

# Geognostische Jahreshefte.

Fünfzehnter Jahrgang.

1902.



Herausgegeben

im Auftrage des Königl. Bayerischen Staatsministeriums des Innern

von

der geognostischen Abtheilung des Kgl. Bayer. Oberbergamtes  
in München.

~~XXVIII~~  
~~596~~

~~M. d. J. 1902~~



München.

Verlag von Piloty & Loehle.

1903.

Bayer. Geolog. Landesamt	
Bücherei	
Inv. No.	31.38
	86/1
	Jahr

B. Staatsministerium  
für Wirtschaft  
Bücherei

847)

Bücherei  
Staatsministerium  
für Wirtschaft



## Uebersicht des Inhaltes.

	Seite
Dr. <b>F. W. Pfaff</b> , Ueber Schwereänderungen und Bodenbewegungen in München . . . . .	1—9
(Mit 1 Textfigur.)	
Dr. <b>Ernst Kohler</b> , Die Amberger Erzlagerstätten . . . . .	11—56
(Mit 10 Textfiguren.)	
Inhalts-Verzeichnis S. 56.	
Dr. <b>Ernst Freiherr Stromer v. Reichenbach</b> , Ein Aceratherium-Schädel aus dem Dinotherien-Sand von Niederbayern . . . . .	57—64
(Mit Tafel I.)	
Tafel-Erklärung S. 31.	
Dr. <b>Ernst Düll</b> , Ueber die Eklogite des Münchberger Gneissgebietes. Ein Beitrag zur Kenntnis ihrer genetischen Verhältnisse . . . . .	65—156
(Mit 28 Textfiguren.)	
Inhalts-Verzeichnis S. 156.	
Dr. <b>Otto M. Reis</b> , Ueber Styolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthrakolith zum Theil) . . . . .	157—279
(Mit Tafel II—V.)	
Inhalts-Verzeichnis S. 274—276, Tafel-Erklärung S. 277—279.	
Dr. <b>Ludwig v. Ammon</b> , Neuere Aufschlüsse im pfälzischen Steinkohlengebirge . . . . .	281—285
(Mit 2 Textfiguren.)	

# Ueber Schwereänderungen und Bodenbewegungen in München.

Von

Dr. F. W. Pfaff.

Im Jahre 1899 habe ich in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft eine weitere Arbeit über die Veränderung der Schwerkraft durch Sonne und Mond veröffentlicht. Durch unlieb stehende gebliebene Fehler wurden die Grössen dieser Veränderungen etwas unsicher, so dass ich mich veranlasst sah, durch weitere Messungsreihen diese schärfer zu bestimmen und zugleich auch anderweitige Aenderungen, die ich bei den früheren Messungen nur vermuthen konnte, sicher nachzuweisen. Obwohl der zu diesen Messungen bestimmte Apparat so construirt worden war, dass Erschütterungen auf seine richtige Einstellung keinen Einfluss haben sollten, so zeigte sich doch, dass Erschütterungen, wie sie von schweren Lastwagen oder Trambahnwagen hervorgerufen werden, die richtige Einstellung so beeinflussen können, dass bei den zu messenden geringen Grössen die jeweilige Messung ziemlich an Genauigkeit einbüßen kann. Und die Dachauerstrasse, der frühere Aufstellungspunkt, ist keine ruhige Strasse. Neben den Sonne-Mondeinwirkungen auf die Schwerkraft war mir hauptsächlich auch daran gelegen, die von v. STERNECK zuerst beobachteten ungefähr vierteljährlichen Schwankungen genauer zu bestimmen, da mir diese erhöhte geologische Bedeutung zu haben scheinen.

Es ist hier nun weniger der Ort durch lange Zahlenreihen und Rechnungen die gefundenen Grössen zu beweisen, die ich bei anderer Gelegenheit an anderem Orte bringen möchte; ich werde hier hauptsächlich auf die geologischen Schlüsse, die aus diesen Messungen sich ergeben, eingehen. Bemerken möchte ich nur, dass der Unterschied der Erdanziehung bei Neumond zwischen Mittag und Mitternacht der Grösse im Mittel von  $12 \omega$  oder annähernd 12 Einheiten in der 7. Dezimale der Grösse der Beschleunigung gefunden wurde.<sup>1)</sup>

Um weiter die Einwirkung von Sonne und Mond, die Ebbe und Fluth erzeugende Kraft durch Beobachtung messen zu können, construirt ich einen anderen Apparat, der, auf vollständig verschiedenen Prinzipien beruhend, von Temperatur-, Barometerschwankungen und Erzitterungen des Bodens, wie sie von

<sup>1)</sup> Vgl. PFAFF, Ueber Aenderungen der Schwerkraft in Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellschaft. 1899. S. 143.



schweren Lastwagen hervorgebracht werden, unbeeinflussbar ist. Zu gleicher Zeit sollte dieser Apparat ganz geringe Neigungen des Erdbodens, wie sie nur durch den Horizontalpendel gemessen werden können, anzeigen, dabei aber in seiner Behandlung weitaus einfacher und billiger sein, so dass derartige Apparate gegebenen Falls an mehreren Stellen aufgestellt werden und ferner von jeder einigermaßen an das Ablesen von Messinstrumenten gewöhnten Person bedient werden könnten. Massgebend war mir daneben, dass der Horizontalpendel in seiner jetzigen Gestalt ein zu kostspieliges, zu schwierig zu behandelndes Instrument ist, das zu vielen Einflüssen unterliegt, und auf das besonders die Temperatur zu stark einwirkt, wie dies die Beobachtungen in Strassburg<sup>1)</sup> nur zu deutlich erkennen lassen, so dass diese feinen Bewegungen fast vollkommen verdeckt werden können. Wenn nun auch der neue Apparat die Einwirkung von Sonne und Mond kaum beobachten lässt, so hat er sich jedoch zur Bestimmung ganz geringer Neigungsänderungen als äusserst brauchbar erwiesen und mir ein Mittel an die Hand gegeben, Schwereänderungen, die nicht von Sonne und Mond direkt bedingt sind, die ich bei früheren Messungen vermuthet habe und mir vollkommen räthselhaft waren, jetzt aber durch längere Messungsreihen sicher bestimmen konnte, erklären zu können.

