

BEITRÄGE
ZUR
GEOLOGISCHEN KARTE DER SCHWEIZ

HERAUSGEGEBEN VON DER GEOLOGISCHEN KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT
AUF KOSTEN DER EIDGENOSSENSCHAFT

NEUE FOLGE, XXIV. LIEFERUNG
DES GANZEN WERKES 54. LIEFERUNG

I. Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen.

Von Dr. **Paul Arbenz.**

II. Sur la racine de la nappe rhétique.

Par Dr. **Emile Argand.**

**III. Über die Stratigraphie der autochthonen Kreide
und des Eocäns am Kistenpass.**

Von Dr. **Arnold Heim.**



Bern.

In Kommission bei A. Francke (vorm. Schmid & Francke).

1910.

Buchdruckerei Stämpfli & Cie.

Vorwort der geologischen Kommission.

Am 24. Mai 1909 hat die Schweizerische Geologische Kommission beschlossen, in Zukunft nach Bedürfnis von Zeit zu Zeit einen Band der Beiträge herauszugeben, welcher aus kleineren Einzelarbeiten besteht.

Sie ist dazu durch folgende Erfahrungen veranlasst worden:

Schon oft stellten Mitarbeiter an der geologischen Karte der Schweiz an uns das Gesuch, die wichtigsten Resultate als «vorläufige Mitteilung» publizieren zu dürfen, damit ihnen das Recht der Priorität nicht verloren gehe, bevor ihre ganze Arbeit als Band der «Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz» abgeschlossen sei. Seit mehreren Jahren wurde dies fast immer, wenn auch manchmal recht ungerne, gestattet, wenn eine solche Mitteilung den «Eclogæ», dem Organe der «Schweizerischen Geologischen Gesellschaft», übergeben wurde. Nun haben aber oft die «Eclogæ» übergenug Stoff; man musste also mit dem Druck einer solchen Mitteilung oft viel länger warten, als es sich mit Prioritätsfragen verträgt. So gingen einzelne Arbeiten dieser Art in andere Zeitschriften.

Wenn also die geologische Kommission vermeiden will, dass sich die interessanten Resultate der von ihr angeordneten und unterstützten Untersuchungen in alle möglichen Zeitschriften zerstreuen, und dadurch das Interesse für ihre eigenen Textbände abnehme, muss sie selber für sofortige Drucklegung solcher Arbeiten sorgen.

Ausser solchen vorläufigen Mitteilungen werden in diesen Band der «Beiträge» kleinere Arbeiten aufgenommen werden, die aus der grossen Untersuchung eines Mitarbeiters als Seitenzweige entstanden sind. Ein Beispiel dafür ist gerade die Arbeit von Dr. P. Arbenz: «Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen», die als Nebenprodukt von dessen in unserm Auftrage gemachter Untersuchung über das Gebiet Engelberg—Meiringen zu betrachten ist.

Endlich werden im Sinne vorläufiger Mitteilungen vielleicht auch Auszüge aus den jährlichen Berichten der Geologen an die Kommission oder ein summarischer Jahresbericht oder wichtigere Beschlüsse der Kommission, die weitere Kreise interessieren, dem Bande beigegeben. Dabei hat es die Meinung, dass fortan alle Publikationen unserer Mitarbeiter, soweit sie durch ihre in unserem Auftrage unternommenen Untersuchungen veranlasst werden, in den «Beiträgen» erscheinen. Andererseits werden wir keine Publikationen von andern Geologen darin aufnehmen, denn die Kommission will nicht die Zahl der Fachzeitschriften um eine vermehren; sie wünscht nur, dass kleinere Arbeiten, die von ihr direkt oder indirekt angeregt wurden, und die ihr bisher verloren gegangen sind, obschon sie darauf ein Anrecht hatte, zukünftig auch in ihren «Beiträgen» gesammelt erscheinen.

Die für die «Beiträge» angenommenen kleineren Einzelarbeiten unserer Geologen sollen jeweilen das Datum der Eingabe an die Kommission enthalten; sie werden sofort gedruckt und dem Verfasser sofort die gewünschte Zahl von Separata abgegeben. Die Kommission dagegen gibt jeweilen erst, wenn ein kleiner Band beisammen ist, denselben im Buchhandel heraus.

Die Schweizerische Geologische Kommission blickt heute auf einen fünfzigjährigen Bestand zurück. Indem sie ihre bisherigen Publikationen: Geologische Karten in 1:100,000, 1:50,000 und 1:25,000 etc., «Erläuterungen» zu diesen Karten, Textbände in-4° noch ergänzt durch diese kleineren Mitteilungen, ist sie überzeugt, einem wirklichen, schon oft gefühlten Bedürfnisse gerecht zu werden, und ihren Mitarbeitern, sowie der Verbreitung geologischer Erkenntnis unseres Landes einen Dienst zu erweisen.

Zürich, den 15. Juni 1909.

Für die Schweizerische Geologische Kommission

Der Präsident:

Dr. Alb. Heim, Prof.

Der Sekretär:

Dr. Aug. Aeppli.

I.

Zur Kenntnis der Bohnerzformation in den Schweizeralpen.

(Neue Funde in der Zentralschweiz. Zur Lithologie des alpinen Bohnerzes und dessen Begleitgesteine. Die Marmorbreccie von Grindelwald.)

Von

P. Arbenz.

(Eingereicht den 21. Juni 1909.)

I. Neue Funde von Bohnerz in der Zentralschweiz.

Bei meinen geologischen Spezialaufnahmen im Gebiete der Titliskette und des Gentials im Berner Oberland fand ich in den Sommern 1907 und 1908 an der Basis des Eocäns da und dort verschiedenartige Gesteine der Bohnerzformation. Ganz besonders auffällig sind Nester von stark eisenschüssigem Sandstein, in denen ab und zu Bohnerzkugeln (Pisolithe) enthalten sind. Durch ihre dunkelrostbraune bis schwarzgrüne Farbe heben sich solche Gesteinsmassen gegenüber dem hellen Tithonkalk der Umgebung scharf ab, so vor allem auf den grossen Malmflächen am Nordabhang der Gadmerflühe (Titliskette). Weniger auffällig, dafür aber als regelmässige, oft weitverbreitete Schichten von geringer Mächtigkeit erscheinen ebenfalls an der Basis des Eocäns grünliche Sandsteine, die ich in Anlehnung an die französische Bezeichnung « *Grès sidérolithique* » als siderolithische Sandsteine oder kurz Siderolithsandsteine bezeichne.

Es ist wohl einem Zufall zuzuschreiben, dass diese Gesteine nicht schon früher richtig gedeutet worden sind. Als am 4. August 1836 *Arnold Escher v. d. Linth* und *B. Studer* zusammen die Titliskette besuchten, fanden sie nicht nur die eocäne Kohle der Gadmerflühe und die Diableretsfauna (Cerithiensichten), sondern auch die siderolithischen Gesteine, allerdings ohne sie richtig zu deuten. *Escher* notierte in seinem Tagebuch (Bd. II, p. 286): « In diesem (Hochgebirgskalkstein) nicht selten Einlagerungen von quarzigem Sandstein. Diese Sandsteine oft eisenhaltig, oft von grünlicher Farbe und fettglänzend; zuweilen im Äussern sich etwas dem Chamosite nähernd ».

Drei Jahre später erschien in Paris die interessante Publikation *Studers*¹⁾ über die Gebirgsketten zwischen Thuner- und Vierwaldstättersee. Dort findet man auf Seite 394 folgende Notiz: « A toutes les hauteurs on voit alterner avec ces grès des calcaires et des schistes, et d'après les débris il doit s'y trouver aussi des nids de grès vert ou de chamosite ».

Im Berner Oberland hatte *Baltzer*²⁾ an vielen Stellen im Kontakt mit dem Hochgebirgskalk grünliche Sandsteine gefunden. In vielen Fällen dürften Siderolithsandsteine vorliegen, ganz besonders wenn sie, wie bei der Burgalp (« in der Schooss », loc. cit., p. 173) westlich Meiringen,

¹⁾ *Studer*. Mémoire sur la Carte géologique des chaînes calcaires et arénacées entre les lacs de Thun et de Lucerne. Mém. Soc. géol. de France, 1^{re} sér., III, p. 379, 1839.

