dem Gipsplättchen Rot I nicht oder kaum wahrnehmbar ist. Aus letzterem Grund kann es nicht als Quarzin gedeutet werden, wegen des optischen Charakters der Faserrichtung nicht als Chalcedon und aus beiden Gründen nicht als Pseudochalcedonit (Lacroix, 1900). Hingegen entspricht es in jeder Hinsicht dem von Mallard beschriebenen Mineral Lussatit²⁾ ³⁾, dessen Zugehörigkeit zum Cristobalit durch genaue Untersuchungen (auch röntgenographischer Art) sichergestellt ist (Laves):

„Ich möchte daher vorschlagen, faserig struiertes SiO_2 -Material, dessen Fasern vorwiegend aus Cristobalit bestehen, Lussatit zu nennen, sofern die Faserachse optisch positiv ist.“

Dieses Mineral ist im Opalfels an der Versteinung von pflanzlichen und tierischen Resten ausgiebig beteiligt, wie die folgenden Beschreibungen mit vielen Einzelheiten zeigen werden. Es umhüllt und erfüllt allerlei feine und zarte Pflanzenreste in dem zu beschreibenden verkieselten Moostorf, aber auch derbere Gegenstände wie Baumblätter und eine Schneckenschale, vor allem aber kommt es in einigen der untersuchten Kieselhölzer vor. Darüber hinaus scheint es gelegentlich einen Teil der Gesteinsmasse selbst zu bilden. Aus diesem Grunde ist der Lussatit von nun ab unter die gesteins-

¹⁾ Welcher in dankenswerter Weise von Herrn Dr. P. Wieden durchgeführt wurde.

²⁾ Sprich Lüssatit.

³⁾ Mit herzlichem Dank sei hier vermerkt, daß diese Feststellung auf Herrn Doz. Dr. H. Meixner zurückgeht, welcher die Freundlichkeit hatte, dieses Mineral zu prüfen.

bildenden Minerale einzureihen. Es muß hier erwähnt werden, daß durch eine Untersuchung im Röntgenlicht¹⁾ in dem verkieselten Moostorf die Anwesenheit von Cristobalit nicht nachweisbar war, wohl aus dem Grunde, weil die Methode nur auf Mengen von mehr als 5% anspricht. Die sehr kräftigen, für Quarz kennzeichnenden Linien gehen wohl auf den Gehalt des Gesteins an Chalcedon zurück.

Im Zusammenhang mit dem Vorkommen eines faserigen Kieselminerals muß man auch an jene büschelförmigen „Kristalle von Kieselsäureanhydrid“ denken, welche Struckmann beim Eindunsten einer salzsauren Lösung von Kieselsäure beobachtete. Mehr als verwunderlich ist indessen der Umstand, daß Struckmann in seinen Beobachtungen zwar einen Vorläufer hatte, daß diese aber seither nicht wiederholt und bestätigt worden sind. Es muß daher sogar der Verdacht auftauchen, daß es sich lediglich um Nadeln von Steinsalz gehandelt habe, wie sie Fells & Firth beim Trocknen von Kieselsäure-Gel erhielten und eingehend beschrieben.

Auch noch in einer zweiten Ausbildungsform konnte Lussatit beobachtet werden, nämlich in kleinen Hohlräumen im Opalfels. Er bildet dünne Lagen über den Chalcedonschichten, welche diese Hohlräume auskleiden.

Die Bildungsbereiche des Cristobalits liegen in vielen Fällen sehr hoch, so bei den hydrothermal gebildeten Kriställchen in den Hohlräumen von Ergußgesteinen und auch im Falle des Gossendorfiten, in dem er durch Röntgenaufnahme als Bestandteil nachgewiesen ist²⁾. Dies alles soll jedoch ganz und gar nicht zum Anlaß werden, auch für den Opalfels der Csatherberge eine hohe Bildungstemperatur anzunehmen. Es ist hier freilich nicht der Ort, um in eine Erörterung über den Bildungsbereich des Cristobalits einzutreten. Statt dessen sei nur die Tatsache angeführt, daß die Kieselshalen der Diatomeen im Röntgenlicht als aus Cristobalit bestehend erkannt worden sind (Wassiljew & Wesselowski), obwohl sie im polarisierten Licht einfache Lichtbrechung zeigen³⁾. Allerdings muß erwähnt werden, daß die Röntgenuntersuchungen der beiden russischen Forscher von Royer nicht bestätigt werden konnten. Übrigens kommt Cristobalit auch sonst in verkieseltem Holz vor, wie Levin & Ott gezeigt haben. Leider vorenthalten sie eine Beschreibung des von ihnen im Röntgenlicht geprüften Holzes, doch weist nichts darauf hin, daß es etwa bei erhöhter Temperatur verkieselt worden sei. Auf der anderen Seite gelang es den beiden nicht, in Geysirit von einer heißen Springquelle aus dem Yellowstone Park etwas anderes als Opal nachzuweisen. Wir haben also keinen Grund, für den Opalfels der Csatherberge eine heiße Quelle oder gar einen jungpannonischen Geysir anzunehmen. Es scheint heute noch nicht möglich (wie auch von Levin & Ott betont wird), die Frage nach der Entstehungsweise des Cristobalits bei niedrigen Temperaturen hinreichend zu beantworten. Wenn man ihm eine Neigung zur „metastabilen Kristallisation“ zuschreibt, so hat man damit keine Erklärung gegeben, sondern nur die Tatsache festgestellt, daß er sich auch bei Temperaturen bilden kann, wo dies nach den Erfahrungen bei hohen Hitzegraden nicht zu erwarten ist.

¹⁾ Für welche Herrn Dr. A. Preisinger herzlich gedankt sei.

²⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Professor Dr. F. Angel.

³⁾ Abgesehen von der sogenannten Formdoppelbrechung, einer Art der Doppelbrechung, welche auf gitterförmigem Bau in der Größenordnung der Lichtwellenlängen beruht und mit der Doppelbrechung des betreffenden Stoffes (Eigendoppelbrechung) nichts zu tun hat (Schmidt).

Neben dem Lussatit, welcher in den untersuchten Schliften ein ausgesprochen häufiges Mineral darstellt, scheint noch ein weiteres faseriges Kieselmineral an der Versteinung von Blattresten Anteil zu nehmen, welches im Gegensatz zu diesem eine optisch negative Faserrichtung (α' in der Längsrichtung) hat, sonst aber den Lussatitfasern durchaus gleicht. Vielleicht handelt es sich um den Pseudochalcedonit Lacroix' (1900), welcher mit dem Lussatin Lavess' wesensgleich ist. Völlige Klarheit über dieses Mineral konnte noch nicht gewonnen werden.

10. Mikroskopische Beschreibung

Durch die mikroskopische Untersuchung des Opalfelses ließen sich unschwer drei verschiedene Ausbildungsweisen auseinanderhalten, die sich — das wird sich gleich zeigen — unter verschiedenen gewässerkundlichen Bedingungen abgesetzt haben und daher als verschiedene Fazies zu bezeichnen sind. Bereits rein äußerlich sind sie durch die Farbe unterscheidbar. Sie bieten ein so verschiedenes Bild, daß sie getrennt beschrieben werden müssen. Dennoch sind sie räumlich nicht zu trennen, sondern wechsellagern vielmehr in mannigfaltiger Weise; daher trifft man auf den Haufen von Feldsteinen in den Weingärten der Csatherberge stets alle drei Ausbildungsarten nebeneinander.

10 a. Verkieselter Moostorf

Das durch seine schneeweiße Farbe auffallende Gestein ist dicht und besteht zum allergrößten Teil aus feinstkrümeligem Opal; das Mikroskop zeigt ihn nicht farblos, sondern mit leicht bräunlichem Stich. Zahlreiche Hohlräume, die in der Opalmasse vorhanden waren, wurden später mit farblosem Chalcedon ausgefüllt, welcher halbkugelige oder parallelfaserige Verbände bildet (siehe Tafel I, Fig. 2). In manchen der Hohlräume liegt über der Chalcedonauskleidung eine weitere, jüngere Schicht von Lussatit, welche jedoch nur die halbe Dicke der ersteren hat. Der Lussatit unterscheidet sich vom Chalcedon nicht durch seine klare Ausbildung, sondern nur durch die geringe Doppelbrechung und die entgegengesetzte optische Orientierung. Die geringe Doppelbrechung und die völlige Klarheit tragen die Schuld, daß er seinen Faserbau nicht erkennen läßt. Durch seine Farblosigkeit unterscheidet er sich von den im folgenden beschriebenen Lussatitbüscheln an pflanzlichen und tierischen Versteinerungen.

Gegen den Chalcedon grenzt der Opal mit einer niedrig-traubigen Oberfläche; Halbkügelchen ragen einzeln, zu mehreren oder zu vielen in die Hohlräume vor. Durch die Zufälligkeit der Schnittlage wird die Verbindung manchmal unterbrochen, so daß sie frei im Chalcedon zu schweben scheinen. Stellenweise gewinnt der Opal auf diese Weise scheinbar eine Kügelchenstruktur und erinnert an Oolith. Alle Kügelchen haben fast genau die gleiche Größe und werden aufgebaut von einer Folge von klareren und trüberen Opalschichten, welche nicht nur in benachbarten, sondern sogar in weiter entfernten Kugelformen genau in der gleichen Weise aufeinanderfolgen und beweisen, daß sie geringen Schwankungen in der Zusammensetzung des abscheidenden Wassers ihr Entstehen verdanken. Hin und wieder überzieht eine jüngere Schicht ein etwas feineres Traubengebilde und

schaft dadurch eine im Inneren zusammengesetzte, außen aber einfache Traube.

Die chalcedonerfüllten Hohlräume sind nicht in allen Fällen vollkommen damit verschlossen. Bei den größeren bleibt ein mittlerer Hohlraum frei, welcher allerdings manchmal zum Teil mit schwarzem, wohl manganhaltigem Mulm erfüllt ist. Einschlüsse von feinen Teilchen von Manganschwartz kommen übrigens auch im Opal selbst vor.

In diesem Gestein liegen allerlei Pflanzenreste. Die am reichlichsten vorkommenden haben die Form von schmalen Streifchen helleren Opals inmitten des stärker gekörnelt und etwas dunkleren Opals der Gesteinsgrundmasse. Im Querschnitt besitzen diese Streifchen eine sehr deutliche, schmale „Mittellinie“ von dunklerem, krümeligem Opal mit eingestreuten Chalcedonfitterchen; weiterer Feinbau ist nicht erkennbar. Es muß sich also bei diesen Resten um besonders leicht verwesliche Gebilde gehandelt haben, welche durch ihre Verkieselung den Anlaß zur Bildung der Streifchen gegeben haben. Sie haben eine Breite von etwa 0,2 Millimeter, während die Länge ein Mehrfaches davon beträgt (bis zu 2,5 Millimeter). An ihren Enden sind diese Streifchen stets stumpf abgerundet. Die infolge ihrer Krümeligkeit dunkler erscheinende Linie in der Mitte hat kaum eine Breite von einem Zehntel des ganzen Streifchens. In manchen Fällen ist sie kaum oder gar nicht kenntlich; in anderen Fällen ist sie beiderseits scharf begrenzt. Häufiger aber ist ihre Begrenzung gegen den helleren Opal des Streifchens nur an einer Seite deutlich, während an der Gegenseite ein allmählicher Übergang erfolgt. Manchmal geht das helle Streifchen nach außen unmerklich in die Gesteinsmasse über. In anderen Fällen aber entsteht aus ihm vorerst ein Saum von Lussatit, dessen feine Fasern mehr oder weniger senkrecht zum Streifchen stehen. Bei noch anderen Gebilden der gleichen Art beginnen solche Fasern unmittelbar an der Mittellinie des Streifchens. Es können auf diese Weise üppige Büschelchen und Bärte von Lussatit entstehen, welche stellenweise den größeren Anteil des Gesteins bilden. Infolge der Schliffelage ist nicht immer erkennbar, daß sie von Pflanzenresten ihren Ausgang nehmen. Wegen dieser ziemlich mannigfachen Ausbildungsformen kann man nicht das gesamte Streifchen als einen pflanzlichen Rest ansehen, sondern man hat anzunehmen, daß ein solcher lediglich den Anlaß zur Entstehung der Mittellinie gegeben hat, während alles übrige nur Kieselsäureabsatz ist, der sich an einem zerfallenden Pflanzenrest festsetzte. Welcher Art diese massenhaft versteineten Pflanzen waren, läßt sich nicht leicht sagen. Man könnte an Moose denken; unter den wasserbewohnenden Moosen gibt es einige, welche keine Mittelrippe besitzen, doch erregt die gerade gestreckte, nicht bogenartig gekrümmte Form des Querschnittes Bedenken und auch die Dicke der Mittellinien dürfte jene der Moosblättchen übertreffen. Vor allem aber scheint die ungleich scharfe Begrenzung der Linien auf eine ober- und unterseits verschiedene Ausbildung einer Cuticula hinzuweisen, was gegen eine Deutung als Moosblättchen spricht. Diese verschieden scharfe Begrenzung kann nicht bedingt worden sein durch die Lage der verkieselten Reste im Wasser, denn (Tafel I, Fig. 3) wenn solche Blättchen zu mehreren übereinanderliegen, wenden sie bald die scharf gezeichneten Ränder, bald die flauen nach derselben Seite. Wegen der Häufigkeit dieser Reste muß man annehmen, daß es sich um Pflanzen handelt, die an ihrem Lebensort selbst versteineten und nicht eingeweht

oder -geschwemmt worden sind und die nun wegen ihrer Hinfälligkeit nur mehr in verschwimmenden Umrissen vorliegen.

Diese Blättchen sind übrigens von zweierlei Größe. Außer den bereits beschriebenen kommen auch breitere Blättchen vor, welche in derselben schattenhaften Art erhalten sind. An ihnen sitzen manchmal besonders lange Büschelchen und Bärte von Lussatit.

Selten nur findet man kleine Ringel aus hellerem Opal, welche offenbar Querschnitte der zu den Blättchen gehörigen Stengel darstellen. Ihr verschwommener Umriß, bar jeder Einzelheit, zeigt, daß sie ebenso wie die Blättchen selbst aus zarter, wasserreicher Pflanzenmasse bestanden. Man wird kaum fehlgehen, wenn man hier an schwimmende kleine Pflänzchen von der Beschaffenheit der Wasserlinsen (*Lemna*) denkt.

Neben diesen schwer deutbaren Resten finden sich — wenn auch in geringerer Anzahl — andere, über deren Zugehörigkeit zu den Moosen kein Zweifel besteht (siehe Tafel I, Fig. 4). Diese Blättchen sind wesentlich schmaler (0,2—0,4 mm) bei einer Dicke von weniger als einem Hundertstel eines Millimeters; sie haben scharfe, von Verwesung unversehrte Ränder und bilden im Querschnitt Kreisbogen von einem Sechstel bis einem Achtel eines Umfanges. Der Blattrand ist nur ganz selten eingerollt, der Aufbau aus einer einzigen Zellschicht ist manchmal noch erkennbar. Nie ist eine Mittelrippe der Blättchen wahrzunehmen. Dieser Umstand führt zu Vermutungen über die Zugehörigkeit dieser Wassermoose, welche im Küstenmoor der Csatherberge Rasen gebildet haben. Es könnte sich um ein Torfmoos aus der Gattung *Sphagnum* handeln, deren Blättchen nicht immer eingerollt sind, wenn sie auch meistens etwas breiter sind (0,5—2 mm). Man könnte aber auch an die Gattung *Fontinalis* denken, deren zahlreiche Arten in sehr verschiedenartigen Gewässern flutende Rasen bilden (siehe Paul, Mönkemeyer & Schiffner).

Wenn diese Abart des Opalfelses als verkieselter Moostorf bezeichnet wird, so geht dieser Name zurück auf das häufige Vorkommen von Moosblättchen. Treffender wäre jedoch eine Bezeichnung, welche auf die noch reichlicher vorhandenen Blättchen der erstbeschriebenen Art Bezug nimmt. Nur weil deren Deutung nicht gelang, mußte der Name Moostorf einspringen. Festzustehen scheint, daß die weiße Abart des Opalfelses vom Csatherberg durch Verkieselung aus treibenden, flutenden, schwimmenden Pflanzenmassen hervorgegangen ist.

In welcher Weise sich dieses Kieselgestein gebildet hat, wird von den bisher angeführten Tatsachen in klarer Weise erläutert. Es war keineswegs so, daß von oben her ein feiner Regen von Kieselsäureflocken auf die Pflanzenreste herniederging. Die Kieselsäure ging keineswegs im Bereiche der Flüssigkeit aus dem kolloidal gelösten Zustand (Sol) in den gelartigen über, sondern dieser Vorgang erfolgte zunächst an der Oberfläche und im Inneren von Pflanzenteilen, wobei diese mit einer dünnen, langsam wachsenden Kieselsäurehülle überzogen wurden. Auf keinen Fall darf man sich die Verkieselung als stürmischen, rasch verlaufenden Vorgang vorstellen, etwa so, wie sich die Geyserrite der heißen Quellen bilden, deren Wachstum rasch erfolgt. Die Verkieselung erfolgte vielmehr langsam, in gewissenhafter Kleinarbeit. Dies wird noch deutlicher werden, wenn von den verkieselten Resten höherer Pflanzen die Rede sein wird, die Zelle für Zelle vor sich ging und daher manche Einzelheit für botanische Untersuchungen rettete.

Die allmählich an Dicke zunehmenden Hüllen der Blättchen traten schließlich miteinander in Berührung und verwachsen mit ihnen; dazwischen blieben oft Hohlräume frei, welche in ihrer Form und Anordnung von der gegenseitigen Lage der Blättchen abhängig sind. Diese winkel- oder spaltförmigen Räumchen sind es, in welche später der Chalcedon einwandern konnte, um sie ganz oder zum Teil zu verschließen. Viele der Blättchen lassen auf kleinstem Raum die Richtung der Zufuhr der Kieselsäure erkennen. Wo ein Blättchen dicht auf dem andern lag, ist es häufig auf seiner Oberseite mit schalig gebautem Opal besetzt, wo aber unter dem Blättchen bei der Ablagerung ein kleiner Raum frei blieb, dort wuchsen solche Krümel kugelförmig und vereinigten sich zu traubigen Anhäufungen. Bei dichter gepackten Blättchen hingegen mußte die Umkleidung mit Kieselsäure zum Stillstand kommen, sobald die Hüllen einander berührten.

Der hier geschilderte Moostorf ist übrigens jener Typus von Opalfels, welcher äußerlich mit den massigen Abarten von Geysirit noch die größte äußerliche Ähnlichkeit besitzt. Man darf hiebei freilich nicht an die Kieselschale des großen Geysirs auf Island denken, welche aus lockerem, porösem Sinter besteht. Diese Ausbildung steht in Verbindung mit der raschen Bildung; dadurch wurde aber bewirkt, daß hineingeratene Pflanzen in ihren Umrissen prächtig erhalten sind, freilich aber nicht in ihrem inneren Bau. Die Einbettung geschah nämlich, bevor sie Gelegenheit zur Zersetzung hatten. Man könnte sie mit den verkalkten Blumensträußen von Karlsbad vergleichen, wenn die Blumen selbst nicht mit erhalten wären. An kochend heißen, wenn auch nicht ausbrechenden Quellen auf der Halbinsel Reykjanes auf Island fand ich jenen blendend weißen Opalsinter, welcher vollkommen dicht war und keinerlei Struktur zeigte. Dennoch ist die Ähnlichkeit nur äußerlich und auch das nur solange, wie die Schichtung des isländischen Sinters nicht merkbar wird. Diese Schichtung aber kann mitunter so deutlich werden, daß blätterige Gesteine entstehen. Ich konnte sogar Rippelmarken beobachten, welche besonders deutlich machen, daß die Bildung anders geschah als auf dem Csatherberg, nämlich durch Absatz von Gelflocken auf dem Grunde eines Heißwassertümpels.