Der Apparat besteht aus zwei rechteckigen Becken von je 1 qm Oberfläche und 10 cm Tiefe. Diese beiden Becken sind durch ein dünnes Glasrohr verbunden und mit Wasser gefüllt. In dem dünnen Glasrohr befindet sich eine die beiden Wassermassen trennende Scheidewand, ein in Wasser unlösliches Flüssigkeitsgemisch von genau demselben spezifischen Gewicht wie das Wasser. Damit das Wasser von Organismen frei bleibt, ist es mit Zinksulfat versetzt.

Es ist klar, dass bei dieser Konstruktion weder Temperaturschwankungen, wenn sie nicht zu stark einseitig auftreten, noch Barometeränderungen oder leichte Erschütterungen einwirken können. Wird die Reibung der Flüssigkeiten im Glasrohr u. s. w. vernachlässigt, und das kann bei Einhaltung der richtigen Dimensionen geschehen, so kann hier bei diesem Apparat die Empfindlichkeit bis auf jede Grösse gebracht werden, ohne dass die Genauigkeit der Messungen beeinträchtigt wird.

Die Grössenverhältnisse meines Apparates betragen 1 qm, das Becken und die lichte Weite des Rohres 3,1 mm, Abstand der beiden Becken 75 cm. Die Weite des Rohres muss selbstverständlich möglichst gleichmässig sein, sie wurde auf die gewöhnliche Art, durch Quecksilberfadenverschiebung, bestimmt und durch Wiegen des Quecksilbers berechnet. Da nun die Empfindlichkeit des Apparates einfach im Verhältnis der Grösse des Beckens zum Durchmesser des Rohres steht, so sind Berechnung und Ablesen sehr einfach. Mittelst Mikroskops wird die Verschiebung der trennenden Schichte, deren Abgrenzung sich gegen das Wasser ungewein scharf abhebt, gemessen, und dadurch ist sofort die Grösse bestimmt und kann in Winkelmaass umgerechnet werden.

Es entspricht ferner ein Theilstrich im Okular der Grösse von 0,0114 mm, und hieraus berechnet sich, wenn man annimmt, dass sich die trennende Schichte um 100 Okulartheilstriche verschoben hat, die Hebung eines Beckens gegen das andere um ungefähr

$$\frac{1}{500} \text{ ''}$$

<sup>1)</sup> GERLAND, Beiträge zur Geophysik. Bd. 4. 1900. S. 84.



Seit 15. März 1901 konnte ich nun an diesem Apparate, dessen Aufstellung im Keller des Gebäudes der Kgl. Generalbergwerks- und Salinenadministration (in welchem Hause sich auch das Bureau der bayerischen geologischen Landesuntersuchung befindet) mir durch die freundliche Fürsprache Herrn Professors VON AMMON und durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Generaladministrators VON BILLING ermöglicht wurde, Messungen ausführen. Den genannten Herren möchte ich hiedurch meinen ganz verbindlichsten Dank aussprechen.

Es zeigte sich im Laufe der Beobachtungszeit, dass die anziehende Kraft von Sonne und Mond nur einen geringen Einfluss auf diesen Apparat ausübten, indem bei Neumond zwischen Auf- und Untergang von Sonne und Mond sich die trennende Schichte nur ungefähr um 0,6 Okulartheilstriche im Sinne der anziehenden Wirkung verschob, dass aber im Laufe der Zeit eine sehr beträchtliche Wanderung der trennenden Flüssigkeit im Glasrohre eintrat, die sich nur auf Bodenbewegung zurückführen lässt. So war vom Anfange der Aufstellung bis ungefähr Ende April 1901 die Bewegung westlich, ging dann in östliche über, und hielt darinnen an bis Juni. Juli und August konnte der geologischen Aufnahme halber keine Ablesung vorgenommen werden.

Im September war sie östlich gerichtet.

Im Oktober und Anfang November mussten aus demselben Grunde die Ablesungen unterbleiben.

In der zweiten Hälfte des November war die Bewegung östlich, vom 27. November bis Mitte Dezember westlich, um zu dieser Zeit umzukehren und blieb östlich bis zum 13. Januar 1902. Von da an fiel sie wieder in westliche zurück und verharrte darinnen bis zum 27. Februar. Von dieser Zeit war sie wieder bis zum 29. März östlich, ruhte bis nach Ostern und war westlich bis gegen Mitte Mai.

Da bei der Konstruktion der Apparate, wie schon bemerkt, wechselnder Barometerstand unmöglich einen Einfluss ausüben kann, so wäre es doch möglich, dass einseitige Abkühlung ein Wandern der Flüssigkeitsmassen von einer Seite auf die andere hätte hervorrufen können. Es wurden daher Thermometerablesungen mit den anderen Ablesungen jeweilig und zwar auf jedem Becken damit verbunden.

Diese Thermometerablesungen haben aber ergeben, dass Temperaturschwankungen, so wie sie in diesem Falle vorkamen sowohl im + als — Sinne keinerlei Einfluss ausübten, indem niemals die vorhandene Bewegung durch steigende oder sinkende Temperatur eine Aenderung weder in der Stärke der Bewegung, noch in der Richtung erfahren hat.

Es wäre nun denkbar, dass im Apparat, ähnlich wie an Meeresküsten, Gezeitenbewegungen von längerer Dauer entstanden wären, die ja, wie bekannt ist, neben den täglichen Gezeiten auftreten.

Da nun aber in diesem Apparat die mit der Springfluth zu vergleichenden Bewegungen zur Zeit von Neu- und Vollmond selbst nur sehr gering sind, so ist an derartige Tiden von langer Dauer, die stets in ihrer Grösse ganz erheblich hinter den Springfluthen zurückbleiben, nicht zu denken. Besonders wenn man erwägt, dass die Bewegung, die zur Zeit des Neumondes eintritt, ungefähr 0,6 Okulartheilstrich beträgt, dagegen jene, die eine Umkehr am 13. Januar, die andere am 27. Februar hatte, sich über 57 Okulartheilstriche hin erstreckte, also ungefähr 170 mal stärker war.