²⁾ *A. Baltzer*. Der mechanische Kontakt von Gneis und Kalk im Berner Oberland. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, XX, 1880.

zwischen Malm und der kohligen Schicht, dem Äquivalent der Cerithienschicht, liegen. Andere Varietäten solcher grünlicher Sandsteine, wie z. B. der loc. cit., p. 65 beschriebene, dessen chemische Analyse angeführt ist, sind wohl mit dem Taveyannazsandstein verwandt und haben mit der Bohnerzformation nichts zu tun.

Die siderolithischen Gesteine der Titliskette werden von *Baltzer* nicht erwähnt.

Dagegen scheint sie *Mæsch*¹⁾ gesehen zu haben. Die einzige Stelle in seinem Werke, die sich aller Wahrscheinlichkeit auf siderolithische Gesteine der Titliskette bezieht, lautet (loc. cit., p. 139): «Auf Scharmad (wahrscheinlich gleich «In den Scharmadlagern» der Karte 1:50,000) erscheint Chamosit, er ist jedoch weniger erzeich als die Lager auf Erzegg und am Balmeregghorn».

Die grünlichen Sandsteine an der Basis des Eocäns, die *Baltzer* im Berner Oberlande konstatiert hatte, werden auch von *Mæsch* wieder erwähnt. So schliesst das Eocänprofil am Rosenlauigletscher gegen unten mit grünlichem Sandstein ab (*Mæsch*, loc. cit., p. 192 h), der ohne Zweifel als siderolithischer Sandstein aufzufassen ist.

Es gelang mir, die siderolithische Formation und deren Begleitgesteine (s. unten) von Meiringen an durch das Gental und die Titliskette bis ins Engelbergertal zu verfolgen. Das östlichste mir bis jetzt bekannte Vorkommnis, auf das ich zusammen mit Dr. *Arn. Heim* gestossen bin, liegt am Nordwestfuss des Schlossberges im Hintergrunde des Engelbergertales.

Die genaue Beschreibung der einzelnen Fundpunkte wird später in den «Beiträgen zur geol. Karte der Schweiz» gegeben werden. Hier seien nur die wichtigsten Vorkommnisse erwähnt:

1. Nordwestlich ob der Arnialp im Gental (östlich Meiringen).
2. In und ob den Scharmadbändern am Nordabhang der Gadmerflühe (Titliskette).
3. Nahe westlich unter dem Titlisgipfel, am Weg.
4. Am Nordwestfuss des Schlossbergs ob dem Stierenbachfall (Engelbergertal).

Die letztgenannte Lokalität hat durch Dr. *Arnold Heim*²⁾ kürzlich eine Beschreibung erfahren.

Entdeckt wurde die alpine Bohnerzformation durch *De la Harpe* und *Renevier*³⁾ an der Dent-du-Midi. Sodann erkannte *Renevier*⁴⁾ in schon früher bekannt gewordenen Gesteinen typische Vertreter dieser Formation an den Dents-de-Morcles und im Gebiet der Diablerets⁵⁾. In neuerer Zeit berichtet *Lugeon*⁶⁾ vom Vorhandensein siderolithischer Bildungen westlich der Gemmi. Und jüngst hat *Træsch*⁷⁾ seine Entdeckung von Bohnerz am Fisistock (Blümlisalpgruppe) bekannt gegeben.

Die Lücke zwischen dem Vorkommen an der Blümlisalp und dem in der Titliskette ist durch neue Funde von *H. Seeber* (Bern) ausgefüllt worden. Der Entdecker hatte die Freundlichkeit, mir Gesteine vom Nordfuss des Eigers ob Grindelwald vorzulegen. Mit gütiger

¹⁾ *Cas. Mæsch*. Geologische Beschreibung der Kalk- und Schiefergebirge zwischen dem Reuss- und Kiental. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, XXIV, 3. Abt. 1894.

²⁾ *Arn. Heim*. Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizeralpen. Abh. der schweiz. pal. Ges., XXXV, p. 19—22, 1908 (1909).

³⁾ *Ph. De la Harpe*. De la formation sidérolithique dans les Alpes. Bull. Soc. vaud. sc. nat., IV, p. 232 (15 nov. 1854).

Ph. De la Harpe et *E. Renevier*. Excursion géologique à la Dent-du-Midi (Bas-Valais). Ibid., p. 261 (3 et 7 janv. 1855).

⁴⁾ *E. Renevier*. Eocène supérieur des Alpes vaudoises et sidérolithique du Jura. Bull. soc. géol. de France, 2^e sér., V, p. 793, 1877.

⁵⁾ *E. Renevier*. Monographie géologique des Hautes-Alpes vaudoises etc. Mat. pour la carte géol. suisse, XVI, p. 365 ff., 1889.

⁶⁾ *M. Lugeon*. Deuxième communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander (Valais-Berne). Eclogæ, VIII, p. 421, 1905, speziell p. 428.

⁷⁾ *A. Træsch*. Beiträge zur Geologie der westlichen Kienteralpen (Blümlisalpgruppe). Eclogæ, X, p. 63, 1908, speziell p. 74 u. 139.

Erlaubnis von seiten des Herrn *Seeber* kann ich hier mitteilen, dass es mir nicht schwer fiel, in einer ganzen Anzahl von Proben eines oft sonderbar aussehenden grünlichen und bräunlichen Sandsteins, der stellenweise Pisolithe enthält, zweifellose Vertreter der Bohnerzformation zu erkennen. Es ist somit sehr wahrscheinlich, dass die grünlichen Sandsteine *Baltzers* zum Teil hierher gehören.

So verlängert und schliesst sich nach und nach die Kette der Bohnerzfunde am Nordrande des kristallinen Aarmassivs.

Spätere Untersuchungen werden zeigen, ob siderolithische Gesteine nicht auch noch weiter im Osten zu finden sind.

Vor kurzem ist von *Arnold Heim*¹⁾ eine Übersicht über die Natur, Verbreitung und Entstehung des alpinen Bohnerzes gegeben worden. Vor allem sei auf die Isopenkarte²⁾ hingewiesen. Dort ist der Tatsache Rechnung getragen, dass in der Westschweiz das Bohnerz in den tiefern helvetischen Decken noch auftritt, ostwärts aber auf das autochthone Terrain am Nordrand des Aarmassivs beschränkt bleibt, um schliesslich auch dort gegen Osten aufzuhören. Die Facieslinien, die das Bohnerzterrain gegen Süden abgrenzen, verlaufen von NE gegen SW, während das Streichen der Deckenfalten und des Aarmassivs ENE—WSW gerichtet ist.

In neuester Zeit hat *E. Fleury*³⁾ eine zusammenhängende Darstellung der Bohnerzformation der Schweiz gegeben. Der Autor widmet auch dem alpinen Bohnerz ein Kapitel, in welchem er sich im wesentlichen auf die Funde von *De la Harpe*, *Renevier*, *Favre*, *Schardt* und *Lugeon* stützt. Er sieht das Vorkommen von Bohnerz an der Gemmi als das östlichste in den Schweizeralpen an, da ihm die Angaben über Bohnerz am Fisistock (*Träsch*) offenbar entgangen sind.

II. Zur Lithologie des alpinen Bohnerzes und dessen Begleitgesteine.

1. Unterlage.

Das alpine Bohnerz und der Siderolithsandstein ruht auf verschiedenen Stufen der untern Kreide, sowie auch auf dem Malm. In den westlichen Schweizeralpen von der Dent-du-Midi bis ins Gebiet der Gemmi besteht die Unterlage aus Gault und Schrattekalk, gegen Osten aus schratteähnlichem Kalk der tiefern Kreide. Am Fisistock erscheint es über Sandkalken, die von urgonähnlichem Kalk unterlagert werden. Diese Serie im Liegenden der Siderolithgesteine wurde von *Träsch*⁴⁾ zunächst in Grenzsichten, Tschingelkalk, Albien und Urgan eingeteilt. Neulich haben aber *Buxtorf* und *Truninger*⁵⁾ im Tschingelkalk den Hauterivienkieselskalk erkannt. Die tiefern Schichten, vor allem der urgonähnliche Kalk, gehören somit der älteren Unterkreide an und repräsentieren das Valangien und zum Teil das Berriasien (Öhrlikalk).