10 b. Verkieselter Blätter-Moostorf

Weißer, porzellanartiger Opalfels, dem eben beschriebenen Moostorf ganz ähnlich, wurde in Form von linsigen und schlierigen Bestandmassen innerhalb jener braunen Opalit-Abart beobachtet, welche im folgenden als Kiesel-Eisenschlamm bezeichnet werden wird. Diese weißen Linsen und Schlieren grenzen scharf an den braunen Opalfels. Ein Schliß zeigt neben vielen Blättern und anderen Resten dikotyler Pflanzen auch zahlreiche Moosblättchen von dem schon beschriebenen Aussehen und bekundet so die Verwandtschaft des Gesteins mit dem Moostorf. Es ist daher ebenfalls eine Bildung oberflächen- und randnaher Bereiche des Sumpfgürtels, während der Kiesel-Eisenschlamm an den Blättern und Moospflänzchen offenbar nicht die Bedingungen zum Absatz fand.

Ab und zu wurden kreisrunde Querschnitte dünner Stengelchen beobachtet; Ihr Innenbau ist nicht mehr erkennbar, denn das Innere ist erfüllt von einer geschichteten, radialfaserigen Masse (wohl Lussatit) erfüllt, deren Aufbau in keinem Zusammenhang mit dem pflanzlichen Bau mehr steht. In anderen Fällen ist der Raum des Stengels außerdem auch von Chalcedon erfüllt. Diese Stengelchen müssen — im Vergleich mit dem nachfolgend beschriebenen Stengel — wesentlich hinfalliger gewesen sein und können vor allem keinen verwickelten Bau mit Gefäßbündeln besessen haben. Man darf sie daher wohl als Moosstengel deuten, deren Wände außen und innen von Opal eingehüllt und schließlich ersetzt worden sind,

indem auch hier die Verkieselung Schritt hielt mit der langsam fortschreitenden Verwesung. Es ist indessen einzugestehen, daß die geschilderten Querschnitte im Schriff nicht in allen Fällen ganz einwandfrei unterschieden werden können von Querschnitten der Kugeln und Trauben, die gleich geschildert werden sollen und die rein anorganischer Entstehung sind; in anderen Fällen ist die Unterscheidung indessen ganz eindeutig.

Im Gegensatz zu den erwähnten Gebilden steht ein dicker Pflanzenstengel, welcher den Aufbau aus einer mehrschichtigen Außenwand und aus fünf Gefäßbündeln erkennen läßt; die Markstrahlen sind allerdings bereits weggestoßen und durch eine Ausfüllung von Chalcedon ersetzt.

Zahlreich sind die Reste von Blättern, welche in diesen Lebensraum der Moose eingeweht worden sind. Aufschlußreich für die Art und Weise der Verkieselung ist der Querschnitt eines dikotylen Laubblattes, welches sich in demselben Schriff fand. Auf der Blattunterseite tritt der Mittelnerv hervor (siehe Tafel II, Fig. 5), welcher durch Verwesung weniger versehrt worden ist und daher noch Spuren seines Aufbaues erkennen läßt. In anderen Schnitten ist von der Blattspreite aber nichts mehr wahrzunehmen als Spuren der oberen und der unteren Cuticula. Die Epidermen aber sowie das Innere des Blattes (Palisaden- und Schwammgewebe) sind vernichtet. Die Lage der Cuticula der Blattunterseite wird angedeutet durch eine feine, dunkle Linie, welche nur mehr da und dort erkennbar ist. Nach außen zu liegen darüber dünne Schichten von teils klarem, teils parallelfaserigem Lussatit, deren Grenze oft gegen den Opal der Grundmasse des Gesteins verschwimmt, an anderen Stellen aber wohl unterscheidbar ist. Nach innen (gegen die Blattmitte zu) folgen drei parallelfaserige, weniger klare Lussatitschichten, die durch zwei klare, hellgelbliche getrennt werden. Außen- und Innenschichten entsprechen sich wohl im Ablauf des Versteinerungsvorganges, doch ist die Gesamtdicke der inneren Schichten ein Vielfaches der äußeren. Außerdem sind sie der Blattoberfläche von innen her nicht gleichmäßig angelagert, sondern sind in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen aufgewölbt zu Halb- oder Dreiviertelkugeln. In dieser Weise nehmen diese Kugeln etwa ein Drittel des ehemaligen Blattquerschnittes ein. Nur halb so dick ist die Schicht, welche sich der ehemaligen Blattoberseite von innen her anlagerte. Diese Schicht besteht in genau derselben Weise aus einem feinen Wechsel von faserigen und klaren Lussatitlagen in gleicher Anzahl. Alle zusammen laufen an manchen Stellen des Schriffes der Blattoberfläche gerade entlang, an anderen Stellen aber wölben sie sich auf, ohne aber die Maße der genannten Kugel zu erreichen. An der Blattoberseite fehlen außen die Entsprechungen dieser Schichten. Die innersten klaren Schichten der Innenbekleidungen der Ober- wie der Unterseite sind etwas stärker als die übrigen und bilden gegen die Blattmitte ein traubiges Haufwerk von Kügelchen, die sich an mehreren Stellen von den beiden Seiten her berühren, an anderen aber Hohlräume freilassen, die nachträglich durch farblosen Chalcedon ausgefüllt worden sind. Die genannten Kügelchen haben nur ein Viertel des Durchmessers der zuerst genannten Halbkugeln. Nur an einer Stelle, nämlich an dem durch Abbrechen oder Reißen gebildeten Rand des Blattes, ist schwarzer Manganmulm zwischen diese Kugeltrauben eingedrungen.

Dieser Aufbau bleibt nicht an allen Stellen des Blattquerschnittes gleich. Die großen Kugeln sind an einer Stelle ganz unvermittelt wesentlich

dunkler (Tafel II, Fig. 6). Weiterhin hört die gesamte „Schichtfolge“ der Unterseite des Blattes plötzlich auf, obwohl jene der Blattoberseite erhalten bleibt; dies bedeutet, daß die Epidermis hier durch Verwesung und Bakterientätigkeit zerstört wurde, bevor sie verkieselt werden konnte. Es liegt hier im ehemaligen Blattquerschnitt ein unregelmäßiges Feld undeutlicher Erhaltung; die Pflanzenstruktur wird hier von Kugeltrauben überwuchert, deren weite Zwischenräume von Chalcedon ausgefüllt sind. Diese Kugeltrauben stehen in Verbindung mit anderen, welche auf Opalschichten außerhalb des Blattes aufsitzen; samt diesen überkleiden sie feine Pflanzenteile, die in ihrer Art heute nicht mehr kenntlich sind. Weiterhin setzen zwar die Schichten der Unterseite des Blattes wieder ein, bestehen aber (ebenso wie die gegenüberliegenden Schichten der Blattoberseite) nur aus undeutlich geschichtetem, mehr oder weniger klarem Opal, während Kugeln und Trauben sowie die faserigen Schichten fehlen.

Wir sehen somit mit anderen Einzelheiten hier dieselbe Geschichte verzeichnet, welche bereits von den Moosblättchen berichtet worden ist, nämlich eine langsame, stetige Verkieselung, welche gleichzeitig mit der Vermoderung erfolgte, wobei bald dieser, bald jener Vorgang den anderen überholte. Von den organischen Stoffen, welche das Blatt zusammensetzten, ist heute so gut wie nichts mehr erhalten; seine Reste zeigen daher keinerlei Aufleuchten unter dem Fluoreszenz-Mikroskop. Die Kieselsäure erfüllte in langsamem Vordringen den Raum in dem Maße, wie er von der verwesenden Pflanzensubstanz allmählich freigegeben wurde. Man erkennt, daß die Kieselsäurelösung von äußerst feiner Beschaffenheit war, so daß sie durch das verwesende Blatt eindringen konnte, um sich im Inneren in dünnsten Lagen abzusetzen. Die dickere Schicht an der (formenkundlichen) Unterseite des Blattes beruht auf der hier größeren Wegsamkeit der Epidermis infolge der nur hier vorhandenen Spaltöffnungen und wohl auch auf der Lockerheit des Schwammgewebes im Gegensatz zu dem dichteren Palisadengewebe der Oberseite.

An anderer Stelle wird deutlich, daß das weiche Gewebe des Blattinneren in der Verwesung der Epidermis voraneilte, so daß diese noch erhalten war, während die Verfüllung des Inneren mit Opalsubstanz bereits im Gange war. Man erkennt dies dort, wo sich ein Opalblättchen abgelöst hatte von den sich mehrfach wiederholenden Feinschichten der (morphologischen) Blattoberseite, so daß zwischen diesen und dem Blättchen ein schmaler Hohlraum klawte, welcher von feinen Opallagen, vereinzelt Kügelchen, aber auch von schwarzem Manganmulm und letztlich von Chalcedon ausgefüllt wurde. Offenbar hatte sich hier die Epidermis noch eine Weile der Verwesung widersetzt, hatte sich von den bereits anhaftenden Opalschichten gelöst und den winzigen Hohlraum geschaffen. Schließlich wurde aber auch die Epidermis restlos opalisiert, während ihre organischen Stoffe verschwanden.

Ein wesentliches Ergebnis der geschilderten Beobachtungen liegt in der Erkenntnis, daß der Übergang der Kieselsäure aus dem gelösten in den gallertigen Zustand erst an der Oberfläche und im Inneren der Pflanzenteile erfolgte, so daß diese also nicht etwa nur durch bereits ausgeflockte Kieselsäure eingehüllt und verschüttet worden sind. Die Kieselsäure hat auf jeden Fall eine beachtliche Fähigkeit besessen, durch Diffusion in Pflanzenteile einzudringen. Wir können diese Erörterung erst später fortsetzen.

Diese Beobachtungen sollen ergänzt werden durch die Schilderung einer verkieselten Schneckenschale aus demselben Schriff (siehe Tafel II, Fig. 7). Es handelt sich um *Planorbis (Anisus) confusus*, welcher in den Opalgesteinen der Csatherberge recht häufig ist. Diese Schale ist ganz aufgelöst und völlig durch Opal ersetzt. Dies ist ein Beweis für die erschlossene saure Reaktion der Lösung, in welcher sich der Opalfels bildet. Der Schale angelagert ist eine aus mehreren abwechselnd klaren und fein parallel-faserigen Lagen zusammengesetzte Schicht. Meist überkleidet sie das Schneckenhaus flach, an anderen Stellen aber ist sie leicht wellig gewulstet und wächst im letzten Umgang zu Kügelchen aus, welche den Hohlraum teilweise erfüllen. Trotz des Aufbaues aus verschiedenen Lagen besitzt diese Schicht eine optisch einheitliche Orientierung. Sie zeigt eine äußerst schwache Doppelbrechung mit der Schwingungsrichtung γ' senkrecht zur Schichtung. Es handelt sich also um Lussatit, welcher die bereits in Opal umgewandelte Schale überrindet hat. Diese Schicht findet sich in fast gleichbleibender Ausbildung und nur wenig schwankender Dicke an vielen Stellen der Außen- und Innenseite, während er an anderen ohne ersichtlichen Grund fehlt. Der verbleibende Innenraum des Schneckenhauses wurde nachträglich mit glasklarem Chalcedon restlos erfüllt.

Die Embryonalwindung war so zart, daß sie sich nach der Verkieselung nur mehr in undeutlicher Weise abhebt. Außerdem ist sie vom Dünnschliff nicht genau mittig getroffen worden, so daß sie einen kreisförmigen Querschnitt gibt. Dieser Schalenteil ist aber innen mit einem besonders dichten Belag von feinfaserigem Lussatit bedeckt. Die allerjüngste Bildung ist auch im Schaleninneren der Chalcedon; infolge der erwähnten, fast tangentialen Lage des Schliffes durch die Embryonalwindung scheint dieser innerhalb der Faserschicht zu liegen. An der Ober(Spindel)seite der flachen Schale kann man erkennen, daß sie allmählich von Opal immer mehr umkrustet und auf diese Weise im werdenden Gestein eingebettet wurde. Eine durch Verunreinigung etwas dunkler gefärbte Opalschicht lagerte sich am äußeren Umfang der Schale selbst ab, in der Eindellung (Nabel) der Unterseite aber überdeckte sie eine erste Ansammlung von Kieselgel, die später zu Opal wurde.

10 c. Verkieselte Gytja

Opalfels von unruhigen, graubraun und hell weißlichgrauen, fleckigen Farbtönen ist reich an allerlei Pflanzenresten. Der Opal, welcher die Grundmasse dieses Gesteins bildet, ist noch stärker körnelig als in den besprochenen Abarten, u. zw. infolge von winzigen, eingeschlossenen Fremdkörpern. Die Pflanzenteile selbst sind von mannigfacher Art, von wechselnder Größe und von unterschiedlichem Erhaltungszustand. Bald sind es Epidermistücke oder Stengelreste, bald aber durch Verwesung frei gewordene Gefäßstränge. Nicht immer haben sie ihre natürliche Form bewahrt; stärker angegriffene Fetzen sind geschrumpft und sodann in mannigfacher Weise zwischen andere Reste gepackt. Der zellige Bau springt bei manchen Resten in die Augen, in anderen kann er noch geahnt werden, in vielen ist er aber unkenntlich geworden. Hier liegt ein verkieselter Torf vor. Solches Gestein ist bereits von E. Hofmann (1929) in dieser Weise gedeutet worden. Torfabsatz dieser Art wird von der Limnologie als Gytja bezeichnet.

Die Pflanzenfasern zeigen eine sehr schwache Doppelbrechung mit γ' in ihrer Längsrichtung, weil sie in Lussatit versteint sind.

Ein vom Schriff quer getroffenes Schneckenhaus, vielleicht eine *Limnaea*, ist ebenso wie das bereits beschriebene in Opal umgewandelt worden ohne Erhaltung des Kalkes selbst. Außen und innen liegt diesem Opal ein schmales Chalcedonsäumchen auf. Der allergrößte Teil des Hohlraumes ist hingegen leer geblieben. Auch sonst findet sich Chalcedon nur als Ausfüllung winziger Spalten und Hohlräume. Auch schwarzer Manganmulm ist hier seltener als in anderen Proben; er kommt in manchen Hohlräumen in den Pflanzenresten vor und ist auch in der Gesteinsgrundmasse in verschiedener Weise verteilt. Ferner finden sich gelegentlich kleine Mengen von Limonit.

Weit reichlicher ist hingegen Goethit vorhanden. Kleine Grüppchen von winzigen Kristallen sind allenthalben in das Gestein eingestreut, doch hat er sich mit besonderer Vorliebe in Pflanzenresten angesiedelt, wenn auch nicht wahllos; er scheint vielmehr manche auf Kosten der anderen zu bevorzugen. Man kann sich gut vorstellen, daß der Widerstand gegen das Eindringen von Eisenlösung (Bikarbonat) von dem Grad der eingetretenen Verwesung abhing. Manche Stückchen von Pflanzengewebe, die sonst im Schriff kaum auffallen würden, sind mit zahllosen winzigen Kriställchen durchsetzt und treten wegen deren hoher Doppelbrechung sehr deutlich hervor, wobei der faserige Aufbau in übertriebener Weise betont wird. Ähnliche Anhäufungen an anderen Stellen mögen von Pflanzenresten verursacht worden sein, welche inzwischen unkenntlich geworden sind. Von einem größeren Pflanzenrest ist nur ein unregelmäßig hofartig begrenzter Teil mit Goethit durchsetzt, wobei auch hier der Pflanzenbau nachgezeichnet erscheint.

An manchen Stellen hat jedoch eine Ansiedlung von etwas größeren Goethitkristallen stattgefunden, die ersichtlich nicht von Pflanzenresten ihren Ausgang genommen hat. Es handelt sich um dünne Paketchen von mehr oder weniger parallelen, fein blättchenartigen Kristallen, die im Schriff als Faserbündel erscheinen. Die Schwingungsrichtung γ' ist in allen Schnitten senkrecht zu den Blättchen; in derselben Richtung herrscht die größere Absorption des Lichtes (gelbbraun, gegen lichtgelb). Wenn man sich auf die Angaben Lacroix' (1901) stützt, (von welchen jene Chudobas mehrfach abweichen), hat man diese Verhältnisse so zu deuten, daß die Blättchen entsprechend einer häufigen Tracht des Goethits nach (010) ausgebildet sind.

10 d. Kiesel-Eisen-Gel

Alle dunkel rotbraun gefärbten Opalfelse sind eisenreich. Auch hier sind indessen allerlei Verschiedenheiten vorhanden. In den bisnun untersuchten Proben des Kiesel-Eisen-Gels waren Pflanzenreste weitaus seltener als in den eisenarmen Gesteinen.

Ein wachsglänzender Opalit von dunkel rötlichbrauner Farbe zeigt unter dem Mikroskop (siehe Tafel II, Fig. 8) eine Zusammensetzung aus wolkenähnlich angeordneten Schollen von Opal, deren Zwischen- und Hohlräume von Chalcedon in Form von Säumen oder Zwischenmassen erfüllt sind. Der Opal ist hell bis dunkel gelblichbraun, wobei der Farbton im Bereich weniger Millimeter wechseln kann. Er ist stellenweise fein körnelig, an ande-

ren Stellen hingegen ganz erfüllt von allerlei winzigen Verunreinigungen. Im Opal sind gar nicht selten kleine oder etwas größere Rhomboederchen von Kalkspat eingelagert, welche vollkommen klar sind. Daneben aber kommen reichliche Mengen von Lepidokrokit mit dessen kennzeichnender, rotbrauner Farbe vor. Wo solche Körnchen frei im Opal liegen, haben sie wohl ausgebildete Rhomboederform und erweisen dadurch, daß sie aus Eisenspat hervorgegangen sind. Auffällig ist die vollkommene Erhaltung der Auslöschungsrichtung des Eisenspats in der Pseudomorphose (nach den Diagonalen des Rhomboeders). Selten nur sind den scharf umrissenen Rhomboedern in geringer Menge kleine Körnchen und Säume von Limonit angelagert. Die scharfe Grenze zeigt, daß sie nicht aus dem Lepidokrokit hervorgegangen sind.

Solche Rhomboeder aus pseudomorphem Lepidokrokit sind in großer Menge regellos in die Opalmasse eingestreut, sind aber außerdem gegen die freien Oberflächen der Hohlräume einigermaßen angereichert, so daß man fast von Säumen sprechen könnte.

In den vielen kleinen, unregelmäßigen Hohlräumen des Gesteins hat sich ein Saum von wasserklaren Chalcedon gebildet, der gegen den Hohlraum zu überrindet wird von einer Schicht von Lussatit, welche fast die gleiche Dicke hat wie die Chalcedonschicht und ebenso klar ist, aber eine entgegengesetzte optische Orientierung hat. Da und dort ist die geringere Lichtbrechung mittels der Becke'schen Linie erkennbar. Geschrumpfte Kügelchen von Manganmulm ergänzen das Bild dieser kleinen Gesteinshohlräume.

Das beschriebene Kiesel-Eisen-Gel-Gestein stößt mit scharfer Grenze an den Blätter- und Moostorf. Verkieselte Laubblätter ragen aus letzterem in das eisenhaltige Gestein und zeigen an, daß der Umschlag von der eisenfreien zur eisenreichen Ablagerung ziemlich rasch vor sich gegangen sein muß.

Bedeutsam sind feine, von Chalcedon erfüllte Risse, welche beide Gesteine durchsetzen, aber die Chalcedonfüllung der Hohlräume auslassen, weil diese erst später abgesetzt worden ist. Auch ist die Fortsetzung solcher Risse jenseits einer Füllung manchmal um ein Geringes seitlich versetzt, läuft also nicht gerade durch, wie sie es wohl getan hätte, wenn der Hohlraum zur Zeit der Bildung bereits ausgefüllt gewesen wäre.