Während v. REBEUR bei seinen Beobachtungen in Wilhelmshafen und Puort Orotova,<sup>1)</sup> bei denen eine tägliche Schwankung der Lothlinie sich herausstellte, eine starke Einwirkung des wechselnden Barometerstandes fand, die ganz besonders in Wilhelmshafen zum Ausdruck kam, konnte EHLERT an seinen Messungen mit demselben Instrumente v. REBEURS in Strassburg keinen direkten Einfluss des Barometerstandes auf den Horizontalpendel nachweisen. Um derartige Barometerinflüsse gegebenen Falls nachweisen zu können, habe ich daher genau den Barometerstand verfolgt, und den Verlauf der barometrischen Maxima und Minima aufgezeichnet. Da wie bekannt der Grundwasserspiegel Schwankungen unterworfen ist, deren Gang den barometrischen Schwankungen parallel läuft, so wäre es nicht von der Hand zu weisen, dass Theile der Erdkruste unter dem Druck eines Minimums oder Maximums leichte Schwankungen ausführen, die sich bei einem derartig empfindlichen Instrumente bemerkbar machen müssten. Es hat sich aber in der ungefähr acht Monate langen Dauer der Beobachtungsreihe keinerlei Einwirkung mit dem Gang der barometrischen Maxima oder Minima erkennen lassen.

Da die Bewegungen, die dieser Apparat anzeigt, immerhin beträchtlich sind, sie erreichen im Maximum ungefähr 0,001“, so scheint es angebracht, auf die Starrheit der Erde, wie sie sich aus den geologischen Thatsachen ableiten lässt, etwas einzugehen, da wir dadurch mit Berücksichtigung der wechselnden Schwerkraft einige Schlüsse über diese Bewegungen und die Massenvertheilung im Erdinnern selbst ziehen können.

Es hat THOMSON und DARWIN aus der auf der Erde entstehenden Fluthwelle eine Starrheit für die Erde, so gross oder noch höher als die des Stahles, berechnet.

Im Laufe der geologischen Periode hat aber die Erdoberfläche Aenderungen erlitten, welche, wie ich glaube, eine derartige Starrheit nicht zulassen. Bedenkt man, dass ganze Continente langsam und allmählich sich um 1000 und mehr Meter gesenkt oder gehoben haben, wie z. B. der Amerikanische, von dem sogar SPENCER<sup>2)</sup> annimmt, dass er sich um 2—3000 m im Miocän gesenkt habe, dass ein ganzer Erdtheil, wie die Atlantis, im Ocean versunken ist, über der jetzt die durchschnittliche Meerestiefe ungefähr 4000 m ist, so dürfte die Annahme einer derartigen Starrheit doch auf Hindernisse stossen.

Zieht man ferner in Betracht, dass im Stillen Ocean Atolle sich auf einem Gebiete befinden, das in steter Senkung begriffen ist, und das sich um mehrere 1000 m allmählich vertieft hat, ohne dass auf seinem Grund durch Einschwemmung grössere Massen sich ablagern können, da es fern von allen Küsten sich befindet, das also, ohne weiter beschwert zu werden, sich fort und fort senkt, so sieht man sich genöthigt von der Starrheit der Erde sich ein anderes Bild zu machen. Und gerade in dieser Hinsicht sind Beobachtungen und Messungen über die Neigung und Bewegungen in der Erdrinde von besonderer geologischer Bedeutung.

Nehmen wir nur Senkungen von 1000 m an, und vergleichen wir diese mit der Erdaxe, so erhalten wir eine Senkung von ungefähr

$$\frac{1}{6377}$$

<sup>1)</sup> Astronom. Nachrichten 1890 u. 91.

<sup>2)</sup> SPENCER, Bull. geol. Soc. Americ. 1890. I.



Da nun weiter sich ebensolche Hebungen beobachten lassen, so ergibt sich daraus ein immerwährendes Schwanken der Erdrinde, eine isostatische Bewegung. Der Elastizitätsmodul des Stahles für Druck beträgt

$$\frac{1}{2\,200\,000}$$

Es könnten demnach, falls die Erde die Starrheit von Stahl besässe, auf der Oberfläche nur Schwankungen von ungefähr 3 m vorkommen, vorausgesetzt, das mit dem bis zur entsprechenden Tiefe zunehmenden Drucke auch die Druckfestigkeit der Massen in gleichen Schritt zunimmt, was, da die Massen in der Tiefe unter einen von allen Seiten fast gleichem Drucke stehen, und in Folge dessen ein „Zerbrechen“ oder „Ausweichen“ nicht möglich ist, angenommen werden darf. Dass aber die Geologie bei weitem mit grösseren continentalen Schwankungen als den von 3 m Höhe, die bei der angeführten Starrheit der Erde als äusserste Grenze bezeichnet werden muss, rechnen muss, darüber dürfte kein Zweifel obwalten.

Es scheint mir aber auch aus anderen Gründen eine derartig vollkommene starre Erde nicht gut möglich zu sein.

Wie bekannt wird die Erde als ein annähernd kugelförmiger Körper angenommen, dessen specifisches Gewicht ungefähr 5,5 ist. Da nun das specifische Gewicht der Erdoberfläche im Durchschnitt nur 2,7 beträgt, so müssen im Erdinnern sich schwere Massen befinden, von denen man vermuthet, dass sie sich mit zunehmender Tiefe bis zum Mittelpunkt nach wachsendem specifischen Gewichte schalenförmig geschichtet vorfinden und dass sich im Mittelpunkte die schwersten, etwa vom Gewicht 12, befinden. Von anderer Seite wird dagegen angenommen, so von DANA<sup>1)</sup> und anderen, dass im Mittelpunkt ein eiserner Kern sei. Auf jeden Fall herrscht die Meinung vor, dass sich specifisch schwerere Massen als die der Erdrinde im Mittelpunkt angesammelt haben.