In der Titliskette konnte ich sichere Kreideschichten nirgends nachweisen. Häufig schliesst der Hochgebirgskalk mit einem deutlich oolithischen Kalk ab. Die Oolithe erweisen sich unter dem Mikroskop meist als rundliche oder ovale trübe Kalkkörner mit oder meist

¹⁾ Loc. cit., p. 142—143.

²⁾ Ibidem, p. 180.

³⁾ *E. Fleury*. Le Sidérolithique suisse. Mém. de la Soc. Fribourgeoise des sc. nat., VI, 1909, speziell p. 77—80.

⁴⁾ *Träsch*. Loc. cit., p. 139.

⁵⁾ *A. Buxtorf* und *E. Truninger*. Über die Geologie der Doldenhorn- und Fisistockgruppe und den Gebirgsbau am Westende des Aarmassivs. Verh. d. Natf.-Ges. Basel, XX, p. 135 (speziell p. 143 ff.), 1909.

ohne erkennbare Fossilien. Sind solche vorhanden, so sind es in der Regel Foraminiferen (selten als Milioliden bestimmbar), Bruchstücke von Bryozoen? und Schalenrümmer. Radial-faserige Oolithrinden fehlen fast stets. Sind sie vorhanden, so sind sie sehr dünn und mit Schalen von grossen Foraminiferen leicht zu verwechseln. Konzentrisch schalige, wahre Oolithe fehlen gänzlich. Das Zement zwischen den Oolithen ist ein feinkörniger, oft fast dichter Kalk, der sich von den Oolithen durch seine Helligkeit und Durchsichtigkeit unterscheidet. Manchmal ist aber das ganze Gestein ein vollständig homogener, dichter Kalk. Äusserlich sind alle diese Gesteine hellgrau. Dem Alter nach stelle ich sie in den obersten Malm, da keinerlei Beweise für ein cretacisches Alter, z. B. Berrias (Öhrlikalk), vorliegen.

In der westlichen Titliskette (Gadmerflühe) erscheinen, allerdings nicht zuallererst im Malm, an Stelle solcher oolithischer Kalke Korallenkalke mit *Diceras*, wie man sie in der Ostschweiz häufig in diesem Niveau antrifft. Bis zum Kontakt mit dem Eocän folgen schiefrige Kalke, gelbliche und graue Kalkschiefer, die durch Einfügung von Sandlagen und ab und zu grünliche und rötliche Färbung ausgezeichnet sind.

In diesen Gesteinen glaubte ich anfänglich zeitliche Äquivalente des Tschingelkalks [*Gerber*¹⁾ nach *Douvillé*²⁾] erblicken zu können³⁾. Tatsächlich handelt es sich um Gesteine, die nur strukturell, nicht aber zeitlich mit einem Teil der von *Gerber* als Tschingelkalke bezeichneten Schichten übereinstimmen, und zwar lediglich um diejenigen, der von *Träsch* seither als Grenzsichten abgetrennt worden ist, so dass für den Tschingelkalk nur meist graue Kieselkalke übrigbleiben, wie es der Definition durch *Douvillé* entspricht.

Wie es sich mit diesen bunten, gebänderten Sandkalken und Marmoren verhält, wird weiter unten dargetan werden.

2. Lagerungsform.

Mit dem jurassischen teilt das alpine Bohnerz und seine Begleitgesteine die Hauptmerkmale der Lagerungsverhältnisse. Hier wie dort sind die Ablagerungen nach Mächtigkeit und auch nach Gesteinsbeschaffenheit sehr wechselvoll entwickelt. Bald herrschen mehr tonige, bald mehr sandige Bildungen vor, und hier wie dort sind die Pisolithe, das eigentliche Bohnerz im grossen und ganzen accessorisch.

Die charakteristische Lagerungsform in Taschen, die sich in das unterliegende Gestein hineinsenken und oft verzweigen, ist beiden Gebieten gemeinsam. So schildert *Renevier*⁴⁾ siderolithische Taschen und Spaltenfüllungen im Schratzenkalk an den Diablerets.

Sehr schöne Taschen und Nester sind an den S. 4 genannten Lokalitäten zwischen Meiringen und Engelberg zu finden.

Sind diese siderolithischen Taschen sehr flach und gross, so kommt es zur Bildung eigentlicher Linsen, wie sie ebenfalls schon von *Renevier* geschildert worden sind. An solchen Stellen erreicht die Bohnerzformation ihre grössten Mächtigkeiten (*Renevier*, Diablerets 25–30 m.).

So tiefe Schlote, wie sie aus dem Jura geschildert werden, sind in unsern Alpen wenigstens bis jetzt nicht nachgewiesen worden⁵⁾. In der Titliskette erreichen die kompakten, unzertheilten Taschen eine Tiefe von höchstens 15 m.

Besonders in meinem Untersuchungsgebiet ist die Abgrenzung der Bohnerztaschen gegen das Nebengestein häufig ganz unscharf. Von den Taschen aus dringt das siderolithische Material in Hunderten von Adern und Flasern in den umgebenden Kalk ein.

¹⁾ *E. Gerber*. Beiträge zur Geologie der östlichen Kientaleralpen. Neue Denkschriften. XL, 2, 1905.

²⁾ *H. Douvillé*. Les Ralligstöcke et le Gerihorn. Bull. Soc. géol. de France, 4^e sér., III, p. 193, 1903.

³⁾ *P. Arbenz*. Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. Eclogæ geol. helv., IX, p. 467, 1907.

⁴⁾ *E. Renevier*. Loc. cit., 1889, p. 366.

⁵⁾ Ich sehe hier gänzlich ab von den Bohnerzen der südlichen Ostalpen.

Bald folgt es den Schichtfugen, bald Klüften, bald dringt es sonstwie ein. Das Nachbargestein wird dadurch in eine Art Breccie aufgelöst, deren Komponenten gegenüber der Zwischensubstanz um so mehr zurücktreten, sowohl nach Zahl als auch meist nach Grösse, je mehr man sich dem siderolithischen Nest nähert. Soweit ich solche Breccien aus eigener Anschauung kenne, handelt es sich nicht um wahre Konglomerate¹⁾ oder Dislokationsbreccien. Die Bestandteile besitzen alle möglichen Formen und Grössen und bestehen mit wenig Ausnahmen jeweilen aus demselben Gestein.

Auffallend und schwer begreiflich bleibt es, wie manchmal, und zwar in schiefrigen Kalken in der Regel, siderolithisches Material auf grosse Distanz den Schichtfugen folgen kann. Es handelt sich meist um den weiter unten noch zu schildernden grünlichen Sandstein. Auf diese Weise entstehen epigenetische sandige Einlagerungen in schiefrigem Kalk, die man im einzelnen von normalen, synchronen Einlagerungen nicht unterscheiden kann. Das Hangende und Liegende solcher Sandschichten kann jeweilen gänzlich frei von jeder Beimengung von Sand oder Ton sein.

Zu solchen Gesteinen gehören die Grenzsichten *Träschs*, die von *Gerber* und auch teilweise von *Träsch* zunächst dem Tschingelkalk zugewiesen worden sind. Solche Gesteine sind auch in meinem Untersuchungsgebiet weit verbreitet. Da aber ihr Hauptmerkmal ein sekundär hinzugekommenes ist, braucht ihr Muttergestein nicht überall gleich alt zu sein. Während es in der Blümlisalpgruppe sicher zur Kreide gehört, muss ich es in der Titlis-kette zum Malm rechnen.

Selbstverständlich verhält es sich ebenso mit dem Alter des Kalkes der Breccien.

Zur gleichen Auffassung über die Entstehung der Grenzsichten *Träschs* sind neulich *Buxtorf* und *Truninger*²⁾ gelangt. Von den siderolithischen Breccien ist in dieser Arbeit jedoch nicht speziell die Rede.

Anhangsweise mag hier in Ergänzung der historischen Angaben erwähnt werden, dass *B. Studer* diese siderolithischen Breccien des Berner Oberlandes sehr genau gekannt hat. Er beschreibt sie in seiner «Geologie der westlichen Schweizeralpen» 1834 sehr treffend, und zwar von der Gemmi, vom Oeschinensee (S. 65), aus dem Lauterbrunnental (Tanzboden, S. 66—67). Eine richtige Deutung dieser Gesteine konnte er damals noch nicht geben, ebensowenig wie von dem siderolithischen Sandstein der Diablerets, den er S. 94 und 95 schildert und für nahe verwandt mit dem Chamosit des Eisenooliths im Dogger hält.