Bei der Untersuchung der Kiesel-Eisen-Gele zeigt es sich, daß das Eisen und die Kieselsäure dem Ausscheidungsalter nach im wesentlichen gleich alt sind; im einzelnen sind die Eisenminerale freilich teils jünger, teils älter als der angrenzende Opal. Es liegt auf der Hand, Kieselsäure und Eisen aus derselben Mineralquelle herzuleiten. Welcher Art die Vorgänge waren, welche eisenreiche und eisenfreie Gesteine in so unmittelbarer Nachbarschaft, aber dennoch voneinander scharf getrennt, entstehen ließen, ist nicht leicht zu sagen. Eisenspat konnte wohl nur dort gebildet werden, wo das Wasser imstande war, seinen Kohlensäuregehalt abzugeben; wo hingegen durch Moder von Pflanzenresten kein Mangel daran herrschte, blieb das Eisen als Bikarbonat gelöst. Vielleicht handelt es sich aber auch um zeitweilige Schwankungen in der Zusammensetzung der Csatherquellen. Ein solcher mehrfacher Wechsel könnte es erklären, daß sich Kalkspat in unmittelbarer Nähe des Eisenspates (heute in Lepidokrokit verwandelt) vorfindet, während man doch statt dessen die Bildung von Mischkristallen erwarten sollte.

Moostorf und Kiesel-Eisen-Gel, so innig miteinander verbunden und sogar im Handstück miteinander wechselnd, entstammen dennoch etwas verschiedenen, wenn auch ganz benachbarten Bildungsräumen. Ersterer dürfte sich in ruhigen Tümpeln an schwimmenden und treibenden Moosen und anderen Wasserpflanzen gebildet haben, während sich am Boden derselben seichten Tümpel der Kiesel-Eisenabsatz ablagerte. Dieser scheint keine durchwegs ebenen Flächen gebildet zu haben, sondern allerlei Kleinformen, Wülste und Gekröse, welche von anderen, gleichartigen Bildungen überbaut wurden und schließlich durch den Überlagerungsdruck etwas zusammengepreßt wurden. Niedersinkende Schollen aus verkieselnden Moosrasen mögen dem rotbraunen Kiesel-Eisen-Gel die weißen Schlieren und Lagen beigemischt haben.

In welcher Weise sich der in Lepidokrokit umgewandelte Eisenspat gebildet hat, läßt sich nicht genau feststellen. Es mag geschehen sein durch Diffusion eisenhaltiger Lösung in die bereits abgeschiedenen Massen von Kieselgel; es könnte aber auch an der freien Oberfläche dieses Gels erfolgt sein.

Erst in einem viel späteren Zustand, als bereits Opalfels aus dem Kieselgel geworden war, entstanden die Ausfüllungen der Hohlräume mit kristallisierter Kieselsäure. Manchmal bildete sich Lussatit vor dem Chalcedon, manchmal war es umgekehrt. Der Lussatit gehört somit der Mineralgesellschaft in den Hohlräumen des Opalfelses an, welche jünger als die Steinwerdung ist. Aus der Beschreibung geht indes hervor, daß sich ein Teil des Lussatits unmittelbar aus der Kieselsäurelösung bildete, also gleich alt ist wie der Opal (bzw. das Gel, aus dem sich Opal bildete). Die Lussatitbildung erfolgte sonach mehrmals im Verlauf der Geschichte des Gesteins und übergreift sich teilweise mit dem Bildungszeitraum des Chalcedons. Hierin liegt ein bedeutsamer Anhaltspunkt für die bereits mehrfach betonte Tatsache, daß der Opalfels keineswegs einer erhöhten Temperatur seine Bildung verdankt, denn eine solche könnte ja nur angenommen werden für die Zeit des Entstehens der Ablagerung, nicht aber für jene späteren Zeiten, in denen die Auffüllung der Hohlräume im Opal mit kristallisierter Kieselsäure vor sich ging.

11. Die versteinten Hölzer

(Tafel III, IV)

11 a. *Lillia viticulosa* Unger

Die Beschreibung der Verkieselung dieser an sich so seltenen Pflanze muß vorangestellt werden, weil sie für die vorliegenden Fragen besonders wichtige Beiträge zu liefern vermag. Dies rührt daher, daß in dem untersuchten, 2 cm dicken Stammquerschnitt eine große Zahl von verschiedenen Zellarten vorkommt, die sich durch ihre Größe, ihren Bau und ihre Lage innerhalb der Pflanze weitgehend unterscheiden. Es sind alle diese Zellarten in verschiedener Weise verkieselt. Der Erhaltungszustand ist ein so unwahrscheinlich guter, daß bei der Untersuchung immer wieder vergessen werden konnte, daß hier kein Gewächs unserer Tage unter dem Mikroskop lag.

Der Querschnitt des Holzkörpers dieser Pflanze ist bereits von Corda und Felix (1884) geschildert worden. In der an dem neu gefundenen Stück

(Tafel I) wohl erhaltenen Rinde zeigten sich hingegen noch viele bisher noch nicht bekannte Einzelheiten, die hier erwähnt werden müssen, weil die Art der Verkieselung manchen Einblick gewährt.

Das Holz (siehe Tafel III, Fig. 9) besteht aus Holzzellen, großen Holzgefäßen, primären und sekundären Markstrahlen. Die Holzzellen (nach Felix, 1884, Holzparenchym und Libriform) stehen in radialen Reihen; ihre Zellwände sind stets in Opal umgewandelt, wobei der Aufbau der Wand aus einer primären und einer sekundären Schicht in vielen Fällen nicht verwischt werden konnte.

Der Innenraum der Holzzellen wird erfüllt von Chalcedon, wenn es auch infolge der Kleinheit der Zellen nicht zu wohl ausgebildeten Rinden gekommen ist wie in den sogleich zu schildernden Holzgefäßen. Es sind vielmehr nur kleine, wolkig bis faserig auslöschende Gebilde vorhanden. Meistens ist sogar zum Nachweis der Doppelbrechung ein Gipsblättchen erforderlich. Nicht viel anderes könnte von den primären Markstrahlen gesagt werden, welche als breite Bänder den Querschliff des Holzes durchziehen, und den einreihigen sekundären, welche sich zwischen den großen Holzgefäßen hindurchschlängeln.

Die großen Holzgefäße mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,3 Millimeter sind regellos, aber gleichmäßig über den Querschnitt verteilt, ohne in irgendeiner Weise Jahresringe anzudeuten. Sie stehen so gut wie immer einzeln, nur in Ausnahmefällen in Paaren (Tafel III, Fig. 10). Die Wände dieser Gefäße sind sehr dünn, manchmal so dünn, daß sie kaum auszunehmen sind. Stets bestehen sie aus bräunlichem Opal. Ihrer Innenseite angelagert findet sich fast immer eine klare Schicht von Chalcedon. Sie fehlt nur in einigen wenigen Gefäßen, welche ganz mit bräunlichem Opal erfüllt sind; die Deutung dieser Fülle erfolgt weiter unten. Der genannte Chalcedonbelag ist manchmal nur so dünn wie die Gefäßwandung selbst, meistens aber ist er um ein mehr- bis vielfaches dicker. Für die Deutung dieser Schicht ist der Umstand wichtig, daß ihre Dicke selbst in unmittelbar beieinanderliegenden Gefäßen stark verschieden ist; in demselben Gefäß ist die Dicke ringsum allerdings fast vollkommen gleich. In den allermeisten Fällen ist das Innere der Gefäße hohl und offen, so daß der Stamm eine Durchgängigkeit besitzt, die fast an spanisches Rohr erinnert. Oft aber wird der Hohlraum eingeschränkt durch knöllchen- oder träubchenartige Gebilde, die von der Chalcedonschicht aus ins Innere vorragen. Bald sind es nur randliche, warzenähnliche Wucherungen, oft strauchartige Gebilde, die sich in den Hohlraum erstrecken und ihn manchmal sogar verstopfen.

Es war vorerst zu entscheiden, ob die Chalcedonschicht samt den aufsitzen den Knöllchen und Träubchen anorganischer Entstehung ist oder ob vielleicht erstere eine innere Verdickung der Zellwand vorstellt und letztere als Thyllen¹⁾ aufzufassen sind. Diese Frage konnte leicht geklärt werden durch die Auffindung zweifelsfreier Thyllen, welche in vielen Gefäßen des Holzteiles, aber auch bereits des Kambiums vorhanden sind. Sie sind stets von den Chalcedonträubchen leicht unterscheidbar, denn sie gehen deutlich erkennbar von der Gefäßwand selbst aus und sind in Opal verwandelt, daher meist von bräunlichem Farbton und mit den farblosen Träubchen

¹⁾ Thyllen sind Zellen, die von Holzparenchym aus in das Innere von Gefäßen hineinwachsen, um es zu verengen („Stopfzellen“).

keineswegs zu verwechseln. Dies wurde besonders klar in einem Gefäß, welches sowohl Thyllen als auch Chalcedonträubchen enthält; die Chalcedonschicht, welche das Innere dieses Gefäßes auskleidet, umhüllt auch die Thyllen und erweist sich dadurch als jüngere, anorganische Bildung im Gefolge des Versteinungsvorganges. Die Thyllen finden sich in einem Gefäßquerschnitt oft zu mehreren und ragen manchmal bis zu einem Viertel ins Innere, oft auch bis zur Mitte, so daß geradezu eine Verstopfung stattfindet.

Im Gegensatz zu den Thyllen gehen die oben beschriebenen Trauben und Perlenketten aus Chalcedon nicht von der Gefäßwand selbst aus, sondern von dem auskleidenden Chalcedonmantel. Aus diesem Grunde können sie keine Bildung sein, welche dem Gefäß und damit dem Pflanzenleib organisch zugehört. Ihr Wesen wurde klar, als sich herausstellte, daß in vielen dieser Perlketten ein Achsengebilde vorhanden ist, welches manchmal nur undeutlich wahrzunehmen ist; in anderen Fällen ist aber infolge einer bräunlichen oder schwarzen Färbung erkennbar, daß es sich um verzweigte Fäden handelt. Man sieht auch gelegentlich einmal, daß diese Fäden nicht an dem Chalcedonmantel enden, sondern sich durch ihn hindurch bis an die Wand des Gefäßes fortsetzen. Nur an besonders begünstigten Stellen kann man ausnehmen, daß sie sich durch die Wand hindurch (offenbar durch Hoftüpfel) bis in das Grundgewebe des Holzkörpers fortsetzen und dort verbreiten. Durch alle diese Einzelheiten, besonders aber durch die zutreffenden Größenverhältnisse ist vollkommen klar gestellt, daß es sich hier um Pilzfäden (Hyphen) handelt, wohl Schimmelpilze, welche nach dem Absterben der Pflanze im Holz wucherten und an vielen Stellen in die weiten Holzgefäße eindringen, wenn sie nicht etwa umgekehrt von hier ihren Ausgang nahmen. Wenn daher die „Perlenreihen“ aus Chalcedon durch nachträgliche Verkieselung von Pilzhypen entstanden sind, kann es weiter nicht wunder nehmen, daß der Halbmesser der Perlen und Fäden gleich ist der Dicke der Chalcedonauskleidung oder diese um ein wenig übertrifft. Die schwarze Masse, welche den ehemaligen Pilzfaden erkennbar macht, entstammt allerdings nicht dessen Stoffbestand selbst, sondern besteht aus später eingewanderten Manganverbindungen.

Ein guter Teil der Holzgefäße enthält eine Füllung durch Erze. Hinsichtlich dieser Füllung bestehen zwischen benachbarten Gefäßen ebenso große Unterschiede wie hinsichtlich der Verkieselung selbst. Als vererzende Metalle kommen Eisen und Mangan vor. Mit Limonit erfüllte Gefäße sehen den oben genannten, opalerfüllten zuerst recht ähnlich und können in deren unmittelbarer Nähe liegen. Ebenso wie diesen fehlt auch ihnen die Chalcedonfülle. Auch die Farbe des Limonites ist ähnlich, wenn auch kräftiger braun. Leicht unterscheidbar sind sie indessen im auffallenden Licht: der Opal zeigt einen hellen Schimmer, der Limonit erscheint tief schwarz. In manchen Gefäßen finden sich nur geringe Mengen von Limonit, welcher älter ist als die Chalcedonfülle, indem er von dieser überkleidet wird. Stets ist solcher Limonitabsatz der Gefäßwand seitlich angelagert, u. zw. in allen vorgefundenen Fällen derselben Seite; offenbar hat sich der erst im Gefäßinneren ausgeflockte Limonit auf der nach unten gewendeten Seite des Hohlraumes abgesetzt, als der Stamm bereits im Moor gebettet lag. In selteneren Fällen ist auch Goethit in solchen Gefäßen vorhanden als schmaler Saum innerhalb des Chalcedonrings. Weit häufiger

als diese goethitführenden Gefäße sind solche, welche eine kohlschwarze, feinstkrümelige Masse von Manganimulm enthalten. Dieser Mulm erfüllt in manchen Gefäßen vollkommen den leeren Raum, den die Chalcedonfülle freigelassen hat. Wenn Trauben, Kügelchen und Fäden verkieselter Pilzhypthen vorhanden sind, dann sieht man oft, daß der Mulm die Zwischenräume vollkommen ausfüllt. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß er jünger ist als die Chalcedonbildung. In einem Gefäß wurde eine Chalcedonschicht von größerer Dicke beobachtet, welche durch einen rings umlaufenden Kranz von Manganimulm zweigeteilt war. In anderen Fällen ist die Ausfüllung des verbleibenden Hohlraumes weniger gründlich. Die schwarze Fülle hat zwar oft ebenfalls kreisförmigen Querschnitt, doch klafft zwischen ihr und dem Chalcedonmantel ein breiter Zwischenraum, so daß ein schwarzer Kreis in dem leeren Raum der Zelle zu schweben scheint, wenn auch nicht immer in der Mitte. Es wird also deutlich, daß eine offenbar kolloidale Ausfällung durch Eintrocknen geschrumpft ist unter Wahrung des Zusammenhaltes. In anderen Fällen war die Anhaftung am Außenrand größer, so daß statt eines selbständigen Innenkörpers aus Manganimulm ein randlich anliegender Ring aus demselben Stoff entstanden ist.

Erwähnenswert ist nur noch eine im Schliff recht auffällige limonitische Verfärbung der unmittelbaren Umgebung mancher Gefäße, auch solcher, welche keine Füllung mit Eisenmineralen besitzen (mindestens nicht in der Ebene des Schliffes).

Der Holzkörper wird umgürtet von einer durchscheinenden, im auffallenden Licht dem bloßen Auge daher dunkel erscheinenden Schicht von runzelig-welligem Verlauf. Wenn sie einem Stammstück mitsamt der Borke fehlt, zeigt der Holzkörper daher eine scharf längs geriefte Oberfläche. Diese Schicht, das Kambium, besteht aus denselben Zellarten wie der Holzkörper, nämlich Markstrahlen, Holzzellen und große Holzgefäße. Alle sind von etwas geringerer Größe als die entsprechenden Zellen im Holzkörper, den zu vergrößern das Kambium dient. Die Wände der Kambiumzellen sind gleichfalls in Opal umgewandelt. Eine sekundäre Wand fehlt als Zeichen der Jugendlichkeit dieser Zellen. Ihr Inneres ist ebenfalls von Chalcedon erfüllt, der hier besonders klar ist.

Die gesamte Borke, außerhalb des Kambiumringes gelegen, ist in derselben Weise, Zellwand für Zellwand, in Opal umgewandelt. Das Zellinnere ist entweder von Opal völlig erfüllt oder dieser liegt der Zellwand innen in dickerer Schicht auf und bildet gegen das Innere eine unregelmäßige oder traubige Oberfläche. Bei den Bastzellen der Rinde ist der Opal noch weit dunkler als bei den Zellen des Holzes, außerdem ist Zellwand und Fülle nicht immer klar unterscheidbar. In den Zellen der in der Borke etwas verbreiterten Markstrahlen sind zwar die Wände klar erkennbar, doch ist ihre Füllung von besonders sattem Braun; Inseln solcher dunklerer Zellen sind mit scharfer Grenze den in der Borke endigenden Markstrahlen eingelagert, ohne daß ein Grund für das gegenüber den Nachbarzellen so verschiedene Aussehen angegeben werden könnte.

Ebenso wie einzelne Zellen des Holzkörpers sind auch manche Borkenzellen mit Manganschwärze ausgefüllt. Es ist diese Zufuhr in manchen Ausschnitten des Borkenringes stärker als in anderen. Einzelne Zellen wurden gelegentlich davon betroffen, während die Nachbarn verschont

blieben; oft wurden ganze Zellgruppen erfaßt oder die Erscheinung setzt über kleine Gebiete von bereits stärker zerstörten Zellen unbekümmert hinweg und betrifft unregelmäßig wolkenartig begrenzte Räume in der Borke. Innerhalb der Borke beweisen die Zellen der Markstrahlen ihre ehemalige Aufgabe der radialen Leitung noch beim Versteinen, indem ganze radiäre Zellreihen von Manganoxyd erfüllt sind, während benachbarte Zellen und Reihen davon frei geblieben sind. Hiedurch wird die Art dieser Stoffzufuhr klarer: Mangan drang in echter Lösung in die Zelle ein und wurde erst dort ausgefällt.

Die interessanteste Bildung innerhalb der Rinde sind indessen eingelagerte, meist rundliche Stränge, deren Querschnitte den Ring des Kambiums auf drei Viertel des Stammumfangs kranzförmig außen begleiten. Dadurch erinnert das Ganze entfernt an den abnormen Stammbau der Sapindaceen. Während jedoch dort die von einer gemeinsamen Rinde umgebenen Teilstämme ebenso dick sind wie der mittlere und auch denselben Bau haben, (so daß eine Verwachsung mehrerer Einzelstämme vorgetäuscht wird), hat man bei *Lillia* einen dicken mittleren Holzkörper, der von einer großen Zahl von randlichen, nebeneinanderliegenden, dünnen Strängen begleitet wird. Diese Stränge haben zudem nicht Stammbau, sondern gleichen im Aufbau Wurzeln. Sie haben nämlich (Tafel III, Fig. 11, 12) im Inneren einen meist dreistrahligen, manchmal auch vierstrahligen Holzkörper, der samt dem Bastteil von einer Endodermis umgeben ist. Daran schließt sich ein an Interzellularen sehr reiches Parenchym, aus runden Zellen, das außen von einer dreireihigen Exodermis umschlossen wird. An manchen Stellen stehen diese Stränge so dicht, daß sie sich gegenseitig an der Entfaltung hindern; von zwei oder drei benachbarten Strängen ist dann nur einer wohl entwickelt, während die anderen verkümmert sind, indem die Exodermis in unregelmäßiger Weise aus- und eingefaltet ist, während das Parenchym nur aus kleinen, unentwickelten Zellen besteht und die übrigen Bestandteile fehlen. In einem anderen Fall ist so ein Strang bis auf seinen durch äußere Einflüsse erzwungenen, unregelmäßigen Umriß normal gebaut.

Bereits auf den nächsten Seiten wird sich zeigen, daß diese Stränge innerhalb der bereits abgestorbenen Borke lebende Organe waren. Ihr Wesen wird enthüllt durch einen Vergleich mit sproßbürtigen Wurzeln, welche sich bereits vor dem Verlassen des Sprosses nach unten krümmen, und innerhalb der Rinde nach abwärts wachsen, um erst im Boden oder in dessen Nähe nach außen durchzubrechen. Sie werden als innere Wurzeln oder als Rindenwurzeln bezeichnet. Außer bei Farnen und Bärlappen wurden solche Wurzeln gefunden bei den tropischen Bromeliazeen und Velloziazeen (Troll).

Die Wichtigkeit dieser Wurzeln für die Fragen der Verkieselung ist erheblich. Im Mikroskop fallen sie sofort auf durch ihren hellen Ton, der im Gegensatz zu dem bräunlichen des Holzkörpers und dem braunen der Borke steht; er erklärt sich daraus, daß alle Zellen dieser Stränge zum größten Teil durch Chalcedon verkieselt sind.