Nach den allgemeinen physikalischen Gesetzen der Schwere ist es aber eine nothwendige Folge, dass die schwersten Stoffe stets dem Orte der grössten Schwere zuströmen, vorausgesetzt, dass sie einmal ein freies Bewegungsvermögen hatten. Nach früheren Anschauungen befinden sich daher die schwersten Elemente und Massen im Mittelpunkt der Erde. Es scheint mir nun nach bekannten physikalischen Gesetzen nicht möglich, dass dies der Fall ist, und mir scheint, dass man eine andere Hypothese über die Vertheilung der schweren Elemente und Massen annehmen muss, worauf, soweit wenigstens meine Litteraturkenntnis geht, noch nicht hingewiesen worden ist.

HELMERT hat in seinen mathematischen und physikalischen Theorien bewiesen, dass in 1148 km Tiefe (in 0,18 des Erdradius) die grösste Schwere herrschen muss, und dass sie von dieser Entfernung an nach beiden Seiten hin abnimmt, so dass im Mittelpunkte der Erde die Anziehungskraft oder Schwere von 0 herrscht. Da nun, wie schon erwähnt, die schwersten Massen stets dem Orte der grössten Schwere zuströmen, so sind auch die schwersten Massen bei 1148 km Tiefe und nicht im Mittelpunkt. Von dieser Tiefe an nimmt nach beiden Seiten, zur Oberfläche wie zum Erdmittelpunkt das specifische Gewicht der Massen allmählich ab, so dass es im Mittelpunkt 0, oder fast 0 ist, an der Erdoberfläche dagegen ungefähr 2,7. Ob nun im Erdinnern wirklich keine Massen vorhanden sind oder, da bei der enormen Hitze, die daselbst herrschen muss, die in Dissociation

<sup>1)</sup> J. DANA. On some results of the Earth's construction from cooling. Amer. Journ. 1873.

befindlichen Gase unter erhöhtem Drucke sich doch befinden, mag ich nicht zu entscheiden. Auf jeden Fall können keine schweren Massen vom spezifischen Gewichte 12 oder überhaupt von einem höheren specifischen Gewichte als höchstens 1 im Mittelpunkte vorhanden sein. Wir hätten uns demnach den Aufbau der Erde ungefähr folgendermassen vorzustellen. Von der Erdoberfläche an nimmt das specifische Gewicht der Massen von ungefähr im Mittel 2,7 an zu bis zur Tiefe von 1148 km. Dann nimmt es allmählich ab bis zum Mittelpunkt, wo es vielleicht 0 oder nahe dieser Grösse ist. Es besteht also die Erde aus einer Kugel, deren schwere Bestandtheile die weiter aussen gelegenen, deren leichtere und leichteste die weiter innen gelegenen und innersten Theile ausfüllen.

Nehmen wir diesen Aufbau der Erde an, so haben wir genug Spielraum, um die verhältnismässig grossen continentalen Verschiebungen und Schaukelbewegungen uns möglich zu denken. Da diese Veränderungen stets isostatische Bewegungen zu sein scheinen, so können bei einem Erdkern vom geringen specifischen Gewicht, also einer mehr flüssigen oder gasförmigen Beschaffenheit, selbst die grössten Bewegungen, die im Entfernen oder Näherrücken der schweren und festeren Theile zum Erdmittelpunkt bestehen, vor sich gehen, ohne dass wir für sie einen grösseren Elastizitätsmodul als für Stoffe, die auf der Erdrinde sich befinden, annehmen müssen.

Es ist demnach die Erde kein starrer Körper, sondern ihre äussere Schale vollführt Schwankungen, die sich in längeren oder kürzeren Zeiträumen entweder an dem Vordringen oder Zurückweichen des Meeres bemerkbar machen oder durch feine Instrumente beobachtet werden können. Die Dauer dieser Erdrindensbewegungen ist verschieden und zwar sind bis jetzt solche von eintägiger Dauer, wie zuerst v. REBEUR-PASCHWITZ gezeigt hat und später EHLERT bestätigen konnte, dann solche von der Dauer einiger Wochen, wie ich oben dargethan habe, und solche von sehr langer Dauer, die als geologische Veränderungen der Erdrinde erscheinen, bekannt.

Da diese Bewegungen, die eine Dauer von einigen Wochen haben, sich periodisch wiederholen, so können wir sie als Wellenbewegungen auffassen, und ich will versuchen, an der Hand der Aenderung der Schwerkraft für München die Höhe dieser Wellen zu berechnen.

Da wir wissen, um wie viel sich die Schwerkraft in München, ich setze voraus, dass die Aenderung der Schwerkraft mit Erhebung vom Erdboden sich auf grössere Strecken gleichbleibt, mit Erhebung um 1 m änderte, so können wir, falls wir diese Grösse zu den Zeiten der jeweiligen Umkehrungen in der Bodenbewegung kennen, daraus die Erhebung des Bodens selbst ableiten. Wie ich eingangs dieser Zeilen erwähnt, habe ich relative Schweremessungen fast täglich zur selben Zeit ausgeführt. Insoferne diese Messungen stets noch unter dem Einfluss von Sonne und Mond stehen, so müssen die einzelnen Zahlen davon befreit werden.

Die Umkehrungen fanden statt: Am 27. IV. 01, 15. VI. 01, vom 27. XI. bis 18. XII. war OW-Bewegung, vom 18. XII. bis 13. I. 02 fand WO-Bewegung statt. Dann war Umkehr von einer OW-Bewegung am 27. II. in ein WO bis zum 29. III., wo abermals Umkehr stattfand mit OW-Neigung bis 13. V.



Die einzelnen relativen Grössen der Schwere waren an diesen Tagen:

	A	tu	to	G	Ba	N
27. IV. 01	73	12,41	12,82	0,81	713	= 1,02882
15. VI. 01	80	14,47	14,94	0,78	718	= 1,03356
27. XI. 01	88	9,16	8,36	0,88	706	= 1,03316
18. XII. 01	73	11,40	11,80	0,83	710	= 1,03396
13. I. 02	23	15,1	15,02	0,80	720	= 1,03571
27. II. 02	49	13,1	13,07	0,82	712	= 1,03387
29. III. 02	60	13,13	13,26	0,82	713	= 1,03785
15. V. 02	55	12,18	12,36	0,85	715	= 1,03349 <sup>1)</sup>

Befreien wir diese Grössen noch von den ungleichen Störungen von Sonne und Mond, und bedenken wir, dass diese beiden Körper zusammen ungefähr 12 Einheiten der 7. Dezimale im Werthe der Beschleunigung ausmachen, so finden wir, indem wir nur die 4. Dezimale der Grössen, wie sie die einzelnen Messungen ergeben, in Betracht ziehen:

am 27. IV. 01	= 1,029
„ 15. VI. 01	= 1,032
„ 27. XI. 01	= 1,033
„ 18. XII. 01	= 1,028
„ 13. I. 02	= 1,036
„ 27. II. 02	= 1,034
„ 29. III. 02	= 1,036
„ 15. V. 02	= 1,033

Wie wir oben gesehen haben, entspricht aber 0,00033 einer Einheit der 7. Dezimale der Beschleunigung. Legen wir also der Uebersicht halber diese Zahlen auf Linienpapier von 3,3 mm Abstand, so erhalten wir eine Curve, die den Verlauf der Schwere sofort veranschaulicht.