Ferner werden siderolithische Breccien und verwandte Gesteine von *Favre* und *Schardt*³⁾ beschrieben. An der Dent-du-Midi handelt es sich nach den Angaben dieser Autoren zum Teil um eigentliche Konglomerate mit gerollten Komponenten aus Urgonkalk, die sowohl im Hangenden wie im Liegenden des Bohnerzes auftreten.

3. Die siderolithischen Gesteine.

Die meisten siderolithischen Gesteine der Alpen zeichnen sich durch starken Sandgehalt aus. Häufig können sie als eigentliche Sandsteine gelten.

Durch Zunahme des eisenschüssig-tonigen Bindemittels, das in den Alpen in der Regel gänzlich verfestigt ist, entstehen eisenreichere, sehr charakteristische Bildungen, die höchstens mit gewissen Eisensandsteinen des untern Dogger Ähnlichkeit besitzen. In manchen Fällen, aber nicht überall, kommt es zur Ausbildung eigentlicher Bohnen (*Pisolithe*), deren Struktur und Zusammensetzung eine verschiedenartige ist.

¹⁾ Konglomerate kommen nach *Favre* und *Schardt* an der Dent-du-Midi vor.

²⁾ *A. Buxtorf* und *E. Truninger*. Loc. cit., p. 146—147.

³⁾ *E. Favre* et *H. Schardt*. Description géologique des Préalpes du canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse et de la chaîne des Dents-du-Midi formant la partie ouest de la feuille XVII. Mat. pour la carte géol. de la Suisse, XXII, 1887, p. 570.

Die im folgenden kurz geschilderten Untersuchungen über die petrographische Beschaffenheit der wichtigsten Siderolithgesteine wurden in der Hauptsache an Material aus der Titliskette vorgenommen.

a) Eisenschüssige Siderolithsandsteine.

Als Füllmasse der grossen Taschen und Nester erscheint, soweit ich sie kenne, ein eisenschüssiger Sandstein von feinem Korn und wechselndem Eisengehalt.

Makroskopisch verrät dieses Gestein wenig oder keine Merkmale eines Sandsteins. In frischem Zustand ist es schwarz, grünlichschwarz, schwarzbraun und wittert rostig bis intensiv rotbraun an. Trübweirrote und gelbliche Varietäten sind ebenfalls vorhanden. Von irgend welcher Schichtung oder Wechsellagerung ist in der Regel nichts zu bemerken. Verändert sich das Gestein in einer und derselben Bohnerztasche, so geschieht dies in unregelmässigen und unscharf umgrenzten Schlieren und Flasern. In frischem Zustande sind diese siderolithischen Eisensandsteine sehr zähe. Ihre Härte ist jedoch meist geringer als die des Stahls, es sei denn, man treffe auf völlig verkieselte Partien.

An einzelnen Bestandteilen kann man zunächst unterscheiden: grössere Quarzkörner von 0,5—1 cm Durchmesser, ferner andere kieselige Körner, deren Natur sich erst unter dem Mikroskop richtig deuten lässt. Die feinen Sandkörner, die sich unter dem Mikroskop als die Hauptmasse des Gesteins erweisen, erscheinen auf der frischen Bruchfläche als winzige glänzende Körnchen.

Schon eine flüchtige Musterung einiger Handstücke lässt die unhomogene Zusammensetzung dieses Gesteins erkennen. Hellere, graue bis grünliche Partien wechseln oft regellos mit dunkeln ab. Wird diese Differenzierung im kleinen ausgesprochen, so nehmen die dunkeln Partien kugelige bis ellipsoidische Gestalt an. Ist das Gestein dann durch Verwitterung gelockert, so kann man diese Kügelchen und Bohnen herausbekommen. Es sind dies nichts anderes als Pisolithe. Ihr Durchmesser kann bis einige Centimeter betragen. Über ihre Struktur siehe unter *b*.

Unter dem Mikroskop enthüllen diese Gesteine eine grosse Mannigfaltigkeit sowohl was die Zusammensetzung als auch die Struktur anbelangt. $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der ganzen Bildfläche wird von feinem Quarzsand eingenommen. Die Körner sind meist eckig, allerdings ohne ganz scharfe Ecken.

Die Querschnitte der einzelnen Körner erreichen im Maximum einen Durchmesser von 0,24 mm bei isometrischen Formen, eine Länge von 0,4 mm bei länglichen Schnitten. Im Mittel bleiben die Durchmesser der Schnitte unter 0,1 mm. Einzelne Körner können ausnahmsweise diese Masse überschreiten. Alle diese Quarzkörner bestehen aus einem homogenen Individuum und sind, abgesehen von kleinsten Einschlüssen, vollständig wasserhell. Höchstens auf Rissen dringt die Bindemittelsubstanz ein, was sich besonders an Stücken mit einer leichten Druckschieferung bemerkbar macht. Ausser Quarz treten als homogene Körner, aber stets selten, noch Zirkon und Rutil (?) auf. Nirgends traf ich Feldspat. Von andern, meist Aggregatzusammensetzung zeigenden Körnern und andern Einschlüssen wird später die Rede sein.

Zunächst soll die eisenschüssige Grundmasse charakterisiert werden. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, zu einem klaren Bild über die mineralogische Natur der Grundmasse zu gelangen. Sie ist das eine Mal durch Limonit, Ton und Kohle vollständig getrübt und undurchsichtig oder dann im durchfallenden Licht dunkel-braun-grün und zeigt unter gekreuzten Nicols nur eine ganz schwache Andeutung von Doppelbrechung. In andern Fällen, wie es scheint häufig, erweist sie sich im Dünnschliff als durchsichtig und von bräunlich-grüner bis bräunlicher Farbe. Unter gekreuzten Nicols lässt sie sich als ein innig verfilztes Aggregat eines fein schuppigen Minerals erkennen. Nach Farbe, Pleochroismus und Doppelbrechung ist diese Masse zu den Chloriten zu rechnen. Manchmal häuft sich diese Grundmassensubstanz zu unregelmässig begrenzten Flasern oder Linsen an. In diesen zeigt sich dann

ab und zu eine konzentrisch schalige Struktur, wie sie den eigentlichen Chloriten fremd ist, wohl aber bei dem im übrigen sich ganz gleich verhaltenden Chamosit die Regel ist. Es kommt manchmal zu kleinen Ansammlungen von oolithischem Bau, die mit den Chamosit-Oolithen des Eisenoolithes (Bathonien-Callovien) und des Eisensandsteins aus dem untern Dogger die grösste Ähnlichkeit zeigen.

Die Bindemittelsubstanz kann sich unter Verminderung der Zahl der Quarzkörner, die in ihr enthalten sind, zu eisenreicheren Anhäufungen zusammenballen, die zu den Pisolithen überführen. Dabei gibt es Stellen, wo der Übergang vom Nebengestein zum Pisolith allmählich ist, und solche, wo er plötzlich erfolgt. An Orten, wo eine Pressung nicht stattgefunden hat, scheint letzteres die Regel zu sein. Manchmal zeigen die Pisolithe, ähnlich wie im Jura, eine glänzende Aussenfläche.

Seltener erscheint die Bindemittelmasse in Form von kleinen Körnern von der Grösse der Quarzsplitterchen. Sie ist dann bald heller, bald dunkler gefärbt als die Umgebung, hie und da auch ganz farblos.

Ausser feinen Verunreinigungen, die, wie schon bemerkt wurde, auf Ton und Limonit zurückzuführen sind, findet sich in dieser Grundmasse auch noch feinfaseriger Chalcedon. Ferner ist sie der Sitz der kohligten Substanz, die sich durch die Analyse nachweisen liess.

Über den Chemismus orientiert die nachfolgende Analyse, die im mineralogisch-petrographischen Institut des Polytechnikums Zürich von Fräulein Dr. L. Hezner gütigst ausgeführt wurde.