Die Zellen des Holzteiles dieser Wurzeln — es handelt sich wohl um Tracheiden — sind stets erfüllt von Chalcedon, wenn auch infolge der Kleinheit der Zellen die radialfaserige Eigenschaft nicht besonders ausgeprägt

ist. Die Füllung der Zellen des Bastteiles scheint teilweise auch aus Opal zu bestehen.

Ähnliches kann von der Füllung der Zellen der Endodermis gesagt werden. Eine der auffälligsten, in diesem Schliff beobachtbaren Tatsachen ¹⁾ ist das Aufleuchten dieser Zellen unter dem Fluoreszenz-Mikroskop. Die radialen Teile der Zellwände, bei einigen Zellen die gesamte Wand, leuchten leicht bläulich und deuten so eine Verholzung oder Verkorkung an. Solcherart erkennt man, daß die Zellwände der Pflanze samt ihren Strukturen trotz der Verkieselung erhalten geblieben sind. Diese Tatsache wurde bei anderen Pflanzenresten des Fundortes chemisch bestätigt. Abermals dieselbe Erkenntnis wurde gewonnen bei der Untersuchung der Zellwände des Bastteiles und der Exodermis der Wurzeln. Diese Zellwände haben eine Doppelbrechung, welche viel höher ist als die des Chalcedons; außerdem zeigen sie gerade Auslöschung (der Zellwand entlang, also tangential), wobei die Schwingungsrichtung γ' in der Zellwand liegt. Diese Beobachtung bestätigt von der polarisationsoptischen Seite her die Anwesenheit von Zellulose.

Schwer deutbar ist das sich gegen außen an die Endodermis anschließende Parenchym, welches aus kugeligen Zellen besteht. Bald erfüllen diese Zellen den ganzen Raum zwischen Exo- und Endodermis, während sie in anderen Außensträngen zwischen sich große Räume freilassen, welche als Interzellularen in einem überaus lockeren Gewebe aufzufassen sind. Diese Kugelzellen sind vollkommen farblos, weil sie in reinen Chalcedon umgewandelt sind, welcher einen überaus deutlichen radiären Aufbau besitzt; daher zeigt er unter gekreuzten Nicols ein prächtiges Brewstersches Kreuz (Sphäritenkreuz). Die Chalcedonmasse läßt im Inneren nur eine kleine Höhlung frei, welche in allen Zellen dieser Art genau dieselbe Größe hat. Dadurch erweist sich, daß nicht etwa Zellen bei der Verkieselung unvollständig ausgefüllt worden sind, sondern daß die ganze Chalcedonmasse durch Ersatz aus der Zellwand hervorgegangen ist. Wäre es anders, müßte man wohl Reste der Zellwand selbst wahrnehmen. Hat man einmal das Gewebe als Parenchym erkannt, so ist man nicht abgeneigt, es zum Sklerenchym zu stellen und die Zellen als Steinzellen zu bezeichnen. Hiezu möchte trefflich stimmen, daß das Innere jeder Zelle erreicht wird von einem feinen Porenkanal, welcher mit den Hohlräumen in Verbindung steht und sich auch öfters verzweigt. Dadurch war jede Zelle trotz der Isolierung durch die großen Interzellularen an den Saftstrom angeschlossen. Solch feine Einzelheiten in Kiesel erhalten zu sehen, muß gewiß Staunen erregen. Gegenüber einer Deutung als Steinzellen ist jedoch darauf zu verweisen, daß Steinzellen in der Umhüllung eines Gefäßbündels eine absonderliche Erscheinung wären; an der ganz außerordentlichen Dicke der Zellwand sind sicherlich Quellvorgänge anlässlich der Verkieselung wesentlich mitbeteiligt. Bis zu welchem Grad dies der Fall ist, wird sich vielleicht durch Vergleich mit lebenden Beispielen entscheiden lassen, sobald durch eine Neuuntersuchung die Stellung der Pflanze im System mit größerer Sicherheit als bisher festgelegt ist.

Die in der Wurzel zu äußerst stehende Lage dieser Parenchymzellen ist nicht immer in ihrer Gänze erhalten. Viele dieser Randzellen besitzen

¹⁾ Auf welche mich in überaus liebenswürdiger Weise Frau Dr. Luhan vom Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien aufmerksam gemacht hat.

nur mehr Teile ihrer Zellwand, wenn diese auch genau so stark verdickt ist wie bei den vollständigen Zellen. Daraus geht hervor, daß die Interzellularen nicht nur durch Auseinanderweichen, sondern zum Teil auch durch Auflösen von Zellen entstanden sind.

Die Exodermis, welche die Wurzeln außen umgibt und gegen die Borke abgrenzt, ist so gut wie überall dreischichtig. Ihre Zellen sind abermals mit Chalcedon erfüllt, welcher wohl hie und da das Sphäritenkreuz erkennen läßt, doch in weit geringerer Vollkommenheit wie in den Steinzellen. Einzelne (in manchen Wurzeln auch viele) der Zellen sind erfüllt von durchsichtigem Manganmülm. Zwischen dieser Fülle und der eigentlichen Zellwand liegt ein mehr oder minder breiter Saum von Chalcedon, von dem nicht sicher zu sagen ist, ob er eine sekundäre Zellwand in verkieseltem Zustand ist, wie man meinen möchte, oder eine bei der Versteinung erfolgte Anlagerung. Die Zellwände zeigen genau dieselben Eigentümlichkeiten, die bei der Endodermis besprochen wurden.

Aus den ausführlich geschilderten Beobachtungen die runde Summe ziehend, sei zunächst wiederholt, daß sowohl Opal als auch Chalcedon an der Versteinung des *Lillia*-Stammes beteiligt sind. Ersterer ist fast nur als Versteinungsmittel des Holzes und der Borke anzutreffen; letzterer erfüllt die Markstrahlen und die Zellen des Kambiums, während er in den großen Holzgefäßen nur eine nachträgliche Zutat bedeutet; hingegen ist er fast ausschließlich an der Versteinung der inneren Wurzeln beteiligt, u. zw. des Holzteiles, der Endo- und Exodermis sowie der Parenchymzellen.

Bei einem Versuch, diese auffälligen Unterschiede zu erklären, gewinnt man durchaus den Eindruck, daß eine Zelle um so eher Chalcedon enthält und um so mehr davon, je weniger ihre Wand für Lösungen durchlässig ist. Es scheint also so zu sein, daß hier Kieselsäure von verschiedenem Grad der Feinheit (Dispersion) auf dem Wege war, in Zellen zu diffundieren. In die gröberen Holzgefäße, die durch Längsöffnungen und durch Tüpfel diesen Lösungen weiter offen standen, konnten nicht nur die allerfeinsten der verschiedenen gelösten Anteile der Kieselsäure eindringen, sondern auch die an Diffusionsfähigkeit geringeren Anteile. Noch krasser ist dies bei den längst abgestorbenen Zellen der Borke, welche diesen Lösungen den geringsten Widerstand bot. Es ist daher dort nur Opal zu finden und kein Chalcedon. Die jugendlichen Zellen des Kambiums oder die für radiale Leitung geschaffenen Markstrahlzellen mit ihrem auch im Holzigen Stamm noch lebenden Inhalt erschwerten bereits dem gröberen Anteil der Kieselsäurelösung den Eintritt. Die Wurzeln waren durch ihre Exodermis besonders gut gegen eindringende Lösungen abgedichtet, bestanden außerdem zum größten Teil aus Zellen, die bis in die letzte Zeit lebend waren und geringe Größe besitzen. Die Holzgefäße, die größten dieser Zellen, erreichen nicht im entferntesten die Ausmaße der Gefäße des mittleren Holzzyinders und bestehen im Gegensatz zu diesen vermutlich aus Tracheiden. Die Wurzeln waren daher nur für die feinsten Anteile der Kieselsäurelösung erreichbar, so daß sie fast nur Chalcedon führen.

Es ist also die Art des verkieselnden Minerals stark abhängig vom Bau der zu verkieselnden Pflanzenteile und Zellen, indem jede Art von Zellen ein anderes Aufnahmevermögen für Kieselsäure hat. Man kann also diese Art der Verkieselung nicht anders als eine auswählende (selektive) nennen.

Im chemischen Abschnitt wird genau zu schildern sein, was unter dem „verschiedenen Grad der Feinheit der Kieselsäurelösung“ verstanden werden muß.

11 b. *Ulminium* sp.

Als zweites Beispiel für die Art der Verkieselung sei das am besten erhaltene unter dem mir vorliegenden Hölzern gewählt, welches sich durch viele Einzelheiten als zu den Ulmengewächsen gehörig erwiesen hat. Es gleicht fast vollkommen dem von Unger (1854) beschriebenen Holz *Cottaites lapidariorum*, welches von Kaiser wohl mit Recht zu den Ulmaceen gestellt worden ist. Die Bezeichnung *Ulminium* soll keineswegs den Anschein erwecken, daß dieses Holz etwa zu *Ulmus* gehören müsse. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß unter den bekannten fossilen Ulmaceen-Hölzern auch der Zürgelbaum (*Celtis*) vertreten ist sowie die Wasserulme (*Zelkova*). Es dürfte bei uns im Jungtertiär der letztere häufiger gewesen sein als die erstere. Wie aus dem Werk von Greguss hervorgeht, ist zwar das Holz der lebenden Ulmenarten einwandfrei von *Celtis* zu unterscheiden, doch ist dies bei den meisten versteinerten Hölzern noch nicht versucht worden. Der Grund dafür, daß dies kein leichtes Beginnen ist, liegt darin, daß die Hölzer der Ulmen voneinander stärker abweichen als von dem Holz der Zürgelbäume. Wir haben bereits früher ein ähnliches Verhältnis feststellen müssen bei dem Holz von *Taxodium* und *Sequoia*.

Die folgenden Eigenschaften waren maßgebend, den Pflanzenrest als *Ulminium* zu bezeichnen (siehe Tafel IV, Fig. 13): 1. die ausgesprochene Ringporigkeit, indem Ringe aus Gefäßen mit weiten Poren (Frühjahrs-holz) mit etwa doppelt so breiten Ringen von kleinzelligem Sommer- und Herbstholz abwechseln; 2. die im Sommerholz vorhandenen Streifen (Binden) von engeren Gefäßen samt Holzparenchym inmitten der kleinen Holzzellen; 3. die Markstrahlen, die nur selten ein- oder zweischichtig, allermeistens aber fünf bis sieben Zellen breit und vier- bis fünfmal höher als breit sind.

Das Holz unterscheidet sich von *Ulmoxydon* (richtig: *Ulminium*) *hungaricum* (Lingelsheim) durch die in zwei Reihen stehenden Frühholzgefäße. In dieser Hinsicht gleicht es *Celtites kleinii* Tuszon, welches von Edwards aus schon genannten Gründen ebenfalls als *Ulminium* bezeichnet wird; diese Art hat jedoch höchstens zweischichtige Markstrahlen und sichert dadurch ihre Selbständigkeit.

Das untersuchte Holz, ein 25 cm langes Stück, ist infolge des Vorganges der Versteinung warm nußbraun getönt und besitzt eine weiße, erdige Verwitterungsschicht. Darunter folgt eine etwas heller braune Schicht, die sich nach außen und nach innen deutlich abgrenzt. Beide Schichten haben mit dem ursprünglichen Bau des Stammes nichts zu tun, denn sie setzen quer über die dem freien Auge wohl erkennbaren Jahresringe.

Die Verkieselung hat auch bei diesem Holz interessante Verhältnisse geschaffen, durch deren Untersuchung die an *Lillia* gewonnenen Ergebnisse ergänzt werden.

Die weiten Gefäße des Frühjahrsholzes besitzen eine verkieselte Zellwand, die aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Die äußerste Schicht, die sogenannte primäre Zellwand darstellend, ist immer in bräunlichen Opal verwandelt, zeigt daher keine Doppelbrechung und ist fast stets von den

übrigen Schichten wohl unterscheidbar. Manchmal hat sich zwischen die verkieselte primäre Wand und die folgende Schicht ein schmales Streifchen von Chalcedon im Zuge der Versteinung eingeschoben. Von der primären Zellwand nach innen zu liegen ein oder zwei weitere Schichten, welche ziemlich farblos sind. Wenn nur eine weitere Schicht vorhanden ist, zeigt sie sehr häufig keine Doppelbrechung; in anderen Fällen ist eine solche klar erkennbar, wenn auch wegen ihrer geringen Höhe nur mit dem Gipsplättchen Rot I. Die optische Orientierung ist entgegengesetzt jener des Chalcedons (γ' senkrecht zur Wand). Es handelt sich demzufolge um Lussatit. Hervorzuheben ist, daß weder im Quer- noch im Längsschliff ein Faserbau zu erkennen ist. Wenn in der Zellwand auch noch eine dritte Schicht vorhanden ist — ein seltenerer Fall —, so besteht sie aus Chalcedon, welcher sich durch seine Doppelbrechung und seine optische Orientierung in sinnfälliger Weise von der vorgenannten Schicht unterscheidet. Die Chalcedonschicht fehlt in vielen Fällen, in anderen kommt die erstgenannte kaum zur Geltung, so daß der Querschnitt von der Chalcedonschicht beherrscht wird. Man geht nicht fehl, wenn man den Chalcedon als eine jüngere, rein anorganische Bildung ansieht, während die Lussatitschicht als verkieselte sekundäre Zellwand zu bezeichnen ist. Wegen ihrer Dicke ist wohl anzunehmen, daß sie bei der Versteinung etwas gequollen ist. Chalcedon- und Lussatitschicht sind nur im polarisierten Licht leicht voneinander unterscheidbar. Sie haben nicht immer eine ebene Trennungsfläche. Diese ist vielmehr oft wellig; in einigen Fällen liegt ein dünnes, braunes Säumchen von Goethit zwischen beiden.

Auch im Längsschnitt sind die Gefäße beachtenswert. Die einzelnen Zellen, durch deren Vereinigung das Gefäß entstanden ist, sind noch sehr deutlich kenntlich an den Verengungen, mit denen sie aneinandergrenzen. Diese Verengungen sind so einschneidend, daß bei etwas unmittiger Schnittlage geradezu der Eindruck entsteht, das Gefäß sei durch Querwände in Abschnitte gegliedert. Die Länge der einzelnen Abschnitte liegt zwischen dem ein- bis zweieinhalbfachen des Durchmessers. Diese Einschnürungen bestehen genau so wie die seitlichen Gefäßwände aus einer primären Zellwand aus Opal mit gelegentlich erhaltener und erkennbarer Zellulose und aus einer sekundären, in Lussatit versteinerten Schicht. Diese letztere besitzt die gleiche optische Orientierung wie in der Seitenwand, nämlich γ' senkrecht zur Wand an der Einschnürung. Auch eine Chalcedonschicht kann an der einschnürenden Wand vorhanden sein. Wenn auch diese zellentrennenden Einschnürungen quer zur Längsrichtung der Gefäße stehen, so ragt dennoch jeder Abschnitt mit einem Fortsatz gegen das benachbarte Gefäßglied vor. Als Folge davon erscheint der runde Querschnitt des Gefäßes durch eine Wand der Quere nach in zwei ungleiche Hälften geteilt oder es erscheinen unregelmäßige Ausbauchungen und Vorwölbungen der Zellwand. Sie dürfen keineswegs mit den verkieselten Pilzfäden verwechselt werden, die in den Gefäßen der *Lillia* gefunden worden sind. In einigen Fällen sind solche Auswüchse mit feinen, dicht stehenden Stacheln und Spitzen aus Kiesel besetzt.

* * *

Man hätte vielleicht denken können, die Doppelbrechung der sekundären Wände der Gefäße beruhe auf der eingelagerten, noch erhaltenen Zellulose,

so wie es in vielen Fällen bei der primären Wand der Fall ist. Es geht bereits aus den Angaben von Felix (1897) hervor, daß die sekundäre Zellwand nur eine geringe Doppelbrechung besitzt; an frischem Holz kann man sich leicht davon überzeugen, daß diese gelegentlich so schwach ist, daß sie kaum wahrzunehmen ist. Nach der zusammenfassenden Darstellung von Schmidt ist die optische Orientierung aller röhrenförmigen Zellen im Holze so, daß die Schwingungsrichtung α' an allen Stellen senkrecht zur Zellwand liegt. Es hat also die Zellulose der Zellwand die gleiche Orientierung wie die Chalcedonaukleidung der Zellen des verkieselten Ulmenholzes, mithin die entgegengesetzte der in Lussatit umgewandelten sekundären Zellwand. Mithin kann man die Doppelbrechung dieser letzteren nicht auf etwa erhaltene Reste der Zellulose zurückführen.

Um aber in dieser Hinsicht noch klarer zu sehen, wurde ein Teil des Dünnschliffes geglüht. Das Ergebnis des Ausglühens war wahrhaft überraschend, wenn auch die eingetretene Änderung bei gewöhnlichem Licht noch nicht ersichtlich war, sondern erst zwischen gekreuzten Nicols (siehe Tafel IV, Fig. 14). Die im polarisierten Licht vorher einheitlich erscheinenden inneren Schichten der Zellwände mit ihrer schwach erkennbaren optischen Orientierung zeigten sich in ein Haufwerk kleiner Kriställchen zerfallen, deren Doppelbrechung nun wesentlich höher war. Der ringförmige Querschnitt der inneren Zellwand zeigt auch nach dem Glühen keinen faserigen Aufbau. Die Kriställchen, die auf Grund des chemischen Wesens und der Doppelbrechung Quarz sind, lassen eine lockere Regelung erkennen. Sie sind in roher Annäherung mit ihren Hauptachsen radial eingestellt, so daß die optische Orientierung des Lussatits im großen und ganzen erhalten geblieben ist. Auch sind die Polarisationsfarben nach dem Glühen auch in jenen Gefäßquerschnitten deutlich, wo sie vordem kaum feststellbar waren. Der ringförmige Gefäßquerschnitt zeigt allerdings nicht mehr von einem Quadranten zum anderen eine sanft verlaufende Abtönung der Polarisationsfarben, sondern die einzelnen Kriställchen erscheinen infolge ihrer unscharfen Einregelung deutlich voneinander abgesetzt. In manchen Gefäßen ist der innerste Gürtel der neu entstandenen Quarzkriställchen viel feinerkörnig als der an die primäre Zellwand grenzende Rand. Wegen der fehlenden, strengen Parallelfaserigkeit wäre die Bezeichnung Quarzin für das durch Glühen entstandene Gebilde fehl am Platze; der Ausdruck Sternquarz, ein rein beschreibendes Wort, könnte indes angewendet werden.

Einen Zusammenhang der Doppelbrechung verkieselter Holzreste mit jener der organischen Stoffe hatte bereits Felix (1897) angenommen, doch dachte er weniger an die optischen Eigenschaften der verkieselnden Minerale als an eine gerichtete Einlagerung der Kieselsäure, so daß eine vollkommene Nachbildung des Feinbaues der organischen Stoffe zustande gekommen wäre. Eine Erhaltung organischer Stoffe der Zellwand selbst glaubte er ablehnen zu sollen, u. zw. auf Grund von Analysen, welche allzu geringe Zahlen für den „Glühverlust“ zeigten, in dem ja die organischen Stoffe mit-enthalten sein müssen. Diese Analysen stammen indessen gar nicht von den von Felix untersuchten Hölzern selbst.

Wir haben gesehen, daß in den verkieselten Hölzern der Csatherberge Zellulose in der Zellwand in keineswegs seltenen Fällen erhalten ist. Bei den inneren Zellwandschichten von Ulminium kann man hingegen mit Sicherheit die Doppelbrechung auf das verkieselnde Mineral zurückführen. Ob hingegen die Orientierung der Kieselsäure in der Innenschicht der Gefäßwände eine rein mineralogische Erscheinung ist oder ob die vor-

handen gewesenen Kristallite der Zellulose ordnend und richtend auf die Kieselsäuremolekeln eingewirkt haben, ist auch heute noch — 60 Jahre nach der von Felix ausgesprochenen Vermutung — nicht mit Sicherheit zu sagen, obwohl die Kenntnis des Feinstbaues der Zellwände seither große und schöne Fortschritte gemacht hat.