Ueberträgt man ferner den Gang der Bodenbewegung, so wie er am Mikrometer des Mikroskopes abgelesen wird, auf einen festen Punkt, das heisst, denkt man sich den Gang stets so, dass er auf eine Normalstellung der Mikrometerskala bezogen wird, und bezeichnet man mit steigenden Zahlen den östlichen Gang und mit fallenden den westlichen, so findet man für die verschiedenen Zeiten, in denen die Bewegung ihren Gang geändert hat, folgende Zahlen:

27. IV. 01	. . . . .	10
15. VI. 01	. . . . .	39
27. XI. 01	. . . . .	40
18. XII. 01	. . . . .	0
13. I. 02	. . . . .	57
27. II. 02	. . . . .	19
29. III. 02	. . . . .	52
3. IV. 02	. . . . .	52
15. V. 02	. . . . .	21

Trägt man nun auf demselben Papier die Bewegung des Bodens auch ein, und zwar so, dass westliche Bewegung mit auf- oder absteigender Linie dargestellt wird, so ergibt sich eine merkwürdige Aehnlichkeit in beiden Curven, die ent-

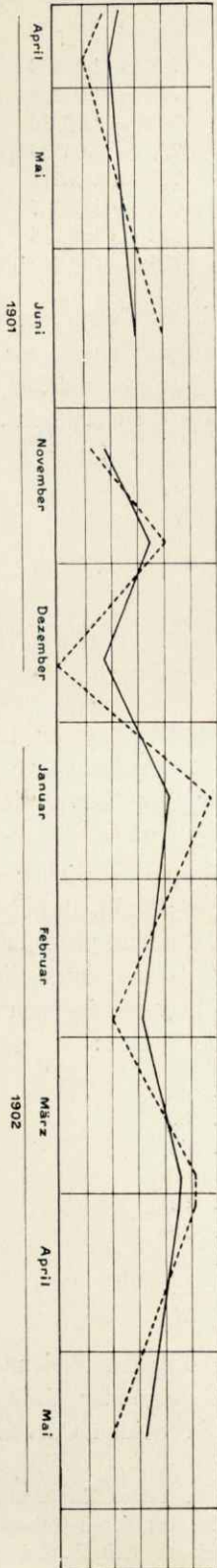
<sup>1)</sup> Hier ist unter A zu verstehen: Stand des Apparates, tu untere Temperatur, to obere Temperatur, G aufgelegte Gewichte, Ba Stand des Barometers, N der aus diesen Grössen berechnete gesammte Werth. Siehe auch PFAFF, Ueber Aenderung der Schwerkraft. Zeitsch. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Jahrg. 1899. S. 144.

weder einen gleichen oder umgekehrten Verlauf zeigen, je nach dem östliche oder westliche Bewegung als aufsteigende Linie angenommen wird.

Versuchen wir nun mit Hilfe der vorstehenden Zahlen die Höhe der Welle selbst ungefähr zu berechnen, und bedenken, dass die Schwere sich für 3 km Erhebung um  $\frac{1}{1000}$  verringert, und  $0,00033 \text{ g} = 1 \text{ Theilstrich}$  des Okularmikrometers (1  $\omega$  in der früheren Beobachtung) einer Einheit in der 7. Dezimale der Beschleunigung entspricht, so findet man bei Zugrundelegung des Mittels aus obigen Zahlen = 0,002, die Höhe der Welle zu ungefähr 1,8 m.

Wir hätten demnach eine Welle vor uns, die sich wahrscheinlich senkrecht zur N—S-Linie über der Erdoberfläche fortpflanzte, von ungefähr 1,8 m Höhe. Ob dieselbe sich in ostwestlicher oder westöstlicher Richtung bewegt, kann aus diesen Messungen nicht ersehen werden. Da ihre Dauer zwischen 8 und 4 Wochen schwankt, so scheint sie unabhängig vom Monde zu sein, und wir haben in ihr Eigenbewegungen der Erdrinde selbst vor uns. Obwohl, wie aus Allem hervorgeht, diese Bewegungen nur gering sind, so scheinen sie mir doch von ganz besonderem geologischen Interesse zu sein. Würden nämlich an mehreren Stellen derartige Messungen vorgenommen, und dass dies bei der Einfachheit und Billigkeit des Apparates der Fall sein könnte, braucht nicht länger auseinandergesetzt zu werden, so könnten dadurch die Grenzen der Bruchränder und der „Schollen“ der Erdrinde bestimmt werden. Denn denken wir uns an zwei nicht zu weit auseinander liegenden Punkten derartige Apparate aufgestellt, und würde der Eine z. B. östliche Bewegung zeigen, während der Andere zur selben Zeit westliche hätte, so müsste man, falls an diesen Punkten stets die entgegengesetzte Bewegung herrschen würde, annehmen, dass zwischen ihnen ein Bruchrand der Erdkruste durchginge. Des Weiteren könnte man durch Beobachtungen an zwei Punkten die Richtung dieser Bewegung, ob sie von Osten

Curvenbild über Schwereänderungen und Bodenbewegungen in München.