Schwarzer, stark eisenschüssiger Siderolithsandstein. Oberhalb «In den Scharmadbändern», Nordhang der Gadmerflühe, Titliskette, in grossen Nestern im obersten Malmkalk.

SiO ₂	57,42
TiO ₂	1,15
Al ₂ O ₃	12,88
Fe ₂ O ₃	22,44 ¹⁾ = 15,71 Fe
CaO	0,63
MgO	0,95
H ₂ O unter 110°	0,17
Glühverlust (darunter zirka 1—2% C)	4,48
Spez. Gew. = 3,02.	100,12

Der hohe Gehalt an SiO₂ stammt von dem Quarzsand, der nach dem Schliffe beurteilt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Volumens einnimmt.

Vergleicht man damit die Analysen siderolithischer Gesteine aus dem Juragebirge, so fällt es nicht schwer, Analoga zu finden. Das eigentliche Bohnerz zeigt einen viel höheren Eisengehalt. Dagegen liefern gewisse Bolusvarietäten ähnliche Resultate.

Durch Schmidt²⁾ sind z. B. folgende Analysen publiziert worden:

	I	II	III	IV	V
SiO ₂	14,79	61,07	59,98	48,46	84,67
Al ₂ O ₃	14,65	30,43	27,86	34,46	11,63
Fe ₂ O ₃	60,33		3,60	3,44	
CaO	0,23	0,38	0,78	0,67	0,73
MgO	—	—	0,27	—	0,11
P ₂ O ₄	0,14	—	—	—	—
Glühverlust	9,48	8,45	8,56	13,91	2,92
	99,67	100,33	101,05	100,94	100,06

¹⁾ Wegen des Kohlegehaltes musste sämtliches Fe als Fe₂O₃ bestimmt werden.

²⁾ K. Schmidt. Rohprodukte und deren erste Verarbeitung. Exposition Nationale, Genève 1896.

- I Bohnerz von Choindez bei Delsberg.
- II—IV Ton von Moutier (Petit Champoz).
- V Huppererde von Moutier (Petit Champoz).
- Fe 40—42 % im Bohnerz.
- Fe 6— 8 % in Gelberde.

Eine grosse Zahl von Analysen enthält die oben zitierte soeben erschienene Arbeit von *E. Fleury*.

Die hier beschriebenen Gesteine, vor allem das analysierte, sind somit als feinkörnige Sandsteine zu bezeichnen mit reichlichem bis dominierendem Bindemittel, das ursprünglich limonitisch-tonig war und nachträglich oft ganz oder teilweise in unreines Aluminium-Eisen-silikat der Chloritgruppe, vielleicht zum grössten Teil in Chamosit oder Thuringit übergang.

b) Einschlüsse, Organismen.

Die alpine Siderolithformation hat an Fossilien sehr wenig geliefert. An Säugetieren wurde bloss bei Les Echelles bei Chambéry das bekannte *Lophiodon Larteti* aufgefunden.

Die eisenschüssigen, wie auch die gewöhnlichen siderolithischen Sandsteine, die ich untersucht habe, enthalten fast stets mikroskopisch erkennbare Echinodermensplitter. Die typische Struktur ist häufig gut erhalten; manchmal ist sie teilweise oder aber auch ganz verschwunden. In allen Fällen waren diese Echinodermentrümmer verkieselt und nur in den kleinen Poren dieser Gitter ist ab und zu noch Calcit vorhanden. Häufig zeigen sie mehr oder weniger rechtwinklige Schnitte. Ihre randlichen Partien sind meist stark korrodiert. In die Poren und Löcher dringt die Bindemittelsubstanz ein. Im gewöhnlichen Lichte zeigen diese Splitter ausser einer stets vorhandenen Trübung keinerlei Struktureigentümlichkeiten. Unter gekreuzten Nicols lösen sie sich in ein bald unregelmässiges Mosaik, bald büschelförmiges Aggregat von Quarz oder Chalcedon auf. In einigen Fällen konnte Quarzin nachgewiesen werden.

Herr Prof. *Lugeon* hatte die Freundlichkeit, mir einen verkieselten Belemniten in Siderolithsandstein zu zeigen, den er im Gemmigebiet an der Roten Kuppe gefunden hat.

Es ist wohl beinahe überflüssig, daran zu erinnern, dass auch in den Bohnerz- und Bolustaschen des Jura an vielen Stellen verkieselte Fossilien gefunden werden können. Sie sind, wie auch in den Alpen, als klastische Beimengungen aufzufassen, als Auslaugungs- oder sonstige Verwitterungsrückstände aus nunmehr verschwundenen Schichten.

An diese Einschlüsse mit erkennbarer organischer Struktur schliessen sich noch solche ohne Struktur, die bald von ähnlicher Aggregatzusammensetzung sind, wie die geschilderten Echinodermensplitter, bald ohne solche. Glauconitkörner konnte ich in den Siderolithgesteinen der Titliskette nirgends nachweisen.

Kleinere oder grössere Einschlüsse von Karbonatgesteinen sind nicht selten. Meistens sind sie rötlich gefärbt.

Neben blosser Färbung konnte ich auch einmal eine intensive Verkieselung eines ganzen Gesteinsstückes konstatieren. Ein Gestein¹⁾, das äusserlich als ein roter quarzitischer Sandstein angesehen wurde, entpuppte sich im Dünnschliff als ein grob oolithisches, wohl corallogenes Gestein mit Foraminiferen (Milioliden, Textulariden). Die Oolithe oder Körner besitzen einen trüben Rand und ein mehr und mehr heller werdendes Inneres. Das Zement ist hell. Die Trübung ist nicht kontinuierlich dicht und gleichmässig, sondern stets feintupfig. Die einzelnen Fleckchen sind durch hellere Zwischenräume getrennt. Von Karbonaten enthält die betreffende Probe nicht eine Spur. Alle hellen Partien, so auch die Kammern der Foraminiferen, werden von reinem Quarz eingenommen, die verunreinigten bestehen

¹⁾ Aus den Scharmadbändern, Titliskette.

ebenfalls aus Quarz mit dieser flockigen Imprägnation von braunem Limonit. Die flockige Struktur scheint daher zu rühren, dass die einzelnen Quarzkörner nur im Innern intensiv getrübt sind, am Rand aber rein sind. Ob diese Trübung, die mit der alten Zeichnung des Gesteins übereinstimmt, wirklich ein Rest von eisenschüssigem Ton aus dem ehemaligen Karbonatgestein darstellt, oder nicht etwa ganz oder zum Teil spätern Imprägnationen zuzuschreiben ist, vermag ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls war dieses Gestein ursprünglich ein Kalk, ähnlich dem Tithon oder Öhrlikalk.

Grössere Knollen von rotem Eisenkiesel, wie sie in den ausseralpinen Bohnerztaschen vorkommen, kenne ich aus den Alpen nicht, wenigstens keine wahren Kieselkonkretionen. Am Schlossbergfuss lag in den Bohnerztaschen ein feuerroter Einschluss von eckiger Form mit einem Durchmesser von zirka 5 cm. Unter dem Mikroskop liess er sich als schwach poröser Eisenkiesel erkennen mit kleinen Drusenräumen, in denen sich kleine Eisenkieselskristalle ausgebildet hatten, die vollständig undurchsichtig sind und häufig regelmässig-sechseckige Schnitte zeigen. Den übrigen Raum füllt jeweilen ein klares Quarzaggregat aus. Auch in Äderchen und Poren ist meist Quarz ausgeschieden. Nach der Form und der Struktur dieses Einschlusses ist kaum an eine rein konkretionäre Entstehung zu denken. Vielmehr erscheint er als fremder Einschluss, etwa als vollständig verhärteter und verkieselter Ton oder völlig umgewandelter Kalk.

Schliesslich sind noch Einschlüsse von rotgefärbtem grobem Quarzsandstein zu erwähnen, die ich von Arni (Gental) und vom Schlossbergfuss kenne. Im ersten Moment glaubte ich, sowie auch Dr. *Arn. Heim*, ein kristallines Gestein vor mir zu haben¹⁾. Es scheint auch nicht ganz ausgeschlossen zu sein, dass es sich bloss um sekretionäre Ausfüllungen von Klüften und andern Hohlräumen, z. B. an Stelle von ausgelaugten Kalkfragmenten, handelt.

c) Pisolithe.