Die beim Glühen des Holzrestes eintretenden Erscheinungen sind eine Zustandsänderung des Lussatits, nämlich eine Anpassung eines mit seiner Umgebung im Ungleichgewicht stehenden Minerals an seine Umwelt. Da zu vermuten stand, daß dieses „Umstehen“ von einer Wärmetönung begleitet sei, erfolgte eine Untersuchung dieses Holzes mittels der Differential-Thermoanalyse¹⁾. Leider war die Umwandlung des Lussatits zu Quarz in dem erhaltenen Diagramm nicht erkennbar, weil der Lussatitgehalt offenbar doch zu gering war.

Als jüngsten Teilvorgang der Versteinung des *Ulmium* hat man den Absatz von Eisenerzen in den weiten Holzgefäßen anzusehen. Viele von ihnen haben einen breiten Ring von feinkörnigem Goethit als innerste Schicht der Ausfüllung, einige sind damit völlig verschlossen. Zum Teil ist das Mineral bereits in Limonit übergegangen.

Die Ringe des Sommer- und Herbstholzes in diesem Stamm sind etwa doppelt so breit wie die Porenkränze des Frühjahrsholzes. Die großen Gefäße stehen in zwei Reihen (selten nur stehen drei Gefäße hintereinander). In den meisten Fällen sind die Gefäße kreisrund; nur in jenen selteneren Fällen, wo sie in Paaren stehen, flachen sie sich gegenseitig ab.

Um die Beschreibung des *Ulmium* vollständig zu machen, muß noch über die kleineren Gefäße des Sommerholzes, über die sie begleitenden Holzparenchymzellen und über die Holzzellen gesprochen werden. Alle haben eine aus bräunlichem Opal bestehende primäre und eine aus etwas hellerem Opal bestehende sekundäre Zellwand, die in ihrem verkieselten Zustand nur einen geringen Hohlraum freiläßt. Man schöpft daher Verdacht, daß sich auch hier die Verkieselung nicht streng an die ursprüngliche Form gehalten hat, sondern darüber hinaus gewachsen ist oder — wahrscheinlicher noch — durch eine Art von Quellung verdickt worden ist, wobei wohl zugleich ein Abbau der Pflanzensubstanz stattgefunden hat. Chalcedon kommt in den engeren Gefäßen und in den Holzparenchymzellen nicht vor. Der Grund ist vielleicht darin zu finden, daß infolge der schlechteren Wegsamkeit der kleineren Zellen die Verkieselung zunächst langsamer fortschritt, die Zersetzung daher rascher arbeiten konnte als in den weiteren Gefäßen; die in Zersetzung begriffene Holzsubstanz könnte es gewesen sein, welche später teils die Kristallisation verhinderte, teils aber auch ein Eindringen der größeren Anteile der Kieselsäurelösung gestattete; diese konnte indessen nur mehr zu Opal werden.

Die Innenwände der Gefäße des Sommerholzes sind dicht mit kleinen, stark doppelbrechenden Goethitkörnchen besetzt und werden dadurch bei Beobachtungen im polarisierten Licht besonders deutlich wahrnehmbar. Man erkennt die Anordnung dieser Gefäße in Form von tangentialen „Binden“, welche zwar die Markstrahlen übersetzen, aber dann endigen, ohne sich zu Ringen zusammenzuschließen. Auf dieselbe Weise werden diese Gebilde

¹⁾ Für die Durchführung dieser Analyse gebührt Herrn Dr. P. Wieden herzlicher Dank.

im Längsschliff als lange Züge sichtbar. Die einzelnen Kriställchen sind meist zu klein für eine Einzeluntersuchung. Durch ihre vereinigte Wirkung erlangen jedoch diese Gefäße scheinbar einen optisch negativen Charakter (γ' in der Längsrichtung der Zellröhren). Dieser kommt dadurch zustande, daß die Kriställchen mit ihrer (optisch positiven) Hauptachse senkrecht auf deren Längsrichtung stehen. In den weiten Gefäßen des Frühholzes ist der Goethit zu Limonit geworden, wohl in Zusammenhang mit ihrer größeren Durchgängigkeit für Wasser.

Auch die Wände der kleinen Holzzellen (Tracheiden, Libriform) bestehen aus Opal und Lussatit und sind oft ganz von einer Spreu kleiner Goethitkristalle erfüllt. Chalcedonausfüllungen fehlen ihnen jedoch.

Sowohl im Quer- wie im Tangentialschliff sieht man, daß die Wand der Markstrahlzellen aus etwas dunklerem Opal besteht wie jene der anderen Zellen. Die Markstrahlzellen besitzen eine geringe Menge kieseligter Füllung, welche eine sehr schwache Doppelbrechung besitzt und eine gerade Auslöschung zeigt mit α' in der Längsrichtung der Markstrahlen. Beim Glühen ereignet sich mit dieser Fülle Ähnliches wie mit der Innenwand der weiten Gefäße: die bisnun kaum wahrnehmbare optische Orientierung wird deutlich und auffällig infolge einer namhaften Erhöhung der Doppelbrechung als Folge einer Umwandlung wie bei den weiten Holzgefäßen. Es ist also auch hier Lussatit vorhanden.

11 c. *Quercinium helictoxyloides* Felix

Ein helles, leicht grau geflammtes Stück eines Holzes läßt sich mit Sicherheit zu *Quercinium helictoxyloides* stellen; maßgeblich hierfür ist sein Reichtum an Gefäßen, wodurch sich diese Art von „allen übrigen bis jetzt beschriebenen fossilen Eichenhölzern unterscheidet“ (Felix). Das Urstück scheint eine Wurzel gewesen zu sein, während das mir vorliegende Stück zweifellos ein Stamm ist; dies spricht sehr zugunsten der Selbständigkeit der Art, die von ihrem Urheber keineswegs über alle Zweifel erhoben worden ist.

Die Jahresringe sind bei dem neu gefundenen Holz genau so undeutlich ausgebildet wie bei dem Urstück; sie sind nur durch wenige Lagen von radial etwas verkürzten Zellen angedeutet und manchmal kaum wahrzunehmen (Tafel IV, Fig. 15). Solche undeutliche Jahresringe kommen unter anderem bei der Korkeiche (*Quercus suber*) und bei der Immergrünen Eiche (*Quercus ilex*) vor, wie man dem Tafelwerk von Greguß entnehmen kann. Es ist daraus mit Sicherheit zu schließen, daß auch *Quercus helictoxyloides* eine immergrüne Eichenart gewesen sein muß.

Die Gefäße dieses Holzes stehen vereinzelt, fast nie paarweise. Der Unterschied zwischen den großen Gefäßen des Frühjahrsholzes und jenen des Sommerholzes ist keineswegs scharf und schroff; der Durchmesser der letzteren beträgt vielmehr die Hälfte oder drei Viertel der ersteren, während die Gefäße des Herbstholzes freilich noch enger sind. Die Art, wie die Gefäße des Spätholzes in radial gelegenen Feldern gehäuft sind, wurde bereits von Felix beschrieben und abgebildet. Es entstehen auf diese Weise gefäßärmere und -reichere Felder. Im Querschnitt des Holzes zeigt sich manchmal eine Scheidewand innerhalb eines weiten Gefäßes, welches dessen Teilung der Länge nach durchführt. Indessen sind solche Scheide-

wände hier weniger sinnfällig als bei dem nachfolgend beschriebenen Eichenholz, wo ihre Deutung versucht werden wird.

In der für Eichen kennzeichnenden Weise sind bei *Quercinium helictoxyloides* zahlreiche einreihige und wenige vielreihige Markstrahlen vorhanden. Die von Felix ausführlich beschriebene Zerspaltung der breiten Markstrahlen durch sich einschaltende Holzfasern zeigt sich im Querschnitt in der Weise, daß sie sich beim Verfolgen durch mehrere Jahresringe nach und nach in einreihige aufsplintern.

Die primären Zellwände der weiten Gefäße, übrigens auch jene der kleinen Holzzellen, sind immer von bräunlicher Farbe und lassen oft genug noch die höhere Doppelbrechung und optische Orientierung der (Hemi-)Zellulose erkennen. Wo dies nicht der Fall ist, zeigt sich auch keine Doppelbrechung, weil die Kieselsubstanz der primären Zellwand aus Opal und nicht aus Chalcedon besteht. Wir haben diese Erfahrung schon wiederholt gemacht. Bei den kleinen Zellen des Holzes ist eine sekundäre Zellwand erhalten, welche ebenso wie jene des *Ulmium* wegen ihrer Dicke im Verdacht steht, bei der Versteinung gequollen zu sein. Manchmal ist der Zellraum so winzig, daß man einer solchen Annahme gar nicht entgehen kann; ja, man möchte sogar vermuten, daß — mindestens in manchen Fällen — dort, wo ein Hohlraum nicht ausnehmbar ist, die gequollene Zellwand diesen völlig zum Verschwinden gebracht hat. Die sekundäre Wand besteht aus Chalcedon, welcher jedoch nicht einen regelmäßigen, radiären Bau besitzt, sondern mit wolkig-unregelmäßiger Auslöschung die sekundäre Zellwand verkieselt und auch das Innere der Zelle erfüllt. Die sekundäre Wand besitzt — wie schon bei *Ulmium* gesagt wurde — keine eigene Doppelbrechung. Es ist also nicht verwunderlich, daß sich die Doppelbrechung innerhalb der sekundären Wand nicht von jener der Chalcedonfülle im Zellinneren unterscheidet. Sie ist zur Gänze auf Rechnung des Chalcedons zu setzen. Die tertiäre Zellwand, auch Grenzhäutchen genannt und bei frischem Holz aus reiner Zellulose ohne eingelagertes Lignin bestehend, zeigt in diesem Falle stets eine deutliche Doppelbrechung, wenn auch von geringerem Ausmaß als die primäre Wand. Bei unserem verkieselten Eichenholz hingegen ist sie nur in ziemlich seltenen Ausnahmefällen noch beobachtbar. Die Kristalle des Chalcedons greifen mit einheitlicher Orientierung über die Schichten der Zellwand hinaus in die Fülle des Zellinneren, ja, sie können sogar die Zellgrenzen überschreiten, so daß ein Teil des Chalcedons einer Nachbarzelle die gleiche Orientierung besitzt.

Die großen Holzgefäße zeigen dieselben Eigenschaften ihrer primären Zellwand. Von der sekundären ist manchmal noch der Umriß kenntlich; sie besitzt in solchen Fällen eine normale Dicke, so daß sich die Annahme einer Quellung erübrigt. Wo aber der Saum von Chalcedon, der an der primären Wand anliegt, unregelmäßig wird, übermäßige Breite besitzt oder das große Holzgefäß ganz erfüllt, kann man ihn keineswegs mehr als verkieselte, wenn auch gequollene Sekundärwand auffassen; man wird hier in besser zutreffender Weise von einem Fortwachsen des Chalcedons über die Zellwand hinaus sprechen.

Bei den etwas engeren Gefäßen des Spätholzes ist der Inhalt an Chalcedon so ausgebildet wie in den kleinen Zellen des Holzes. Bei den größeren Gefäßen stellt sich ein mehr radiär geordnetes Gefüge im Chalcedon ein oder es entstehen mehrere radialstrahlige, halbkugelige Gebilde, welche

von allen Seiten in das Innere hineinwachsen und sich dabei zu einem ringförmigen Saum zusammenschließen; oder sie wachsen nur von einzelnen Stellen aus in das Innere und bringen dann keinen geschlossenen Saum zuwege. Das Innere kann auch bis auf den letzten Rest erfüllt werden, wobei auch radiaifaserige Gebilde im Inneren zwischen den randständigen liegen können. In vielen Fällen hinterbleibt in der Mitte des Gefäßes ein Hohlraum, der oft von Goethit in kleinen Kriställchen oder von Manganmulm oder von beidem ganz oder zum Teil ausgefüllt ist.

Die Chalcedonfeldchen im Inneren dieses Gefäßes sind manchmal durch dünne Lamellen gegeneinander abgegrenzt, welche dieselbe bräunliche Farbe haben, die den primären Zellwänden eigen ist. Hin und wieder ist sogar die Doppelbrechung der Zellulose darin erkennbar. Die primäre Wand der großen Gefäße ist ebenso wie jene der kleinen Holzzellen zu Opal geworden und ist bräunlich in der Hauptmasse des Holzrestes. Von einer sekundären Wand ist nicht mehr zu sehen als undeutliche Reste. Der größere Teil der Gefäße ist im Querschnitt durch dünne, opalisierte Zellwände untergeteilt in zwei oder mehrere Kammern, wie dies bereits bei *Quercinium helictoxyloides* erwähnt worden ist. Im weißlichen Anteil des Kieselholzes ist diesen Scheidewänden innerhalb der Gefäße in kleinsten Körnchen Goethit angelagert. Außerdem enthalten die Hohlräume Manganmulm von der schon beschriebenen Art (Ausfüllungen mit Mulm, die sich infolge eines Schrumpfungsvorganges von der Zellwand zurückgezogen haben und nun im Schliff schwarze Scheibchen bilden, die frei im Inneren des Gefäßes zu schweben scheinen).

In der braun gefärbten Randzone, welche das Kieselholz außen umgibt, ist die primäre Wand noch satter rotbraun gefärbt als die sekundäre, zeigt aber nur mehr in seltenen Fällen die starke Doppelbrechung der Zellulose. Die Opalfüllung der Zellen ist bald heller, bald dunkler als die sekundäre Zellwand. Deren Dicke ist auch in dem randlichen Saum des Holzstückes beträchtlich, so daß man auch hier an eine Quellung denken muß.

Genau besehen, besteht der dunkle Saum aus zwei getrennten Gürteln, einem äußeren, dunkel braungrauen, und einem inneren, rötlichbraunen. Diese Farben gehen in gleicher Weise zurück auf humusartige Zersetzungsstoffe, welche sich in den Zellwänden gebildet haben. Die beiden genannten Gürtel werden getrennt durch einen schmalen Streifen farblosen opalisierten Kieselholzes. In diesem sind die Grenzen der einzelnen Zellen undeutlicher und verschwimmen an manchen Stellen.

Im Bereich des dunklen Randsaumes des Holzes ist jedes der einfachen und auch der unterteilten Gefäße ausgekleidet mit einer ziemlich dünnen Schicht von Chalcedon, dessen kurze Stifftchen radial stehen. Der Umstand, daß diese Chalcedonringe auf die beiden randlichen, gefärbten Zonen und die zwischenliegende helle Schicht beschränkt sind, spricht dafür, daß nach beendeter Verkieselung noch Lösungen von außen her wirksam waren, die das Innere des Holzes nicht mehr erreichten.

Auch in diesem Schliff sieht man, daß bei der Beanspruchung des Holzes beim Schleifen stellenweise ein Zerbrechen genau nach den Grenzen der einzelnen Zellen erfolgte.

Es muß sich hier keineswegs um die vom Schliff in verschiedener Weise getroffenen Reste jener Zellwände handeln, durch deren Auflösung die Gefäßrohre zustande kamen. Wahrscheinlicher ist es, daß sich hier mehrere

Gefäße der Länge nach vereinigt haben zu einem nur scheinbar einheitlichen Rohr von kreisförmigem Querschnitt. Greguß bildet solche Gefäße wohl ab, ohne ihnen aber ein Wort zu widmen. Die Umgrenzung der einzelnen Höfchen von Chalcedon, welche das Gefäßinnere ausfüllen, hat indessen in vielen Fällen nichts zu tun mit diesen Resten der Scheidewände, sondern setzt über diese hinweg, ohne sich ihnen anzupassen.

Von der Verkieselung der Markstrahlen ist nichts zu sagen, was nicht bereits aus dem Vorstehenden zu erwarten wäre. Die Zellwände sind hier von etwas dunklerer Färbung als jene der Holzzellen, bestehen aber dennoch nicht nur aus Opalsubstanz, sondern zeigen durch Doppelbrechung, gerade Auslöschung und optische Orientierung, daß die Zellulose zum großen Teil noch erhalten ist. Das Innere der Markstrahlzellen ist genau so wie das der anderen Zellen von Chalcedon erfüllt, manchmal auch zum Teil von Goethit.

Wurzelholz

Unter den neu aufgefundenen Hölzern sind Stücke von Wurzelholz auffallend häufig, indem sie an Zahl die Stammstücke sogar übertreffen. Dadurch wird bestätigt, daß die Baumreste am Ort ihres Wachstums versteinert sind, also mindestens teilweise einem verkieselten Wurzelboden entstammen. Erwähnt wurden bereits die von Felix (1884) beschriebenen Eichen- und Erlenwurzeln. Die Neufunde sind von sehr unterschiedlicher Art der Erhaltung. Manche sind weiß, zeigen bereits äußerlich den Holzbau aufs deutlichste und neigen zu schilferigem Zerfall. Solche Stücke eignen sich nicht zur Anfertigung von Schlifren. Einige dieser Wurzelhölzer sind ganz durchsetzt von langhinziehenden Fraßgängen von Insektenlarven. An anderen Stücken ist das knorrige, verknickte Aussehen auffällig. Zwei solche Wurzeln wurden im Dünnschliff untersucht.

Die Jahresringe des einen, vom Hochsatherberg stammenden, sind deutlich elliptisch. Im Bruch sind wolkige Zeichnungen zu sehen, die sich in unregelmäßiger Weise über den Querschnitt der Wurzel legen. Porzellanweiße und bräunlichgraue Töne wechseln miteinander ab; sie haben nichts mit dem Bau des Holzes selbst zu tun, sondern mit der Art seiner Versteinung. In einem Teil des Holzes — dem rein weißen — ist Zelle um Zelle wohl erhalten. Die im Querschnitt rechteckigen Zellen sind strenge in radiale Reihen geordnet, zwischen denen einreihige Markstrahlen in geringer Zahl liegen. Jede Holzzelle besitzt eine primäre Wand, welche in Opal versteinert ist und unter dem Fluoreszenz-Mikroskop hell aufleuchtet. Die innen angelagerte Wandschicht, heute in Chalcedon umgebildet und ein schönes Sphäritenkreuz zeigend, dürfte aus der gequollenen sekundären Zellwand hervorgegangen sein. Zuinnerst liegt in den meisten Fällen eine Ausfüllung aus Manganoxydmulm. Man hat also hier eine den früher geschilderten Hölzern durchaus ähnliche Art der Verkieselung vor sich. Nicht immer aber sind die Zellen in ihrer ungestörten Form vorhanden; in weiten Teilen des Querschnittes (Tafel IV, Fig. 16) sind sie aus ihrer Lage gebracht, im Winkel verschoben, die Zellwände nach innen eingedrückt und zusammengestaucht als Wirkung des Druckes der wachsenden Wurzel. Deutlich ist erkennbar, daß der Versteinungsvorgang ein in mechanischer Hinsicht bereits stark beanspruchtes Gewebe vorgefunden hat. Aus diesem Grund ist in manchen radialen Zellreihen der zellige Aufbau kaum oder gar nicht

mehr erkennbar. Dasselbe ist in den Quetschzonen der Fall, welche die Zellreihen unter schiefer Winkel durchsetzen oder einzelne Ringe und Gürtel bilden. In den zwischenliegenden Räumen ist hingegen der Aufbau aus Zellen meist erstaunlich gut erhalten. Allen diesen verschieden verlaufenden Quetschzonen ist gemeinsam, daß sie sich manchmal im Zuge ihres Verlaufes im unveränderten, gesunden Holz verlieren. Die Füllung aus Manganoxyd meidet in sehr vielen Fällen solche Quetschgebiete, seien es einzelne Zellen inmitten weniger versehrter Nachbarn oder seien es ganze Streifen der mechanischen Beanspruchung. Der Grund dafür ist einfach die hierbei eintretende Verringerung des leeren Innenraumes der Zellen, die bis zum völligen Verschwinden führen kann.