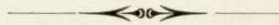
..... Gang des Mikroklimometers.  
 ———— Veränderung der Erdanziehung in Einheiten der 7. Dezimale der Beschleunigung.  
 Um die Bewegungen beider Apparate auf ein Liniennpapier bringen zu können, mussten für die Aenderung der Schwere etwas weitere Linien gewählt werden, so dass der Abstand der Linien, nicht wie im Text angegeben, 3,3 mm, sondern 3,6 mm ist, es bezeichnet aber dieser Abstand von 3,6 mm eine Einheit der 7. Dezimale von g. Für den Gang der Bodenbewegung ist der Abstand der Linien = 10 Theilstriche des Okularmikrometers.



nach Westen oder umgekehrt ihren Verlauf nimmt, bestimmen. Wollte man jedoch die alten Bruchränder in der Erdkruste als nicht vorhanden ansehen und diese Bewegung lediglich der Elastizität der Erdrinde selbst zuschreiben, so könnte wenigstens dadurch die Länge einer derartigen Welle gemessen werden. Da jedoch, wie aus den geologischen Erscheinungen hervorgeht, die Erdrinde aus festeren und weniger festen Theilen besteht, aus den festeren, die in sich die Kraft aufnehmen, um die weniger festen aufzustauen und zu Gebirgen unter Faltenbildung u. s. w. zu erheben, so scheint es mir wahrscheinlicher, dass wir in diesen geringen Schaukelbewegungen Neigungen ganzer Schollen vor uns haben, die vielleicht als Nachklänge oder Fortsetzung der Alpenbildung zu betrachten sind.

Von weiterer geologischer Wichtigkeit scheinen mir aber diese Messungen noch zu sein und zwar mit Rücksicht auf die Vorausbestimmung von Erdbeben und Eruptionen. Betrachten wir zuerst die Erdbeben, so müssen wir annehmen, dass sich in der Erdrinde an einer Stelle grössere stauende Wirkungen ansammeln, und dass diese bei irgend einer Gelegenheit sich auslösen und durch Zusammenbruch von Theilen der Erdrinde grössere oder kleinere Erschütterungen erzeugt werden. Da sich aber die stauenden Wirkungen vor ihrem Zusammenbruch nur dadurch ansammeln können, dass ein Theil der Erdrinde gehoben wird, so können wir diese Hebung durch Messungen der Schwere oder auch durch Messungen ganz kleiner Beträge von Lothabweichungen finden. Würde man daher in einem Schottergebiete gefunden haben, dass Erdbeben stets dann eintreten, wenn Aenderungen der Schwere oder vermehrte Bodenbewegung eingetreten war, so würde sich daraus durch genaue Beobachtung dieser Aenderungen ein Voraussagen auf kommende Erdbeben machen lassen.

In ähnlicher Weise würde man auf Eruptionen in der Umgegend von Vulkanen schliessen können. Das Zustandekommen von Eruptionen ist in zweierlei Weise möglich, entweder senkt sich die Erdrinde in der Umgegend eines Kraters und presst die Lava heran, oder aber die Lava wird durch Senkungen anderer Erdrindentheile durch die Krateröffnung getrieben. In beiden Fällen aber müssen sich diese Bewegungen im Erdinnern oder der Erdoberfläche selbst durch derartig feine Messungen, wie sie in diesen Zeilen beschrieben sind, bestimmen lassen.





# Die Amberger Erzlagerstätten.

Von

Ernst Kohler.

Seit mehr als tausend Jahren geht auf den Eisenerzen der Amberger Gegend in der Oberpfalz ein reger Bergbau um, wie schon eine Nachricht aus dem Jahre 930 n. Chr. erweist. Und mit diesem Bergbau, der nie zum völligen Erliegen kam, hat sich eine ziemlich erhebliche Litteratur, namentlich in früherer Zeit, beschäftigt, die allerdings zumeist die historischen und rechtlichen Verhältnisse desselben behandelt, allenfalls noch einige mineralogische Bemerkungen einflicht, die jedoch die Lagerungsverhältnisse und, was sonst den Geologen interessirt, nicht berücksichtigt. Auch J. BAIER, der sonst so viel Wissenswerthes aus der Oberpfalz mittheilt, weiss in seiner *Oryctographia Norica* <sup>1)</sup> von den „*venae*“, die von Amberg nach Sulzbach ziehen, nur zu berichten, dass dort *Ochra rubiginosa, quam vocant Leberertz, Rubrica dura, haematitis modo*, d. i. der Brauneisenstein, *minera, quam ob superficiem globosam et splendentem Glasskopf vulgo vocant Metallici*, und auch, was schon vor ihm VALERIUS CORDUS wusste, *Haematites niger*, Mangan-eisenstein, vorkommen. Auch sonst findet man in der älteren Litteratur nur Bemerkungen geringen Werthes, wie in der Chronik der Stadt Amberg von MICHAEL SCHWAIGER aus dem Jahr 1559, der einzelne Häuser der Stadt angibt, in deren Untergrund sich Eisenerz finde. Der erste, der sich eingehender mit den Lagerungsverhältnissen befasst, ist FLURL. Er sagt, <sup>2)</sup> dass die ambergischen Eisensteine auf dem oberpfälzischen Sandsteine aufruhren und im Hangenden von Tag herein drei Lachter Sand, der über drei Viertheilen aus Porzellanerde bestehe (?) und Chalcedondrusen enthalte, darunter 18 Lachter und mehr theils braunen, theils ziegelrothen Thon habe. Das Erzflötz selbst setze sich aus unförmlichen und eckigen Brocken von thonigem und dichtem Brauneisenstein zusammen, der in einen mulmigen, eisenschüssigen Thon eingebettet sei. Dieses Leberertz sei dem Stuffwerk vorzuziehen, das derb oder als Glasskopf, Nagelerz u. s. f. ausgebildet ist. Von sonstigen

<sup>1)</sup> 1. Aufl. 1708 S. 91. 2. Aufl. 1730. S. 46.

<sup>2)</sup> MATH. FLURL, Beschreibung d. Gebirge von Baiern u. d. obern Pfalz 1792. S. 548 ff.