Pisolithe von brauner, schwarzgrüner und grüner Färbung trifft man sowohl im eisenschüssigen als auch im gewöhnlichen Siderolithsandstein (siehe unter *d*). Manchmal sind sie dicht gedrängt, manchmal bloss spärlich. Eine gesetzmässige Verteilung existiert nicht. Die Grösse der Pisolithe schwankt zwischen mikroskopischer Kleinheit und der Grösse eines Hühnereies. Die grössten zeigen häufig unregelmässige Formen. Die mittleren (0,5—1,5 cm im Durchmesser) sind, wenn sie nicht durch Pressung deformiert worden sind, nahezu kugelig.

Schon *De la Harpe*²⁾ hat verschiedene Arten von Pisolithen unterschieden. Ich konnte diese Unterscheidungen auch an den Bohnerzen der Titliskette machen.

Es handelt sich in den extremen Fällen entweder um Pisolithe mit vollständiger konzentrisch-schaliger Struktur oder um dichte, strukturlose. Zwischenglieder, nämlich Pisolithe mit einem dichten, strukturlosen Kern und einer konzentrisch-schaligen Umrundung, sind am zahlreichsten vertreten.

Die alpinen Pisolithe bestehen in der Regel aus der chamositischen Bindemittelsubstanz unter Zusatz von mehr oder weniger Limonit. Infolge Pressung können sie, wie z. B. an der Dent-du-Midi, in Magnetit umgewandelt sein. Mechanische Deformationen sind fast stets zu beobachten.

Die dichten, nicht konzentrischen Pisolithe zeichnen sich gegenüber der Bindemittelsubstanz nur durch ihren geringeren Gehalt an Quarzsand aus. Im übrigen verhalten sie sich, besonders unter gekreuzten Nicols, gleich wie jene. Sie zeigen keinerlei Orientierung der Kriställchen innerhalb des verfilzten Aggregats.

¹⁾ *Arn. Heim*. Loc. cit. 1909, p. 20. Es gelang mir nicht, Feldspat oder Glimmer neben Quarz nachzuweisen.

²⁾ *De la Harpe*. Loc. cit. 1854, p. 233.

Besitzen solche innen dichte Pisolithe noch eine konzentrisch gebaute Umrindung, so findet zwischen dieser und der Kernmasse ein allmählicher Übergang statt. Die einzelnen Lagen der Umrindung sind unregelmässig begrenzt und werden voneinander durch dünne kohlig-schwarze, wellige Nähte getrennt, die ab und zu auskeilen und einander ablösen. Eine radialfaserige Aggregatstruktur ist nicht immer zu konstatieren.

Schliesslich gelangt man zu Formen, die vollständig schalig aufgebaut sind. In der Titliskette sind diese selten zu finden und von denen der zweiten Gruppe schwer zu unterscheiden. Alle von mir mikroskopisch untersuchten Pisolithe, auch diese vollständig konzentrisch gebauten, enthalten Quarzsand, der bald am Rande, bald im Zentrum mehr gehäuft ist. Diese letzte Form wird in der Regel als eigentliche Pisolithe (oder Makro-Oolithe) bezeichnet. Es existiert aber keine scharfe Grenze gegenüber den zuerst geschilderten homogenen Formen.

Die Bohnerze des Jura zeigen ganz ähnliche Varietäten¹⁾.

Dichte Pisolithe von grünlicher Farbe und Haselnussgrösse, die mit denen der Titliskette grosse Ähnlichkeit besitzen, findet man z. B. westlich von Baden Oberstadt im grossen Steinbruch an der Bahnlinie gegen Mellingen. Sie liegen in einem ebenfalls dunkelgrünen Bolus, der reich ist an Einschlüssen, besonders verkieselten Fossilien, und in Schloten in den Kalken der Badenerschichten auftritt.

d) Grünliche Siderolithsandsteine.

Neben den unter a) geschilderten eisenschüssigen, sehr auffälligen Siderolithgesteinen finden sich in oft identischer Lagerungsweise sehr verbreitet grünliche, feinkörnige Quarzsandsteine. Die Farbe gleicht der eines Spilits. Die einzelnen Körner besitzen einen Durchmesser von 0,06 cm bis 0,12 (0,15) cm und sind eckig bis schwach gerundet. Grössere Körner sind selten. Nicht selten enthalten diese Sandsteine dunkelgrüne Schmitzen. Auch rötlich gefleckte und geflammte Varietäten erscheinen ab und zu.

Das Bindemittel ist durch seine hellgrünliche Farbe von dem des eisenschüssigen Sandsteines unterschieden. Die durch Limonit und Ton hervorgerufene Trübung fehlt hier öfters gänzlich. Die grünliche Farbe rührt von dem gleichen chamosit-ähnlichen Mineral her. Nicht selten trifft man auch farbloses überwiegend kieseliges Bindemittel an. Im Schlicke nimmt die Bindemittelsubstanz $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Bildfläche ein.

An Stellen, wo der Sandstein in kalkiges Nebengestein eingreift, tritt häufig ein aus Quarz und Calcit gemengtes Bindemittel auf. Schliesslich stösst man auf Varietäten dieses grünlichen Sandsteines mit nahezu rein kalkiger Zwischenmasse.

An Einschlüssen sind zunächst Pisolithe von grüner bis schwarzgrüner Farbe zu nennen. Daneben sind verkieselte Echinodermensplitter nicht selten. Nirgends traf ich ein kalkiges Fossil.

Die grünen Siderolithsandsteine kommen häufig in Verbindung mit den eisenschüssigen vor und beteiligen sich an der Ausfüllung von Taschen. Übergänge von der einen in die andere Gesteinsform sind häufig. Man findet sie ferner häufig in Adern und Flasern im Nebengestein. Sie werden schliesslich zur Zwischenmasse einer Breccie, wie sie oben Seite 7 geschildert worden ist.

Nicht selten bildet der grünliche Siderolithsandstein eine regelmässige Bank von 0,5 m bis zirka 2 m Mächtigkeit direkt im Hangenden des normalen, hellgrauen Tithonkalks.

¹⁾ Vgl.: *E. Baumberger*. Die Eisenerze im Schweizer Jura. Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft. Bern 1907, p. 62.

L. Rollier. Die Bohnerzformation oder das Bohnerz und seine Entstehungsweise. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, L, p. 151, 1905.

E. Fleury. Loc. cit. 1909.

Überlagert wird jener häufig von den nummulitenführenden grauen Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel, ohne Zwischenlagerung von brackischen Cerithienschichten (z. B. im Gental).

Diese Sandsteine entsprechen wohl teilweise tonigen Huppersanden des Juragebirges. Wo sie bankförmig auftreten, sind sie wahrscheinlich umgelagert. Da Fossilien in diesem Gestein nicht gefunden wurden, lässt es sich nicht bestimmt sagen, in welchem Medium die Ablagerung stattgefunden hat. Als abgeleitetes siderolithisches Sediment kann dieser Sandstein zum Teil auch jünger sein als die oben geschilderten eisenreichen Varietäten. Die Pisolithe brauchen selbstverständlich nicht unbedingt an primärer Lagerstätte zu sein¹⁾.

e) Tongesteine.

Schliesslich müssen noch überwiegend tonige Gesteine der siderolithischen Formation erwähnt werden. Rostrote und gelbliche Tonschiefer mit wechselndem, meist geringem Sandgehalt kenne ich vom Wendenstock. Sie sind in einer bis 1,5 m mächtigen bald auskeilenden Schicht entwickelt. Auch in westlichen Schweizeralpen kommen solche Gesteine ab und zu vor.

Ausserdem erscheinen rote, rotviolette und grünliche Tongesteine mit meist geringem Sandgehalt häufig als Bindemittel von siderolithischen Breccien.

f) Kontaktverhältnisse der siderolithischen Gesteine gegenüber den Nebengesteinen.

Ähnlich wie im Juragebirge sind die Kontakterscheinungen sehr mannigfaltig und in hohem Grade von der Natur des Nebengesteins abhängig.

Das Aussehen und die Entstehung von Breccien aus Nebengestein mit siderolithischem Bindemittel wurde oben Seite 7 geschildert. Die Grundmasse kann aus allen Varietäten der siderolithischen Gesteine bestehen: aus eisenschüssigem Siderolithsandstein (verhärtetem, sandigem Bolus) mit oder ohne Pisolithe, aus grünlichem Sandstein und aus rotem und grünlichem, sandigem Ton.