Besonders die inneren Teile der besprochenen Wurzel sind auf weite Strecken umgewandelt in eine wolkige Masse von hell bräunlichgrauem Opal mit eingelagerten winzigen Verunreinigungen und zahlreichen eingestreuten Chalcedonflittern. Diese Opalmassen sind es, welche die genannten Zeichnungen auf dem Querschnitt verursachen. Der zellige Aufbau ist hier nur mehr an wenigen Stellen erhalten geblieben, sonst aber ist er verwischt worden durch einen Zerstörungsvorgang, der bereits zu Lebzeiten der Pflanze mit dem Wurzeldruck einsetzte, sich nach dem Absterben gerade an den bereits angegriffenen Stellen fortsetzte und durch das Ereignis der Versteinung überbetont wurde.

12. Einkieselung, Durchkieselung, Verkieselung

In den bisherigen Beschreibungen wurde für alle Vorgänge, welche zur Versteinung von organischen Resten durch Kieselsäure geführt haben, die Bezeichnung „Verkieselung“ gebraucht. Diese Vorgänge haben indessen in unterschiedlicher Weise gewirkt. Zum Teil wurden Hohlräume in organischen Resten ausgefüllt, zum anderen Teil wurden diese Reste von Kieselsäure durchsetzt unter Erhaltung ihres Stoffbestandes; in noch anderen Fällen aber ist der organische Stoff verschwunden und an seinem Ort befindet sich eine kieselige Bildung. Wir haben bereits Beispiele für alle drei Fälle kennengelernt.

Die genannten drei Fälle werden im Sinne einer strengeren, von Storz eingeführten Bezeichnungsweise durch eigene Namen gekennzeichnet.

In diesem Sinne spricht man von Einkieselung, wenn ein organischer Rest dadurch zu Stein erhärtet, daß seine Hohlräume durch Kieselsäure ausgefüllt werden. Dies ist z. B. der Fall bei Holz, welches in einem Geysir zu Stein wird. In den hier beschriebenen Hölzern ist die Auskleidung der Gefäße und Holzzellen mit Chalcedon hierher zu stellen.

Als Durchkieselung ist die Durchdringung der organischen Gebilde mit Kieselsäure bezeichnet worden, wenn ihr stofflicher Bestand erhalten bleibt. Daß dies bei der Versteinung der beschriebenen Hölzer vielfach der Fall war, ist eingehend beschrieben worden. Organischer Stoff konnte in diesen Hölzern nicht nur chemisch, sondern auch polarisationsoptisch nachgewiesen werden. Die Entstehung der in solcher Art versteineten Hölzer der Csatherberge hat man daher als Durchkieselung zu bezeichnen.

Der Fall, daß im Zuge der Versteinung der organische Stoff schließlich doch noch zerstört und weggeführt wird, ist ebenso häufig und kommt oft genug im selben Holzstück, ja im selben Schriff neben dem ersteren vor.

Es erinnert dann nicht mehr der hinterbliebene Stoff, sondern nur mehr die erhaltene Form an die ehemalige Pflanze. Nur solchen und ähnlichen Vorgängen hat Storz die Bezeichnung Verkieselung belassen, indem er sie begrifflich bestimmte als Verdrängung der organischen Substanz durch Kieselsäure unter Erhaltung der organischen Form.

Es ist natürlich klar, daß zwischen der Durchkieselung und der Verkieselung alle Arten von Übergängen bestehen müssen. Das an zweiter Stelle beschriebene Wurzelholz bietet dafür wohl das beste Beispiel.

Ebenso klar ist aber, daß bei der Verkieselung niemals der ganze Reichtum an organischen Formen erhalten bleiben kann. Was an Einzelheiten verlorengeht und was erhalten werden kann, hängt von dem Verlaufe des Verkieselungsvorganges ab. In vielen Fällen sind sogar die Feinheiten des Baues der Zellwand erhalten, obwohl die organischen Stoffe längst zersetzt sind. An anderen Hölzern ist nur mehr der Aufbau aus Zellen kenntlich, weiter nichts. Beispiele für beide Fälle finden sich auf den vorstehenden Seiten. Es gibt somit Verkieselungen von sehr unterschiedlichem Grad der Feinheit. Gar keine Einzelheiten lassen die Blättchen im Moostorf erkennen, während die Laubblätter und Stengel bereits einiges an Feinbau zeigen. Sehr arm daran ist auch in manchen Teilen seines Querschnittes das erste der beschriebenen Wurzelhölzer, da es an manchen Stellen nicht einmal den zelligen Aufbau erkennen läßt.

13. Die Versteinung der Hölzer (Zusammenfassung)

Die primäre Zellwand ist in allen Hölzern in Opal erhalten. Dies hängt offensichtlich mit ihrer leichteren Zerstörbarkeit zusammen, deren chemischer Hintergrund erwähnt worden ist. Sie ist es, die den gröberen Anteilen der gelösten Kieselsäure das Eindringen ermöglicht hat. Die sekundären Zellwände hingegen blieben in ihrer Diffusionsfähigkeit länger erhalten und eigneten sich nur die diffusionsfähigeren Anteile der Kiesellösung an. Diese waren eher als die gröber-dispersen geneigt, in kristallinische Form überzugehen. Dennoch findet sich in einigen Fällen auch die sekundäre Zellwand in Opal umgewandelt. Offenbar war hier der Erhaltungszustand vor der Versteinung (nämlich der Grad der Vermorschung) ausschlaggebend für die Art der Verkieselung. Daß die Diffusionsmöglichkeiten hier das entscheidende Wort sprechen, geht einerseits hervor aus der Chalcedonisierung mancher Zellgruppen der inneren Wurzeln von *Lillia* (zum Beispiel der Parenchymzellen), andererseits aus dem Umstand, daß die Borke derselben Pflanze, aus längst abgestorbenen Zellen bestehend und daher den Lösungen keinen großen Widerstand entgegengesetzt, ebenfalls in Opal verwandelt sind. Keine Klarheit konnte indes gewonnen werden über die Gründe, welche entscheiden, ob sekundäre Zellwände in Chalcedon oder Lussatit versteinen. In beiden Fällen sind sie nicht einfach versteinet, sondern haben gleichzeitig eine erhebliche Quellung erlitten.

Häufig wurde bald nach Beendigung der eigentlichen Versteinung im Inneren der Zellen eine zusätzliche Schicht von Chalcedon abgesetzt, welche den verkieselten Wänden der Zellen anliegt und somit eine rein mineralische Bildung ist. Für diese muß man Kieselsäurelösungen von höchstem Dispersitätsgrad verantwortlich machen, welche nach der Versteinung, und zwar während und nach der Steinwerdung der umgebenden Ablagerungen, wirksam waren.

14. Ein verkieselter Stoßzahn

Ein 15 cm langes Fundstück vom Kleinen Csatherberg zeigt an seiner verwitterten, durch Brauneisen verfärbten Oberfläche eine Längsstruktur, welche zunächst an Kieselholz denken ließ. Im Querschnitt erkennt man konzentrische Ringe, welche jedoch wegen ihrer großen und überdies schwankenden Breite (4 bzw. 12 mm) nicht gut als Jahresringe aufgefaßt werden können. Zwischen ihnen ist dem freien Auge eine Art von Radialfaserung erkennbar, aber keine weiteren Einzelheiten. In den äußeren Lagen ist der Rest porzellanweiß, von muscheligem Bruch und wachsartigem Glanz; hier ist auch eine gewisse Porigkeit vorhanden, sodaß die Zunge anklebt. Das Innere des Fundes und manche Ausschnitte der Ringlagen bestehen aus fettglänzendem, grünlich schimmerndem, vollkommen dichtem Opal. An der Grenze gegen den Opal sind die porzellanweißen Anteile in einer Breite von mehreren Millimetern bräunlich verfärbt. Der Übergang zum Opal ist oft vollkommen scharf und erfolgt oft an einem Kreisring, springt aber gegebenenfalls auch von einem solchen auf einen anderen über. In anderen Fällen erfolgt der Übergang allmählich. Im Opal, seltener in der porzellanartigen Masse finden sich mikroskopisch kleine Hohlräume, die im Schliff schwammartig wirken und ganz oder teilweise mit Goethit und etwas Limonit erfüllt sind oder nur einen dünnen Randsaum davon besitzen.

Der aufgefunden Rest entpuppte sich als Stoßzahn eines Proboscidiens¹⁾. Der erste Hinweis dafür liegt in einer merkwürdigen Struktur, die in dem äußersten, breitesten Teil der Ringe vorhanden ist. Diese Struktur besteht aus zwei Scharen von dicht stehenden Linien, die gegen außen zu leicht gekrümmt sind und einander in fast rechten Winkeln schneiden. Beide Scharen sind zur Begrenzung des Ringes gleich geneigt, den sie zur Gänze ausfüllen, indem sie ein sehr regelmäßiges Muster bilden. Dieses gibt sich in zweierlei Weise zu erkennen. An frischen Bruchflächen quer zur Längsrichtung des Zahnes bilden diese Linien ein Netzwerk einander kreuzender Rillen. Viel deutlicher, weil durch Lösungsvorgänge ausgearbeitet, sind solche Rillen an einer älteren, bereits limonitisch verfärbten Fläche wahrnehmbar. Der Anblick gleicht vollkommen einer von Schlesinger (auf seiner Tafel I) gegebenen Abbildung des Querbruches eines *Mastodon*-Zahnes. Im Schliff ist das Muster ebenfalls erkennbar, allerdings nur bei schräg auffallendem Licht, im durchfallenden Licht aber nur andeutungsweise.

Diese Struktur ist für das Zahnbein (Dentin) der Proboscidier überaus kennzeichnend, wie unter anderem auch den Abbildungen von Osborn entnommen werden kann.

Außer dem Linienmuster kommt sowohl den äußeren wie den inneren Lagen des Zahnes ein radiärer Faserbau zu, welcher in dem Fundstück viel deutlicher hervortritt als das Linienmuster. Auch der Faserbau ist in einer der Abbildungen Osborn's (Figur 1 auf seiner Tafel XXIX) wiederzufinden.

Es braucht kaum gesagt werden, daß der Zahnrest lediglich aus Dentin besteht. Bereits beim Elfenbein lebender Elefanten fehlt der Schmelz ganz, der Zement infolge Abnutzung zum größten Teil. Von dem Rest vom

¹⁾ Diese Erkenntnis ist Herrn Doz. Dr. E. Thenius zu danken.

Csatherberg ist durch Verwitterung und Absplitterung bereits ein beträchtlicher Teil verlorengegangen, sodaß nur mehr Dentin vorhanden ist.

Eine nähere Bestimmung des Stoßzahnes ist unmöglich. Die erhebliche Breite (8,5 cm) läßt vielleicht eher an *Dinotherium* denken als an *Mastodon*. Aus dem konzentrischen Schichtenbau am Querschnitt ist trotz der starken Beschädigung durch Absplitterung erkennbar, daß der Zahn länglichrund abgeflacht war, allein auch dieser Umstand ermöglicht nicht seine genauere Zuteilung.

Angesichts der Seltenheit vollkommen verkieselter Knochen verdient die Frage eine Erörterung, wieso es zu dieser Verkieselung kommen konnte, da doch Elfenbein zu den widerstandsfähigsten Stoffen des Tierreiches gehört. Calciumphosphat, aus welchem Knochen und Zähne bestehen, ist indessen in Säuren ziemlich gut löslich. Aus diesem Grunde sind Knochen in Moorablagerungen stets aufgelöst als Folge der Einwirkung der Humussäuren. Es steht also zu vermuten, daß der Zahn bereits in dem Küstenmoor der Csatherberge stark angegriffen worden ist, und zwar einerseits durch die Moorwässer selbst, andererseits aber durch die sauer reagierenden Wässer der Csatherquellen. Die Spuren dieser Angriffe sind offensichtlich die unter Zerstörung der Struktur in Opal verwandelten Stellen. Die Verkieselung des noch verbliebenen Restes geschah wohl erst nach der Einbettung im Opalgestein. Hierbei blieb sogar noch ein geringer Teil der Zahnschubstanz erhalten¹⁾.

Gewiß würde sich die Mühe rechtfertigen, aus dem mikroskopischen Befund die Einzelheiten dieses Verkieselungsvorganges abzulesen. Hiezu wäre vor allem ein Eingehen auf die histologischen Verhältnisse solcher Zähne erforderlich, da eine überraschende Menge von Einzelheiten erhalten geblieben ist. Die Darlegung solcher Ergebnisse würde jedoch so weit aus dem Rahmen dieser Arbeit zielen, daß es rätlicher erscheint, es zunächst bei den obigen kurz gehaltenen Angaben bewenden zu lassen.

15. Literatur

a) Geologisches, mineralogisches, gesteinskundliches, geländekundliches und bäderkundliches Schrifttum

Allen E. T.: The Agency of Algae in the Deposition of Travertine and Silica from Thermal Waters. — Amer. J. Sci., 5. Ser. 28, New Haven 1934.

Allen E. T.: Geysir Basins and Igneous Emanations. — Econom. Geol. 30, Lancaster Pa., 1935.

Bandath H.: A Kőszeg-Rohonci hegység nyugati részének geologiai viszonyai. Földtani Szemle 1, 5. H., Budapest 1928.

Benda L.: Geologie der Eisenberg-Gruppe. — Acta Sabariensa 1929, Steinamanger (Szombathely) 1929.

Cayeux L.: Roches Sédimentaires. Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. — Paris 1916.

Cayeux L.: Les Roches Sédimentaires de France. Roches siliceuses. — Mém. Carte géol. France, Paris 1929.

Chudoba K.: Mikroskopische Charakteristik der gesteinsbildenden Mineralien. — Freiburg i. B. 1932.

Clar E.: Mikroskopische Untersuchungen an der Magnesitlagerstätte von Krauth. — Z. prakt. Geol. 36, Halle 1928.

Cornelius H. P.: Petrographisches über den Glimmerandesit von Aschau (Burgenland). — Folia Sabariensia 1, Steinamanger (Szombathely) 1933.

¹⁾ Wie in freundlicher Weise von Herrn Dr. P. Wieden nachgewiesen wurde.

- Dittler E. & Dworzak R.: Der Sauerling von Oberschützen im Burgenlande. Mit einer geologischen Skizze von Kühn O. — *Chemie d. Erde* **9**, Jena 1935.
- Friedl K.: Über die Gliederung des oberen Pannons im Wiener Becken. — Wien 1948 (handschriftlich).
- Hassinger H.: Geomorphologische Studien aus dem inneralpinen Wiener Becken und seinem Rändergebirge. — *Geogr. Abh.* **8**, H. 3, Wien 1905.
- Hiessleitner G.: Serpentin- und Chromerz-Geologie der Balkanhalbinsel. — *Jb. geol. Bundesanst., Sonderbd.* **1**, Wien 1951/52.
- Hoffmann K.: Mitteilungen der Geologen der k. ungarischen Anstalt über ihre Aufnahmearbeiten im Jahre 1876. — *Verh. geol. Reichsanst.* **1877**, Wien 1877.
- Jugovics L.: Geologische und petrographische Verhältnisse des Borostyanköer Gebirges. — *Jber. ungar. geol. Reichsanst.* **1916**, Budapest 1918.
- Kümel F.: Vulkanismus und Tektonik der Landseer Bucht im Burgenland. — *Jb. geol. Bundesanst.* **86**, Wien 1936.
- Kümel F.: Bericht über geologische Untersuchungen im Burgenlande, besonders an der burgenländischen Nord-Süd-Straße. — *Verh. geol. Bundesanst.* **1953**, Wien 1953.
- Kümel F.: Eine pliozäne Karstlandschaft im südlichen Burgenland. — *Die Höhle* **4**, Wien 1953.
- Küpper H.: Zur Auflösung von Morphogenese und Tektonik am Rande des Wiener Beckens. — *S.-B. öst. Akad. Wiss., math.-natw. Kl.* **136**, Wien 1927.
- Küpper H.: Zur Kenntnis des Alpenabbruches am Westrand des Wiener Beckens. — *Jb. geol. Bundesanst.* **94**, Wien 1951.
- Lacroix A.: Sur une forme de silice anhydre optiquement négative. — *C. R. Acad. Sci.* **130**, Paris 1900.
- Lacroix A.: *Minéralogie de France et de ses Colonies.* — **3**, Paris 1901.
- Levin I. & Ott E.: X-Ray Study of Opals, Silica Glass and Silica Gel. *Z. Kristallogr.* **85**, Leipzig 1933.
- Ludwig E.: Chemische Untersuchung der Sauerlinge von Tatzmannsdorf in Ungarn. — *Tschermak's min. petrogr. Mitt.* **9**, Wien 1888.
- Mallard E.: Sur la lussatite, nouvelle variété minérale cristallisée de silice. — *Bull. soc. franc., Mineral.* **13**, Paris 1890.
- Österreichisches Bäderbuch. — Wien 1926.
- Papp A.: Das Pannon des Wiener Beckens. — *Mitt. geol. Ges. Wien* **39—41**, Wien 1951.
- Papp A.: Die Molluskenfauna des Pannon im Wiener Becken. — *Mitt. geol. Ges. Wien* **44**, Wien 1953.
- Papp A. & Ruttner A.: Bohrungen im Pannon südwestlich von Rechnitz. — *Verh. geol. Bundesanst.* **1952**, Wien 1952.
- Petrascheck W.: Kohlengologie der österreichischen Teilstaaten. **1**. — Wien 1922 bis 1924.
- Petrascheck W. E.: Die Chromerzlagerstätten der östlichen Rhodopen in Bulgarien. — *Z. prakt. Geol.* **47**, Halle 1939.
- Royer L.: Sur la nature minéralogique de quelques substances minérales nord-africaines; études aux rayons X. — *C. R. Acad. Sci.* **208**, 1591, Paris 1939.
- Schrauf A.: Paragenetische Studien im Serpentinegebiete des südlichen Böhmerwaldes. — *Z. Kristallogr.* **6**, Leipzig 1882.
- Storz M.: Die sekundäre authigene Kieselsäure in ihrer petrogenetisch-geologischen Bedeutung. — *Monogr. Geol. Paläont., Ser. II, H. 4*, Berlin 1928.
- Strunz H.: Mineralogische Tabellen. — Leipzig 1941.
- Winkler-Hermaden A.: Aufnahmebericht über die Blätter Fürstenfeld, Unterdrauburg und Marburg. — *Verh. geol. Bundesanst.* **1927**, Wien 1927.
- Winkler-Hermaden A.: Über neue Probleme der Tertiärgeologie im Wiener Becken. — *Centralbl. Min. Geol. Paläont. Abt. B.* Stuttgart **1928**.
- Winkler-Hermaden A.: Die jungtertiären Ablagerungen am Nordostsporn der Zentralalpen und seines Südsaumes. — *S.-B. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl.*, **142**, Wien 1933. — (1933 a.)
- Winkler-Hermaden A.: Über zwei interessante Gesteinsvorkommen bei Aschau im Bezirk Oberwarth (Felsőör), Burgenland. — *Folia Sabariensia* **1933**, Steinamanger (Szombathely) 1933. — (1933 b.)
- Winkler-Hermaden A.: Über neue Ergebnisse aus dem Tertiärbereich des steirischen Beckens und über das Alter der oststeirischen Basaltausbrüche. — *S.-B. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl.* **160**, Wien 1951. — (1951 a.)