Vorkommnissen erwähnt er Zeolithe auf den Klüften des Erzes (von VORTH und KOBELL als Wavellit bzw. als Lasionit erkannt), und Hornsteinkugeln, die zuweilen Versteinerungen einschliessen. An die letztern und die komplizirten tektonischen Verhältnisse daselbst knüpft er auch eine Vorstellung über die Entstehung: „Die „Natur hat nämlich in diesem Bezirke, wo sie die oberpfälzischen Kalkstein-, „Gebirge auf dem Sandstein aufsetzte, ganz sonderbar gewirkt. Thon-, Kalk- und „Kieselerde sind bei dem wechselseitigen Uebergang der einen Gebirgsmasse in „die andere so unter einander geworfen, dass sie an manchen Stellen auch ganz „besondere Arten von Fossilien bildete. Betrachtet man die Lage dieser Gegend „mit einem etwas aufmerksameren Auge, so wird man bald finden, dass sie rund „herum von weit höheren Bergrücken eingeschlossen ist, als die sind, welche zu- „nächst um Amberg herum liegen. Daher kam es, dass das zur Fluthzeit zurück- „getretene Wasser die Bewohner desselben in diese tieferen Gegenden herab- „führen, und daselbst mit dem feineren Schlamm absetzen musste.“

Ungleich schärfer beobachtet schon VORTH,<sup>1)</sup> der freilich noch die dem Lias angehörigen Erze vom Keilberg bei Regensburg mit denen von Amberg vereinigt. Er nennt als Liegendstes den auf dem Granit ruhenden Keupersandstein mit Thon- und Thoneisensteineinlagerungen, darüber rauchgrauen groben Sandstein, der dem Lias angehöre, dann die Liasschiefer, darüber wieder feinkörnige Sandsteine, die er noch zum Lias rechnet, die jedoch dem Dogger angehören. Als jüngste Gebirgsart, auf welcher das Eisensteinflötz gelagert sei, nennt er den Jurakalk, der durchgehends nur auf dem südwestlichen Gehänge der Hügelkette von Paulsdorf und Altenricht über den Mariahilfsberg nach Rosenberg und Sulzbach zu auftritt. Die mächtigen Erzmittel sind in kesselförmigen Vertiefungen des Jurakalkes eingelagert, liegen jedoch selten unmittelbar auf diesem als ganzem Gestein; gewöhnlich hat sich ein Kalk- und Hornsteingerölle desselben dazwischen gelagert. „Häufiger sind die Stellen, wo das Erz von einer der die Grünsand-, „formation konstituierenden Sand- oder Thonschichten unterlagert wird, und sogar „bald mit der einen, bald mit der andern wechsellagert. . . . Das Flötz ist viel- „fältig unterbrochen; die Erzmittel liegen — stets auf den nach SW. gekehrten „Abhängen der Hügel — meistens in Mulden, Kesseln und ähnlichen Vertiefungen „eingengt: nur ausnahmsweise in Ebenen ausgebreitet.“ Der Brauneisenstein „enthält zuweilen Parteen eisenschüssigen kohlen-sauren Zinkoxydes und geht stellen- „weise in schaligen und stängeligen Thoneisenstein und unter noch nicht hin- „länglich ausgemittelten Lagerungsverhältnissen in Gelberde über. (Anm. Der „Tripel, hier das oberste Glied der Formation, tritt beinahe allenthalben unmittelbar „darüber auf.) Auf Thon gelagert ist er von fremden Einschlüssen frei; wenn er „hingegen auf jenem Kalk- und Hornsteingerölle oder einem der Sandsteine ruht, „so hat er stets mehr oder weniger und zuweilen so viel davon aufgenommen, „dass er nur als Bindemittel erscheint. Versteinerungen enthält er ursprünglich „nicht; die hin und wieder gefundenen stammen, je nach ihrer Lagerung in „demselben, entweder aus der Jurakalk-, oder der Lias-, oder der Grünsand-, „formation ab.“ Von Mineralvorkommen kennt VORTH ausserdem Braunstein, Magnet- eisenstein, Kakoxen, Wavellit, Vivianit, Stilpnosiderit und aus dem Hangenden Phosphorit. Während VORTH die Lagerstätte der Kreideformation zurechnet, reihen

<sup>1)</sup> Die Phosphate des Erzbergs bei Amberg. Neues Jahrb. f. Min. v. LEONHARD u. BRONN. 1836. S. 518 ff.



jüngere Geologen sie dem Dogger zu: PFLAUM, Die Mineralien der Oberpfalz (im Jahresbericht der Landwirthschafts- und Gewerbe-Schule zu Amberg 1862); HANIEL, Ueber das Auftreten des Eisensteins in den Jura-Ablagerungen Deutschlands (Zeitschr. der Deutschen geol. Gesellsch. 1874. S. 94). Durch ein Missverständnis rechnet A. F. BESNARD<sup>1)</sup> das Amberger Erz dem Archaikum zu, indem er ein Verzeichnis, das GÜMBEL gibt, unvollständig abschreibt. GÜMBEL<sup>2)</sup> selbst rechnete damals das Amberger Erz noch in mehreren Publikationen dem Dogger zu. Später in der Bavaria<sup>3)</sup> gibt er Zweifeln Ausdruck und schreibt: „Zuweilen „liegt auch eine Brauneisenstein-Ablagerung mit Hornsteinknollen in dem tiefsten „Niveau der Procängebilde, wie dies sehr schön in einer Eisenbahnfüllgrube zu „Germersdorf unfern Amberg zu sehen war. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, „dass ein Theil der Brauneisensteinformation der Oberpfalz diesen tiefsten Procän- „Ablagerungen angehört. Da jedoch unzweifelhafte Brauneisenerzbildungen dieser „Gegend auch noch jüngeren, tertiären Zeiten angehören und fast ohne alle Ver- „steinerungen gefunden werden, so bleibt es nicht selten zweifelhaft, wohin in speciellen Fällen diese oder jene Erzlagerstätte zu zählen sei.“ Dasselbst sagt er S. 72 von den Amberger, Sulzbacher, Auerbacher etc. Erzputzenwerken: „Diese „Bildungen sind offenbar kein Absatz aus einem grösseren Süßwassersee, sondern „das Anschwemmungserzeugnis aus einer Zeit, wo noch die benachbarten Keuper- „gebirge nicht durch tiefe Einschnitte vom Körper der Alb, wie jetzt, isolirt „waren und Fluthen von ihnen aus noch die Fläche der Alb erreichen konnten. „Dafür sprechen namentlich die aufgeschwemmten Sandmassen, die kein Gestein „des Jura durch Verwitterung zu liefern im Stande ist.“