Mit dieser Durchdringung des Nebengesteins mit siderolithischen Materialien gehen, ähnlich wie im Juragebirge, vielerlei chemische Einwirkungen parallel. Besonders in den Breccien zeigen die Kalkstücke mannigfaltige, rote, rosa, grüne Färbungen, und zwar natürlich besonders dann, wenn die siderolithischen Massen stark eisenschüssig und tonig sind. Ist die Zwischenmasse ein grünlicher Sandstein, so bleibt die Färbung des Kalkes schwach.

Nicht selten ist in der Umgebung eines rot gefärbten Kalkstücks einer Breccie der im übrigen rote, sandige Ton durch Reduktion grünlich geworden.

Entkalkung des Nebengesteins kommt ebenfalls vor. Die Erscheinungen sind dieselben wie bei den Einschlüssen im siderolithischen Material.

g) Entstehungsweise der siderolithischen Gesteine und deren Verhältnis zu den Cerithienschichten.

Es ist hier nicht der Ort, die Theorien und Ansichten über die Entstehungsweise des Bohnerzes und seiner Begleitgesteine zu rekapitulieren. Fasst man das Ganze als eine Terra rossa-Bildung mit verschiedenen Derivaten auf, so lassen sich die alpinen Verhältnisse vollkommen erklären.

¹⁾ *Träsch* gibt loc. cit., p. 139, ein Bohnerz mit reicher Schneckenfauna an. Sollte es sich hier um die Cerithienfauna handeln, so hätte man offenbar ein aufgearbeitetes Bohnerz vor sich, und zwar hätte die Aufarbeitung zur Zeit der Ablagerung der Cerithienschichten, die wohl überall gleich alt sind, stattgefunden. Herr Dr. *Träsch* hatte die Freundlichkeit, mir mitzuteilen, dass die Schneckenfauna nur in der obersten Partie des Bohnerzes am Fisistock anzutreffen sei. Die Zahl der Bohnerze sei in den Partien, die Schnecken enthalten, geringer als in dem tieferen, wo die Schnecken fehlen. Eine genauere Untersuchung dieser merkwürdigen Schneckenfauna liegt bis jetzt nicht vor.

Nur zwei Fragen seien hier herausgegriffen:

1. Woher stammt das siderolithische Material?

Es kann stets vom Untergrunde abgeleitet werden. Die Überreste der in der langen Festlandszeit zu Beginn des Tertiärs aufgearbeiteten, verwitterten und abgetragenen Schichten lieferten das Material. Die siderolithischen Sande Savoyens, die auf Schrätkalk liegen, sind Überreste der kieselreichen Senonschichten. Die siderolithischen Sandsteine der innern Schweiz können ihr Material aus Hauterivien, Aptien und Albien bezogen haben. Die eisen-schüssigen Tone und Sandsteine, die eisenreichsten Siderolithgesteine der Alpen mögen sich teilweise aus dem glauconitreichen obern Aptien und dem Albien rekrutiert haben¹⁾.

2. Fanden marine Umlagerungen statt?

Für manche Gesteine, besonders für die grünlichen Siderolithsandsteine (S. 12), ist eine marine Umlagerung des vorher allgemein subaer gebildeten Verwitterungsmaterials durchaus nicht ausgeschlossen. Das Studium der von *Træsch*²⁾ entdeckten Schneckenfauna im Bohnerz des Fisistockes (Blümlisalpgebiet) dürfte darüber Aufschluss geben (vgl. Anmerkung S. 13).

Die brackischen Cerithienschichten sind nirgends in Wechsellagerung mit siderolithischen Bildungen gefunden worden. Sie sind an vielen Orten von marinen Schichten unterlagert, z. B. am Rosenlaugletscher³⁾, ferner im Gemmigebiet, wo nach *Lugeon*⁴⁾ zwischen dem Bohnerz und der Cerithienschicht eine Schwammbank auftritt. An beiden Orten liegen diese ersten marinen Eocänschichten direkt über dem Bohnerz, respektive dem grünlichen Siderolithsandstein⁵⁾.

Im Gebiet zwischen Meiringen und Engelberg, das mir genauer bekannt ist, liegen die Cerithienschichten oder deren Äquivalent bald direkt auf siderolithischem Gestein, bald schiebt sich noch ein Kalk oder ein fossilfreier Sandstein von geringer Mächtigkeit dazwischen. Ob eine marine Transgression vor Ablagerung der Cerithienschichten stattfand, lässt sich somit hier nicht sagen.

Die grosse Haupttransgression des Nummulitenmeeres setzte über den Cerithienschichten ein und hinterliess über diesen brackischen, Süsswasser- und Kohlebildungen Korallenbänke und prachtvolle Basalkonglomerate mit angebohrten Geröllen (Telli, Titliskette)⁶⁾.

Über das absolute Alter der geschilderten siderolithischen Bildungen lässt sich somit auch auf Grund dieser neuen Funde nichts sagen. In der Hauptsache stammen sie aus dem älteren Eocän. Diese Bildung hat aber vielleicht schon in der obern Kreide begonnen, und an Orten, wo keine Cerithienschichten zu finden sind, mag sie bis zu diesem Zeitabschnitte angedauert haben.

4. Der Grindelwalder Marmor.

Der Grindelwalder Marmor ist eine durch die verschiedensten Färbungen von gelblich, rot, grün und grau ausgezeichnete, meist bunte Marmorbreccie mit einem roten, grünen

¹⁾ Gleiche Anschauungen hat *Arn. Heim* jüngst in seinem zitierten Werke p. 143 ausgesprochen.

²⁾ *Loc. cit.* 1908, p. 139.

³⁾ *Mæsch. Loc. cit., Beiträge XXIV, 3, p. 191—192.*

⁴⁾ *Lugeon. Loc. cit., p. 428.*

⁵⁾ *Mæsch. Loc. cit., p. 192 h.*

⁶⁾ Darauf folgen die bekannten Nummulitensandsteine des Wendenstocks und der Gadmerflühe, die auch in dem Profil am Schlossbergfuss über dem Äquivalent der Cerithienschicht vertreten sind und mit einem Orthophragminenkalk abschliessen. Dieser Sandstein ist nun neuerdings wieder in den Vordergrund des Interesses gerückt worden, da er nach einem Funde von *J. Boussac* die *Nummulina Fabiani Prever* enthält und trotzdem nach der neuen Parallelisierung von *Arn. Heim* ins *Lutétien* zu stellen wäre. Die Fundstelle liegt am Südufer des Engstlensees. Eine Herkunft aus andern, etwa höheren Nummulitenschichten als dem genannten Sandstein (= Bürgenschichten nach *Arn. Heim*) ist an dieser Lokalität ausgeschlossen (vgl. *J. Boussac. Bull. Soc. géol. de France* 1906, p. 88; *Arn. Heim. Die Nummuliten- und Fyischbildungen. Loc. cit., p. 19 und 22).*

bis schwarzgrünen Zement. Schon *Studer*¹⁾ und *Arn. Escher*²⁾ kannten solche Gesteine und wussten, dass sie den Hochgebirgskalk gegen das Hangende abschliessen und vom Nummuliten-sandstein überlagert werden. Ihre Ansichten über die Entstehung dieser Gesteine sind nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Damals schon und auch bis in neuere Zeit kamen und kommen vielfach Verwechslungen mit buntfleckigem Schiltkalk und normalen Kreide- und Eocänschichten vor.

Eine genaue Beschreibung des Grindelwalder Marmors und seiner Lagerungsverhältnisse wurde u. a. von *Fellenberg*³⁾ und *Baltzer*⁴⁾ gegeben.

Die Kalkfragmente, die diese Marmorbreccie zusammensetzen, bestehen an ein und derselben Stelle aus dem gleichen Gestein, einem primär hellgrauen, dichten Tithonkalk. Manchmal haben einzelne Kalkbrocken im Innern die graue Farbe noch beibehalten, während sie randlich hell oder bunt gefärbt erscheinen. Schliesslich gibt es auch noch völlig graue Breccien. In der Nähe des Marmorvorkommens am unteren Grindelwaldgletscher fand *Mäesch*⁵⁾ Korallen, *Diceras* u. a., Fossilien, die man im autochthonen Tithon nicht selten findet.