- Winkler-Hermaden A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen. — In: Schaffer F. X.: Geologie von Österreich. — Wien 1951. — (1951 b.)
 Winkler-Hermaden A. & Rittler W.: Artesische Wasserbohrungen im steirischen Becken. — Geologie u. Bauwes. 17, Wien 1949.

b) Paläontologisches und botanisches Schrifttum

- Arnold C. A.: An Introduction to Palaeobotany. — New York — London 1947.
 Berger W.: Pflanzenreste aus den obermiozänen Ablagerungen von Wien-Hernals. — Ann. naturhistor. Mus. Wien 59, Wien 1953.
 Corda A. J.: Beiträge zur Flora der Vorwelt. — Prag 1845.
 Edwards W. N.: Dicotyledones (Ligna). — Fossilium Catalogus II: Plantae, 17, Berlin 1931.
 Felix J.: Die Holzopale Ungarns in paläophytologischer Hinsicht. — Mitt. Jb. ungar. geol. Anst. 7, Budapest 1884.
 Felix J.: Untersuchungen über fossile Hölzer. — Z. dtsh. geol. Ges. 35, Berlin 1883.
 Felix J.: Untersuchungen über den Versteinerungsprozeß und Erhaltungszustand pflanzlicher Membranen. — Z. dtsh. geol. Ges. 49, Berlin 1897.
 Flora USSR. — 5, Moskau 1936.
 Florin R.: Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Coniferales und Cordaitales. — Stockholm 1931.
 Gothan W.: Die fossilen Coniferenhölzer von Senftenberg. — In: Menzel P.: Über die Flora der Senftenberger Braunkohlen. — Abh. preuß. geol. Landesanst., Neue F. 46, Berlin 1906.
 Greguss P.: Bestimmung der mitteleuropäischen Laubhölzer und Sträucher auf xylotomischer Grundlage. — Budapest 1945.
 Hofmann E.: Verkieselte Hölzer aus dem Museum in Szombathely. — Ann. Comit. Castriferrei (Hist. Nat.) A, Steinamanger (Szombathely) 1923.
 Hofmann E.: Verkieselte Hölzer von der Vashegy (Eisenberg)-Gruppe. — Ann. Sabarienses 3, Steinamanger (Szombathely) 1929.
 Index Kewensis plantarum phanerogamarum. 4, Oxford 1895.
 Kaiser P.: Ulmoxylon. Ein Beitrag zur Kenntnis fossiler Laubhölzer. — Z. ges. Naturwiss. 4, Halle 1879.
 Krüssmann G.: Die Laubgehölze. — Berlin 1951.
 Kubart B.: Ist *Taxodium distichum* oder *Sequoia sempervirens* der Charakterbaum der deutschen Braunkohle? — Ber. dtsh. bot. Ges. 39, Berlin 1921.
 Kubart B.: Beiträge zur Tertiärflora der Steiermark nebst Bemerkungen über die Entstehung der Braunkohle. — Arb. phytopal. Lab. Univ. Graz 1, Graz-Wien-Leipzig 1924.
 Lingelsheim A.: Ein Beitrag zur fossilen Flora Ungarns. — Jber. ungar. geol. Reichsanst. 1915/2, Budapest 1917.
 Osborn H. F.: Proboscidea. — 2, New York 1942.
 Paul H., Mönkemeyer W. & Schiffner V.: Bryophyta. — 2. Aufl. Jena 1931. — In: Die Süßwasserflora Mitteleuropas, H. 14.
 Pia J.: Pflanzen als Gesteinsbildner. — Berlin 1926.
 Rössler W.: Pliozäne Coniferenhölzer der Umgebung von Gleichenberg in Steiermark. — Mitt. naturw. Ver. Steierm. 74, Graz 1936.
 Sauerzopf F.: Fauna und Gliederung der Schichten des Pannons im südlichen Burgenland. — Diss. Wien 1950 (ungedruckt).
 Sauerzopf F.: Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des südburgenländischen Pannons. — Burgenländ. Heimatbl. 14, Eisenstadt 1952.
 Sauerzopf F.: Fossile Säugetierreste aus dem Südburgenland. — Burgenländ. Heimatbl. 15, Eisenstadt 1953.
 Schlesinger G.: Die Mastodonten des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums. — Denkschr. naturhistor. Hofmus. 1, Wien 1917.
 Schlosser M.: Die Land- und Süßwassergastropoden vom Eichkogel bei Mödling. — Jb. geol. Reichsanst. 57, Wien 1907.
 Schmidt W. J.: Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben. — In: Abderhalden E.: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 10, Lieferung 429. — Berlin-Wien 1934.
 Stromer E., Kraut H. & Storz M.: Der Erhaltungszustand und die Entstehung der Kieselhölzer Ägyptens. — In: Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromer's

in den Wüsten Ägyptens. IV. Die fossilen Floren Ägyptens. — Abh. bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Abt. Neue Folge H. 16, München 1933.

Toula F.: Über Devonfossilien aus dem Eisenburger Comitete. — Verh. geol. Reichsanst. 1878, Wien 1878.

Troll W.: Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. — 1. Bd., 3. Teil, 2. Liefer., Berlin 1942.

Tuszon J.: Monographie der fossilen Pflanzenreste der Balatonseegegend. Result. wiss. Erforsch. d. Balatonsees 1/I, Anhang: Paläontologie 4.

Unger F.: Die fossile Flora von Gleichenberg. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Wien 1854.

Wenz W.: Zur Fauna der pontischen Schichten von Leobersdorf und vom Eichkogel bei Mödling. — Senckenbergiana 10, Frankfurt a. M. 1928.

Wenz & Edlauer A.: Die Molluskenfauna der oberpontischen Süßwassermergel vom Eichkogel bei Mödling, Wien. — Arch. Molluskenkde. 74, Frankfurt a. M. 1942.

Van Wisselingh C.: Die Zellmembran. — In: Linsbauer K.: Handb. der Pflanzenanatomie, I. Abt., I. Teil, Bd. III/2, Berlin 1925.

Nachwort

Dr. Friedrich Kümel hat das Manuskript dieser Arbeit im Sommer 1955 bei der Redaktion der Geologischen Bundesanstalt eingereicht, nachdem er die prinzipielle Zusage der Drucklegungsmöglichkeit erhalten hatte. Einige Wochen danach verunglückte er in den Alpen, ohne daß Gelegenheit gewesen wäre, das Manuskript mit ihm im Detail zu besprechen. Der Unterfertigte hat das Manuskript in druckreife Form gebracht, wobei es empfehlenswert schien, einige allzu ausführliche Teile oder Dünnschliffbeschreibungen zu kürzen sowie den theoretisch-chemischen Teil, der ausschließlich auf Literaturstudium beruhte, zur Seite zu stellen, um den wertvollen Kern der Studie zu seinem vollen Recht kommen zu lassen. Obwohl all dies mit Bedacht durchgeführt wurde, ist es klar, daß damit die Verantwortung für Form und Umfang der gegenwärtigen Fassung der Unterzeichnete trägt.

H. Küpper, April 1956.

Erläuterungen zu Tafel I

Fig. 1: *Lillia viticulosa* Unger; Hoch-Csatherberg.

Stammstück mit erhaltener Rinde, natürliche Größe.

Fig. 2: Hohlräumeausfüllung im verkieselten Moostorf; Csatherberg. Vergrößerung 80fach.

Hohlräume im Moostorf (wie in allen anderen Opalfelsen der Csatherberge) sind stets von parallel- oder radiafaserigen Chalcedon ausgekleidet. Das Gestein grenzt gegen den Hohlraum mit einer fein traubigen Oberfläche, über dem eine dünne Lage von geschichtetem, lagenweise faserigem Lussatit liegt.

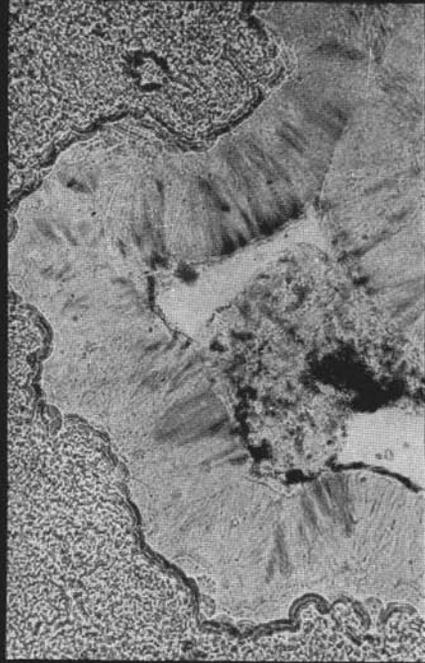
Fig. 3: Verkieselter Moostorf; Csatherberg. Vergrößerung 100fach.

Verkieselte Reste unbekannter, vermutlich schwimmender Wasserpflanzen. Cuticula der Oberseite der Blättchen lieferte einen scharfen Rand, während die zartere der Unterseite ebenso wie die gesamte Innenmasse der Verwesung anheimfiel. Die Blättchen liegen im Gestein mit ihren Oberseiten teils nach oben, teils nach unten. Zwischen den Blättchen (links oben) und unter ihnen (rechts unten) erhielten sich im feinstkrümeligen Opal der Gesteinsgrundmasse kleine Hohlräume, die nachträglich (bei der Diagenese) zum Teil mit Chalcedon ausgefüllt wurden.

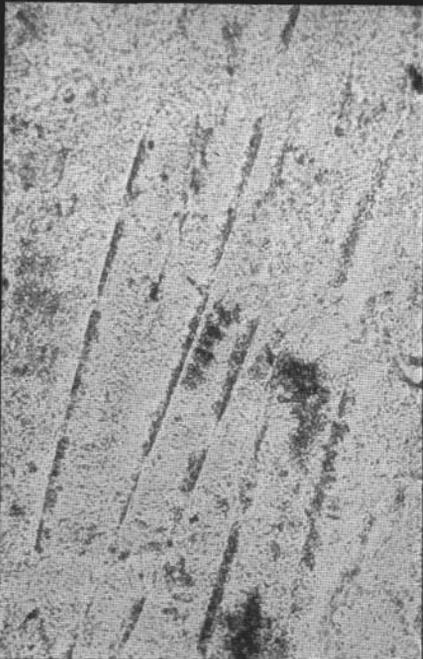
Fig. 4: Verkieselter Moostorf; Csatherberg. Querschnitt von Moosblättchen, welche mit Büschelchen und Bärten von Lussatit besetzt sind.



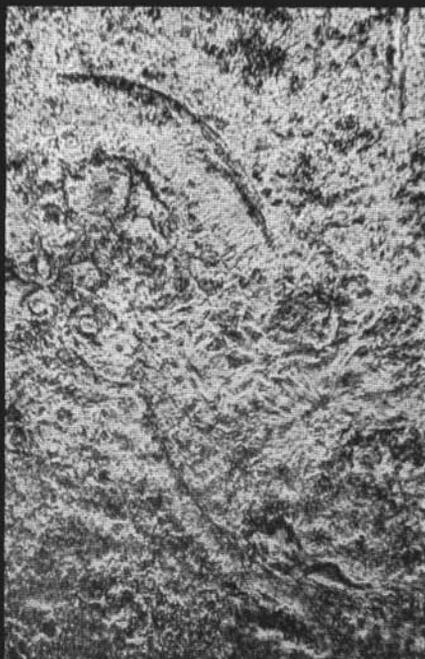
1



2



3



4

Erläuterungen zu Tafel II

Fig. 5: Querschnitt durch ein Blatt aus dem verkieselten Moos- und Blättertorf; Csatherberg. Vergrößerung 120fach.

Das linke Ende des Blattquerschnittes ist ein bereits vor oder während der Verkieselung entstandener Bruchrand; hier ist Manganmulm in das leergeweste Blattinnere gedrungen. Die ober- und die unterseitige Cuticula sind als dunkle Linien erkennbar, denn sie bildeten die widerstandsfähigsten Teile des Blattes. Vom Bau des Blattinneren (Palisaden-, Schwammgewebe) ist nichts mehr erhalten. Die Verkieselung erfolgte durch Diffusion durch die Epidermis. Infolge der größeren Wegsamkeit (wegen der hier vorhandenen Spaltöffnungen) war die Stoffzufuhr hier reichlicher, daher ist hier die Kiesel-schicht dicker. Diese Schicht besteht aus abwechselnden Lagen von klarem und feinfaserigem Lussatit. Die der Blattunterseite innen anliegende Kiesel-schicht wölbt sich in geringen Abständen zu ebenfalls geschichteten Halbkügelchen aus. In der Blattmitte, wo sich die beiden Schichten nähern, sind sie traubig ausgewachsen: verbliebene Hohlräume wurden später mit Chalcedon erfüllt. Das Gestein selbst besteht aus feinstkrümeligem Opal.

Fig. 6: Querschnitt durch ein Blatt aus dem verkieselten Moos- und Blättertorf; Csatherberg. Vergrößerung 100fach.

An einer Stelle des Blattquerschnittes ist die Verwesung so weit gediehen, daß ihr auch die Cuticula der Blattunterseite verfallen ist. Die Cuticula der Gegenseite ist jedoch noch erhalten (dunkler Streif, Mitte des unteren Bildrandes) samt einer auflagernden Kiesel-schicht (heller Streif). Dem nahezu zerstörten Blatt liegen in lockerer Schüttung andere Blättchen an (wohl von der auf Seite 41 erwähnten Art), welche von ziemlich dicken Kiesel-schichten umkleidet sind, die gegen außen hin zu Opalkügelchen ausgewachsen sind. Die verbliebenen Hohlräume sind nachträglich mit farblosem Chalcedon vollgewachsen.

Fig. 7: Verkieselte Schneckenschale aus dem Moos- und Blättertorf; Csatherberg. Vergrößerung 86fach.

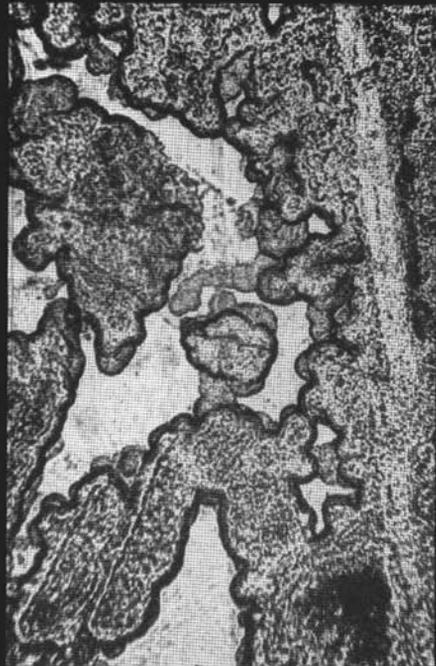
Es handelt sich vermutlich um *Anisus confusus* Soos. Die Schale ist völlig in Opal verwandelt unter gänzlicher Auflösung des Kalkes. Diesem Opal ist innen, an manchen Stellen auch außen, eine Schicht von Lussatit angelagert (an manchen Stellen mit x bezeichnet), welche trotz ihrer optischen Einheitlichkeit aus mehreren Lagen besteht, die teils klar, teils aber in undeutlicher Weise parallelfaserig sind. An manchen Stellen des Querschliffes bilden sie runzelige Wellen über der glatten Oberfläche des Opals; an vielen anderen Stellen im Schaleninneren wuchsen sie zu kugeligen und traubigen Formen aus. Der Opal der Gesteinsgrundmasse drängt in den Hohlraum des Schneckenhauses nicht ein, sondern dieser wurde nachträglich von Chalcedon (im Bild weiß) eingenommen. Dasselbe ist der Fall in einem Hohlraum im Nabel des flach gewundenen Gehäuses (rechts). In der Embryonalwindung (links unten) ist die Lussatit-schicht besonders dick, ihr Faserbau besonders deutlich; wegen der nicht genau mittigen Schliff-lage erscheint diese Windung im Querschnitt kreisförmig. Über dem Lussatit liegt hier noch eine Chalcedon-lage. Aus dem erwähnten Grund erscheint sie innerhalb der Lussatit-Faserschicht; da die Chalcedon-fasern quer getroffen wurden, hat der Chalcedon ein körneliges Aussehen.

Fig. 8: Kiesel-Eisen-Gel; Csatherberg. Vergrößerung 75fach.

In einer Grundmasse aus feinstkrümeligem Opal liegen selten Rhomboeder aus farblosem Kalkspat (Mitte und oben) und etwa gleichgroße andere, die einst aus Spateisenstein bestanden und in Rubinglimmer (Lepidokrokit) umgewandelt worden sind.



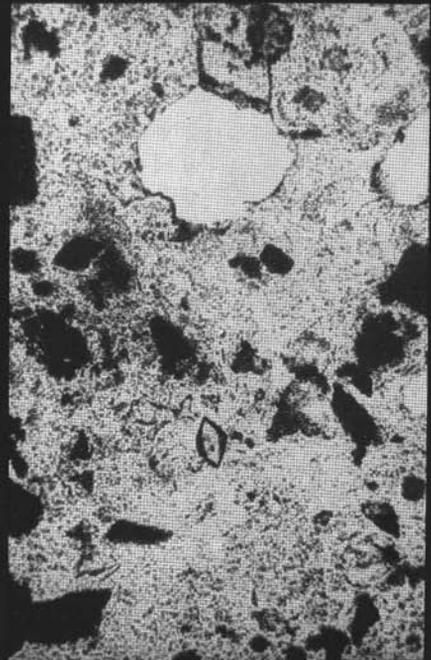
5



6



7



8

Erläuterungen zu Tafel III

Fig. 9: *Lillia viticulosa* Unger; Hoch-Csatherberg. Querschnitt durch den Holzkörper. Vergrößerung 85fach.

Die Innenauskleidung mit Chalcedon ist selbst in benachbarten Holzgefäßen verschieden dick infolge verschiedener Wegsamkeit der Gefäße für die Kieselösung. In einem der Gefäße (rechts) befindet sich ein ringförmiger Absatz von Manganmulm.

Fig. 10: *Lillia viticulosa* Unger; Hoch-Csatherberg. Querschnitt durch ein Holzgefäß. Vergrößerung 190fach.

Der dünnen in Opal verwandelten Gefäßwand liegt eine dicke Schicht von Chalcedon an, von welcher Pilzfäden (Hyphen) ausgehen, welche gleichfalls von Chalcedon überrindet sind. Die Pilzfäden selbst sind als dunkle Linien in den Chalcedongebilden sichtbar. Sie sind indessen nicht ihrer organischen Substanz nach erhalten, sondern als Manganfüllung. Ihr krümeliger Aufbau ist daher eine Schrumpfungerscheinung dieses Polianit-Gels.

Fig. 11: *Lillia viticulosa* Unger; Hoch-Csatherberg. Querschnitt durch eine Rindenwurzel. Vergrößerung 57fach.

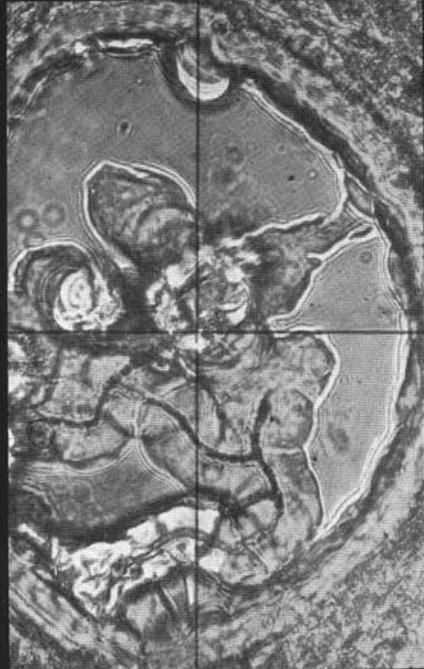
Die als Innenwurzeln erkannten Randstränge liegen kranzförmig innerhalb der Borke (dunkle Außenfläche). Jede solche Wurzel besteht aus der dreireihigen Exodermis (hell, die Zellen zumeist mit dunkler Fülle von Manganmulm), aus dem Parenchym, der Endodermis (dunkler Ring in der Mitte) und, von dieser umschlossen, dem Gefäßteil. Dieser besteht wieder aus einem Holz- und einem Siebteil in radiärer Anordnung, was allerdings im Bild nicht erkennbar ist.

Fig. 12: *Lillia viticulosa* Unger; Hoch-Csatherberg. Querschnitt durch eine Rindenwurzel. Vergrößerung 64fach.

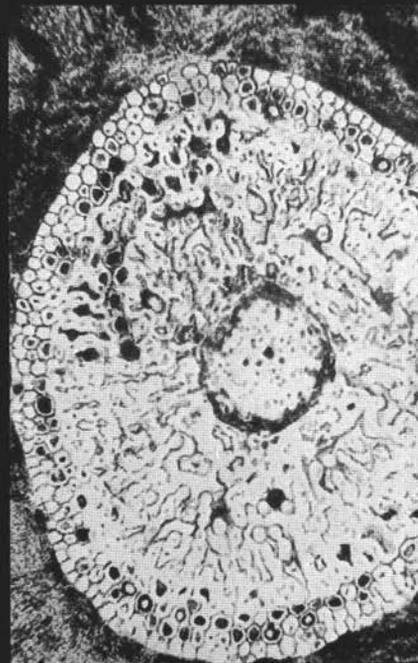
Die Rindenwurzel liegt inmitten der Borke (dunkel), welche an das Cambium grenzt (unten, hell); in diesem liegen Holzgefäße (unten rechts), welche zum Teil mit Manganmulm erfüllt sind. In der abgebildeten Rindenwurzel ist ganz ausnahmsweise das Parenchym rückgebildet und das Gefäßbündel (G) samt seiner Endodermis (En) an den Rand der Rindenwurzel verlagert, während der größte Teil der Wurzel von einem Hohlraum eingenommen wird. Im Gefäßbündel ist der dreistrahlig-radiäre Bau erkennbar. Der helle Saum um das Gefäßbündel und an der Innenseite der dreireihigen Exodermis (Ex) besteht aus den randlichen, miteinander verschmolzenen Zellwänden der zurückgebildeten Parenchymzellen (P).



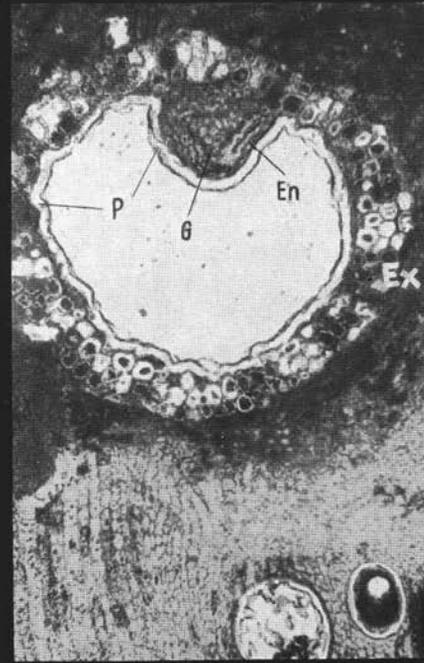
9



10



11



12

Erläuterungen zu Tafel IV

Fig. 13: *Ulmimum* sp.; Hoch-Csatherberg. Vergrößerung 110fach.

Die Jahresringgrenze geht etwa durch die Mitte des Bildes (von links nach rechts). Außerhalb ihr liegt im Frühholz eine Doppelreihe von weiten Gefäßen. Im Sommerholz (untere Bildhälfte) haben sich enge Gefäße, von Holzparenchym begleitet, zu „Binden“ zusammengefunden. Die Markstrahlen (von oben nach unten) sind fast immer mehrreihig. Die primäre Wand aller Zellen ist in Opal umgewandelt. Die sekundäre Wand der Gefäße, bei der Versteinerung etwas gequollen, wurde hiebei in Lussatit umgewandelt. In vielen Fällen findet sich innerhalb der sekundären Wand als rein anorganische Bildung eine Chalcedonschicht; sie ist im Bilde nicht von der Lussatitschicht unterscheidbar. Als jüngste Bildung sieht man im Inneren der Gefäße einen Saum von Limonit (schwarz).

Fig. 14: *Ulmimum* sp., ausgeglühter Querschliff durch die Wand eines weiten Holzgefäßes zwischen gekreuzten Nicols. Vergrößerung 300fach.

Die in den Lussatit versteinte sekundäre Zellwand ist durch das Glühen in ein Haufwerk feiner, nur unvollkommen in radialer Richtung geregelter Quarzkriställchen übergegangen.

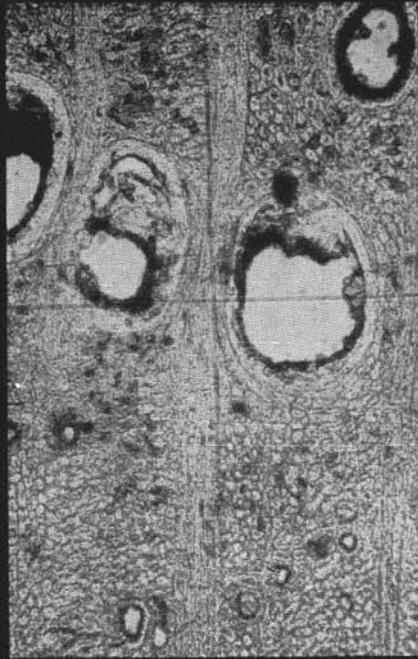
Fig. 15: *Quercinium helictoxyloides* Felix; Holz einer immergrünen Eiche im Querschnitt. Vergrößerung 110fach.

Vielreihige Markstrahlen (rechts) neben zahlreichen einreihigen (die sich zwischen den Gefäßen durchschlängeln) sprechen für Eichenholz. Um die Zugehörigkeit zu *Quercinium helictoxyloides* darzutun, wurde eine besonders gefäßreiche Stelle zur Abbildung ausgewählt, wo die weiten Gefäße des Frühholzes unmerklich in jene des Sommerholzes übergehen. An anderen Stellen hingegen ist die für Eichenholz kennzeichnende Ringporigkeit deutlich erkennbar. Nahe dem unteren Bildrand liegt die Grenze eines Jahresringes. Er besteht aus nur wenigen, in radialer Richtung etwas verkürzten Zellen. Diese schwache Entwicklung der Jahresringe beweist, daß *Quercus helictoxyloides* eine immergrüne Eiche war. Die Hohlräume der Gefäße sind ganz oder zum Teil mit Chalcedon erfüllt, in dem verbleibenden Rest hat sich Manganmulm angelagert.

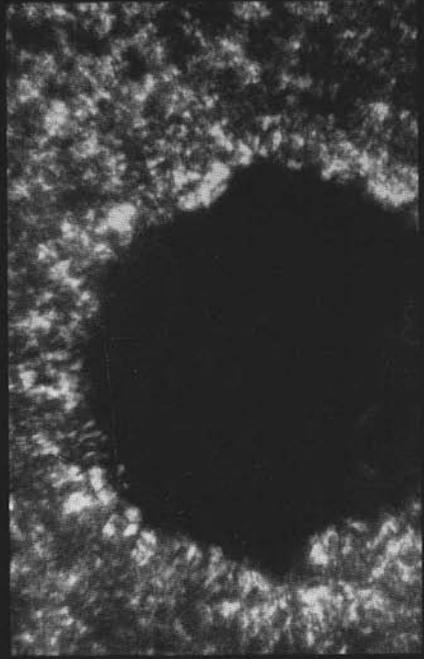
Fig. 16: Querschnitt durch ein Wurzelholz unbekannter Zugehörigkeit; Hoch-Csatherberg. Vergrößerung 115fach.

Die primären Zellwände dieser Wurzel sind in Opal, die sekundären in Chalcedon versteint. Das Innere der Holzzellen enthält Manganmulm. Die Zellen sind durch den Druck der wachsenden Wurzel verformt und gequetscht, zum Teil so stark, daß sie nach der Versteinerung ein Gemenge von Opal und Chalcedon bilden, in dem der Zellbau unkenntlich geworden ist. Solche Streifen mechanischer Beanspruchung durchziehen das Holz in verschiedener Richtung, etwa radial (linker Bildrand) oder in der Richtung der Jahresringe (oben).

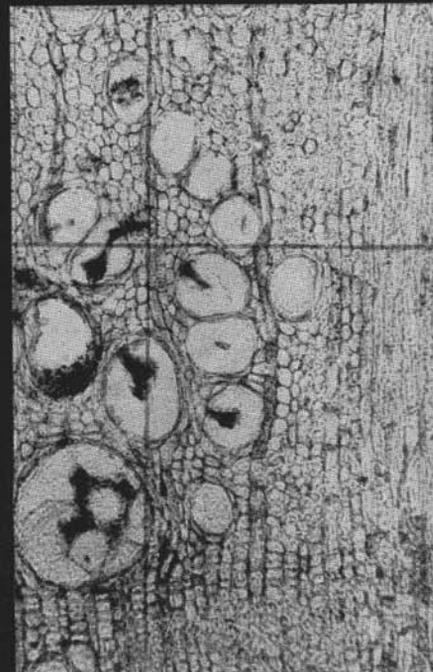
Alle Lichtbilder: H. Petrak.



13



14



15



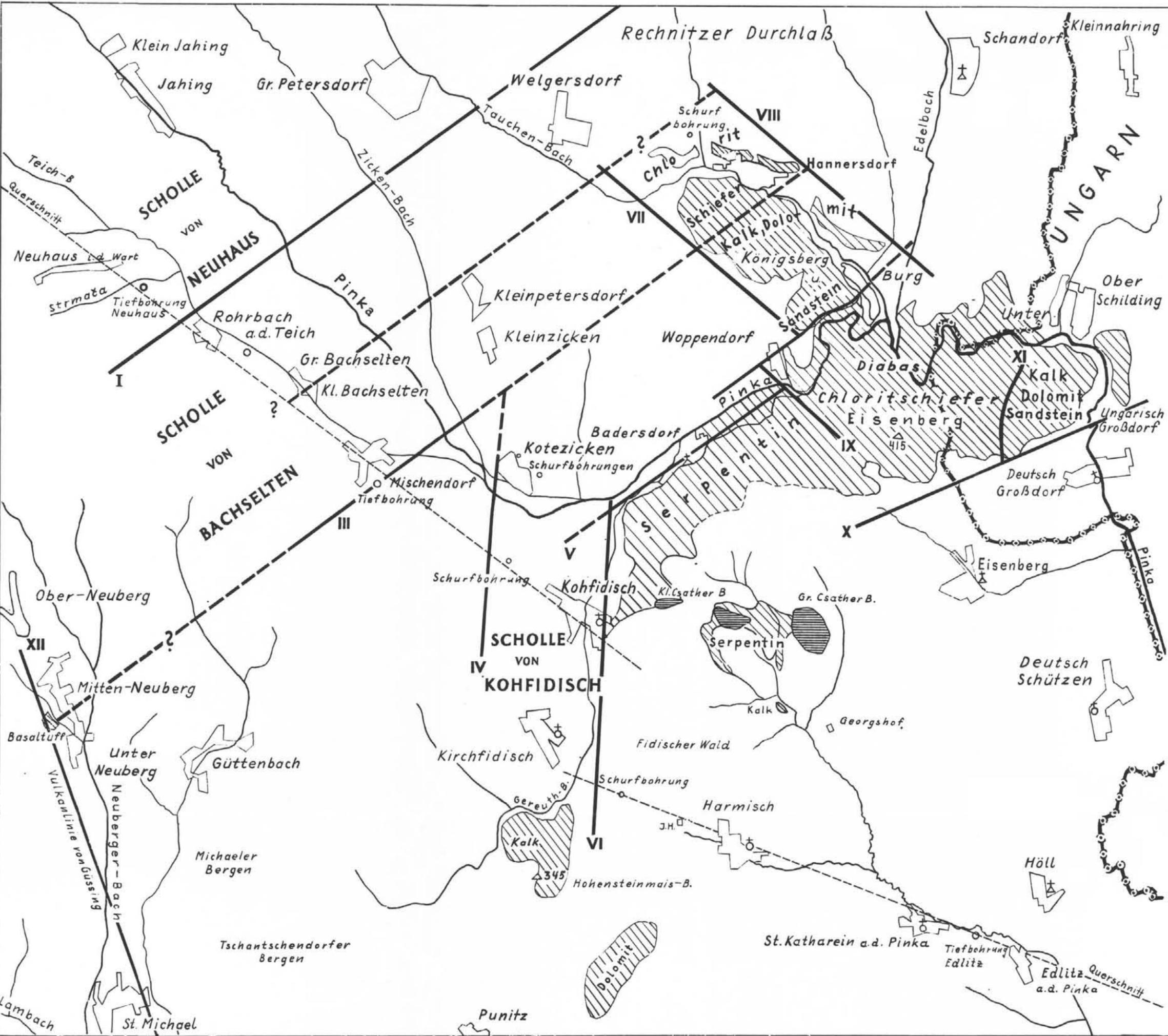
16

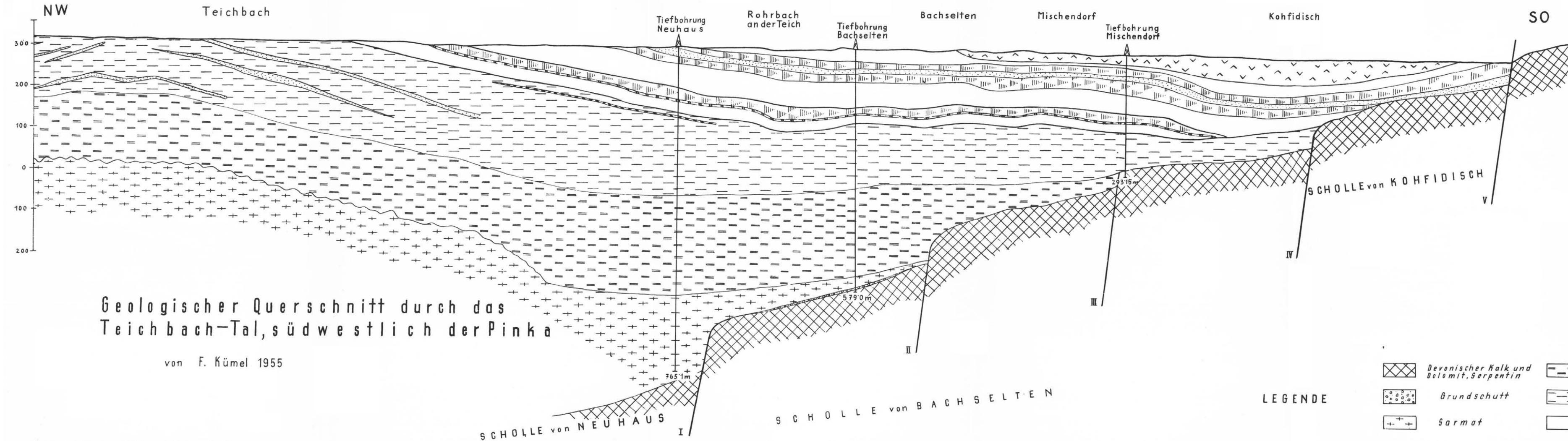
Die
Zerstückelung des
Grundgebirges
der
Eisenberg-Gruppe
durch
Brüche tertiären Alters
von
F. KÜMEL, 1955

1: 50.000
0 1 2 km

LEGENDE

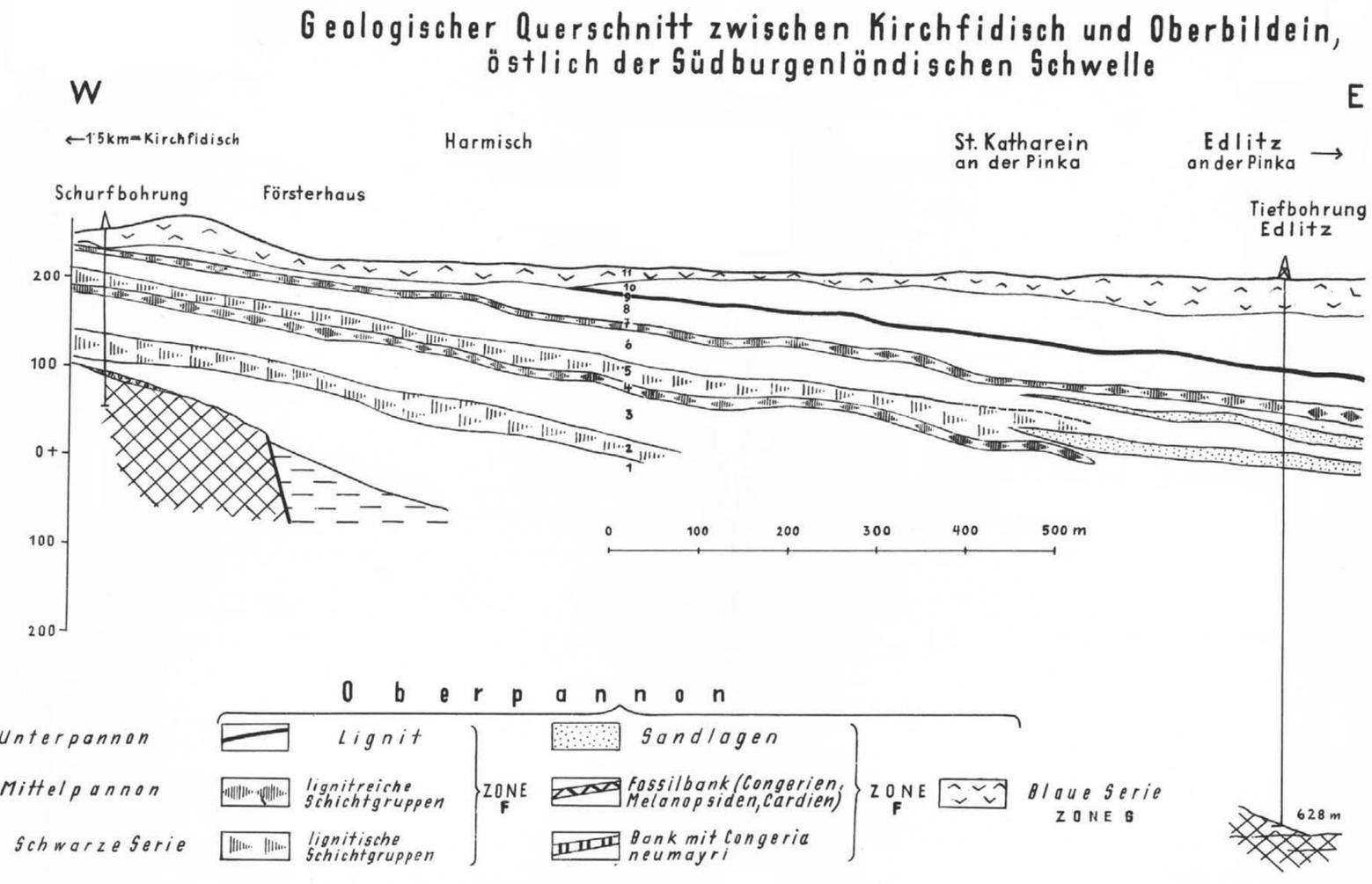
-  paläozoisches Grundgebirge
-  Opalfels (oberpannonisch)
-  übrige tertiäre und quartäre Ablagerungen
-  I — Brüche (N^o im Text)
-  — Profillinien





Geologischer Querschnitt durch das Teichbach-Tal, südwestlich der Pinka

von F. Kümel 1955



Geologischer Querschnitt zwischen Kirchfidisch und Oberbildein, östlich der Südburgenländische Schwelle

- LEGENDE
- | | | | |
|---|----------------|-----------------------------|-----------|
| Devonischer Kalk und Dolomit, Serpentin | Unterpannon | Lignit | Sandlagen |
| Grundschutt | Mittelpannon | lignitreiche Schichtgruppen | } ZONE F |
| Sarmat | Schwarze Serie | lignitische Schichtgruppen | |
| | | | } ZONE B |

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: [100](#)

Autor(en)/Author(s): Kümel Friedrich

Artikel/Article: [Der Süßwasseropal der Csatherberge im Burgenlande: zur Geologie, Paläobotanik und Geochemie seltener Quellabsätze 1-66](#)