Die Marmorisierung ist im allgemeinen nicht sehr intensiv. Keinesfalls ist sie innerhalb der Marmorbreccie stärker als im anschliessenden Tithonkalk. Stellenweise ist sie sogar entschieden schwächer⁶⁾. Auf den meisten grösseren Marmorplatten kann man erkennen, dass die Marmorisierung der verschiedenen Kalkfragmente nicht gleich weit vorgeschritten ist. Manche Brocken sind, wie schon *Baltzer* konstatiert hat, noch ganz «hochgebirgskalkartig»⁷⁾.

Das Bindemittel ist tonig bis sandig, von verschiedener Farbe und in verschiedener Menge vorhanden. Es enthält häufig chloritische Substanzen. Eine gänzlich abweichende, graue Varietät besitzt ein Zement aus bräunlichem Calcit⁸⁾. Die Bindemittelmasse kommt auch selbständig vor⁹⁾.

Identische Gesteine, was die Struktur anbelangt, konstatierte *Baltzer* (zum Teil auch *Mäesch*) am Nordfuss des Eigers gegen die Kleine Scheidegg, bei Seitenwängen an der Grossen Scheidegg und an der Burgalp westlich Innertkirchen.

Schon diese weite Verbreitung derartiger Gesteine deutet darauf hin, dass diese Breccienmarmore im allgemeinen keine Dislokationsbreccien sind. Der Grindelwalder Marmor selbst zeigt allerdings Spuren intensiver sekundärer Pressung, z. B. lang gepresste Kalkfragmente, deutlich zerbrochene Kalkfragmente, Schieferung im Bindemittel. Doch solche Erscheinungen, wie auch die völlige Marmorisierung und vollständige Buntfärbung sind durchaus lokaler Natur.

Alle massgebenden Merkmale, sowohl was die petrographische Beschaffenheit, als auch was die Lagerungsverhältnisse anbelangt, stimmen ganz mit den oben geschilderten siderolithischen Breccien überein, jenen Lockerungsbreccien mit infiltrierter siderolithischer Masse, die langsam vom gesunden Kalkfels zum dominierenden Siderolithgestein überführen. Der Kalk, aus dem diese Marmorbreccien bestehen, kann an verschiedenen Stellen verschiedenen

¹⁾ *B. Studer*. Geologie der westlichen Schweizeralpen, 1834, p. 65.

²⁾ *Arn. Escher v. d. Linth*. Erläuterung der Ansichten einiger Kontaktverhältnisse zwischen kristallinen Feldspathgesteinen und Kalk im Berner Oberlande. Neue Denkschriften, III, p. 5—6, 1834.

³⁾ *E. von Fellenberg*. Notizen über den alten Marmorbruch in Grindelwald. Mitt. d. nat. Ges. Bern v. 1868 (1869), p. 134. Ferner (für Historisches) Jahrb. S. A. C., 1866.

⁴⁾ *A. Baltzer*. Über die Marmorvorkommnisse am Nordrand der Zentralmasse des Finsteraarhorns. Vierteljahrsschrift d. nat. Ges. Zürich, 1878, p. 108; Zeitschr. d. Deutschen geol. Ges., 1878, p. 211.

A. Baltzer. Der mechanische Kontakt von Gneis und Kalk im Berner Oberland. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, XX, p. 51 ff., 1880. Ferner: Mitt. d. nat. Ges. Bern, 1901, p. 67, u. 1903, p. 69.

⁵⁾ *C. Mäesch*. Verh. d. Schweiz. nat. Ges. Basel, 1876 (1877), p. 63, ferner loc. cit., Beiträge XXIV, 3, p. 197.

⁶⁾ *A. Baltzer*. Loc. cit., Beiträge XX, p. 54.

⁷⁾ *Baltzer*. Loc. cit., Beiträge XX, p. 56.

⁸⁾ Stücke im geologischen Institut Bern, vgl. *Baltzer*, loc. cit., p. 54: «Auf der andern Seite des Gletscherbaches . . .». Die p. 56 erwähnte Breccie vom Südfuss des Titlis (Wenden) besteht aus hellgrauem Triaskalk und scheint eine Klufubreccie zu sein.

⁹⁾ *Baltzer*. Loc. cit., p. 54 (unter dem Schwarzwaldgletscher).

Alters sein, das Bindemittel ist aber trotz seiner zahlreichen Varietäten stets gleichen Ursprungs, und die primäre Struktur und die Lagerungsweise sind stets dieselben. Im Bindemittel ist allerorts die gleiche Verfestigung und Umwandlung vor sich gegangen (Ausbildung von chloritisch-chamositischen Mineralien), auch an Stellen, wo, wie z. B. in der Titliskette, die Kalkfragmente häufig gar nicht marmorisiert sind. Die Buntfärbung des Kalkes ist nicht unbedingt an die Marmorisierung gebunden, doch hat sie im Grindelwalder Marmor entschieden den höchsten Grad erreicht.

Es ist nicht leicht, diesen Gesteinen einen einheitlichen Namen zu geben. Wenn man bloss das Gestein ins Auge fasst, kann man in vielen Fällen geradesogut von Tithon-, Urgon- und andern Breccien mit siderolithischem Bindemittel sprechen, als von siderolithischen Breccien mit diesen oder jenen Komponenten. Will man aber auch noch die Bildungszeit zum Ausdruck bringen, so scheint mir die zweite Bezeichnung «Siderolithische Breccie» den Vorzug zu verdienen.

Der Grindelwalder Marmor ist demnach als marmorisierte siderolithische Breccie zu bezeichnen.

Resultate.

1. Die Bohnerzformation lässt sich am Nordrand des Aarmassivs ostwärts ohne Unterbruch bis ins Tal von Engelberg verfolgen.

2. Die Bohnerzformation ist in der helvetischen Region der zentralen und westlichen Schweizeralpen auf deren ursprünglich nördlichstes Gebiet beschränkt (Autochthones und tiefste Decken) und ist als das wieder auftauchende Äquivalent der Bohnerzformation des Juragebirges zu betrachten.

3. Die Gesteine der alpinen Bohnerzformation zerfallen in

a) Eisenschüssige Siderolithsandsteine = verfestigter, sandiger, eisenreicher Bolus.

b) Gewöhnliche Siderolithsandsteine, ähnlich Hupper und dessen Umlagerungsprodukte.

c) Tongesteine, ohne wesentlichen Sandgehalt.

Pisolithe (= eigentliches Bohnerz) sind accessorisch. In der Titliskette enthalten sie meistens Quarzsand und sind nur ausnahmsweise vollständig konzentrisch gebaut.

Im Bindemittel der Sandsteine und in den Pisolithen erscheint als wesentlicher Bestandteil neben Limonit ein chloritisches Mineral, das Verwandtschaft mit Chamosit erkennen lässt.

An Fossilien finden sich häufig verkieselte Echinodermensplitter als Rückstand aus den Gesteinen der Unterlage.

Ursprünglich kalkige Einschlüsse sind häufig verkieselt.

4. Die Auflagerung (auf Kreide im Westen, auf Jura im Osten) zeigt Analogie mit der Lagerungsform des Bohnerzes im Jura (Linsen, Taschen, Schlote).

5. Das Nebengestein ist häufig in eine Breccie aufgelöst, die eingedrungenes siderolithisches Material als Bindemittel enthält und langsam zum festen Fels überführt (= Siderolithische Breccien). Eigentliche Konglomerate sind ebenfalls nachgewiesen. Die Bildung dieser Breccie fällt zeitlich mit der des Bohnerzes zusammen.

6. Die siderolithischen Breccien sind am Nordrand des Aarmassivs allgemein verbreitet. Sie enthalten meistens nur eine Gesteinsart. Ihre Mächtigkeit kann lokal 50 m erreichen.

7. Der Grindelwalder Marmor ist eine siderolithische Breccie, die nachträglich mechanisch modifiziert und unter Buntfärbung der Komponenten marmorisiert wurde. Die Marmorisierung ist in den einzelnen Komponenten ungleich weit vorgeschritten.