Dieselbe Auffassung führt GÜMBEL im dem 1868 erschienenen zweiten Band der geognostischen Beschreibung des Königsreichs Bayern weiter aus. Bald jedoch bringen ihn seine und v. AMMONS Untersuchungen über die Tektonik des Gebietes von der Anschauung ab, dass die Erze durch eine gewisse natürliche Aufbereitung aus den Keuperablagerungen entstanden sind, und er schreibt im vierten Band der Geognostischen Beschreibung Bayerns S. 406 von dem Eisenerzzug bei Sulzbach: „Die ungleichförmige Auflagerung der erzführenden Schichten auf dem Jura- „kalk ist auch hier unzweideutig nachgewiesen. Nimmt man ferner die Beob- „achtungen hinzu, welche sich namentlich am Haidweiher und bei Germersdorf „an den dortigen Erzablagerungen anstellen lassen, dass nämlich die Erzablagerung „direkt von Cenomangrünsand gleichförmig überdeckt wird, so ergibt sich in „Uebereinstimmung mit den geschilderten Lagerungsverhältnissen am Amberger „Erzberg, dass die sog. Amberger Brauneisenformation in der That aus der ersten „Zeit der über einen grossen Theil des Frankenjura ausgedehnten Cenoman- „überfluthung herrührt und mit den damals wahrscheinlich in reichlicher Menge „auf den Verwerfungsspalten hervorbrechenden Eisenhaltigen Quellen in Beziehung „gebracht werden darf, deren Absatz der Erzablagerung ihr Dasein gab.“ Eine endgültige Zusammenfassung gab dann GÜMBEL in einem Bericht über „die Amberger Eisenerzformation“<sup>4)</sup> an die k. b. Akademie der Wissenschaften im Jahre 1893. Vorläufig ist darüber nur zu bemerken, dass er die zur Kreidezeit entstandenen Spaltquellen mit dem Umstand, dass die Dislokationen, längs deren Er-

<sup>1)</sup> Die Mineralien Bayerns nach ihren Fundstätten. Regensburg 1854.

<sup>2)</sup> Corresp.-Bl. d. zool.-min. Vereins in Regensburg. 1853. S. 147; 1854. S. 28, 29.

<sup>3)</sup> Bavaria III., IX. Die geogn. Verh. der fränk. Alb. S. 66.

<sup>4)</sup> Sitzungsber. der math.-phys. Cl. 1893. Heft. III. München 1894.

streckung das Erz auftritt, erst im Tertiär stattgefunden haben, durch die Erklärung in Einklang zu bringen sucht, die Spalten seien vor der Ablagerung des Erzes „vorgebildet“ gewesen. An der Richtigkeit dieser Theorie sind nun in neuerer Zeit Zweifel laut geworden. So schreibt R. BECK,<sup>1)</sup> dass die Stellung der Amberger Erze noch sehr unsicher sei und nur mit Vorbehalt ihre Einreihung unter den sedimentären syngenetischen Lagerstätten der Kreidezeit statthaben könne. Und v. AMMON deutet in seinem „Kleinen geologischen Führer durch einige Theile der fränkischen Alb“ 1899 an, dass sie mit den jüngeren „Ueberdeckungsschichten“ gleichaltrig sein dürften.

### Der Amberger Erzberg.

Bei der Untersuchung der in Frage stehenden Brauneisensteinvorkommnisse der Amberger Gegend ergibt sich mit Notwendigkeit die Einteilung derselben in zwei Gruppen: einmal die Gesamtheit der kleinen, über die ganze Oberfläche der Alb unregelmässig verstreuten Farberdenester und Putzen, die zeitweise und an manchen Orten auch auf Eisenerz abgebaut wurden, und dann die wirthschaftlich weit bedeutenderen Erzlagerstätten, welche auf den von Südost nach Nordwest streichenden Verwerfungslinien aufsetzen, die in der Richtung, zum Theil sogar in der unmittelbaren Fortsetzung des Pfahls den Osten der fränkischen Alb durchziehen; die letzteren, die „Amberger Eisenerzformation“ katexochen, besitzen auch wissenschaftlich das überwiegende Interesse, und so wollen wir auch zunächst die Lagerungsverhältnisse bei Amberg selbst ins Auge fassen.

Von dem 550 m hohen Mariahilfsberg nordöstlich von der Stadt aus sieht man zwei scharf markirte Reihen von Erhebungen das flachwellige Gelände überragen. Das ist im Osten der Steilrand des krystallinen Waldgebirges mit dem blauen Berg, dem Freudenberg u. a., und diesem parallel, nach Nordwest und Südost sich dem Mariahilfsberg selbst anschliessend, ein minder hoher Höhenzug, der in seinem Westabhang die Eisenerze birgt und den Verlauf jener Dislokationslinie darstellt, die SUSS<sup>2)</sup> als die grossartigste geradlinige Störungslinie in Europa bezeichnet hat. Am Mariahilfsberg hat eine Querverwerfung die Störungslinie um den Betrag von mehreren hundert Metern verschoben und dieses Thor passiert die Vils auf ihrem Weg nach Süden. Eine weitere Querverwerfung geht etwas weiter nördlich am sog. Eisberg durch, wodurch Malmkalkschichten mit Keuperschichten in das gleiche Niveau und dieselbe Richtung gebracht wurden. An dieses Störungskreuz schliesst sich die Erzanreicherung an, auf welcher der ärarialische Bergbau seit langem umgeht.

Den geologischen Aufbau dieses Höhenzugs lassen mehrere seit langer Zeit bekannte Entblössungen auf der Ostseite erkennen. Im Götterhain und nördlich von Neuricht streichen am Fusse graue, grobkörnige Sandsteinbänke, die hie und da Pflanzenreste und grünliche Sandsteinknollen umschliessen, aus, welche als rhätische Schichten aufzufassen sind. Höher trifft man gelben Sandstein und dann ganz grobkörnigen eisenschüssigen, die nach GÜMBEL<sup>3)</sup> die Aequivalente der Angu-

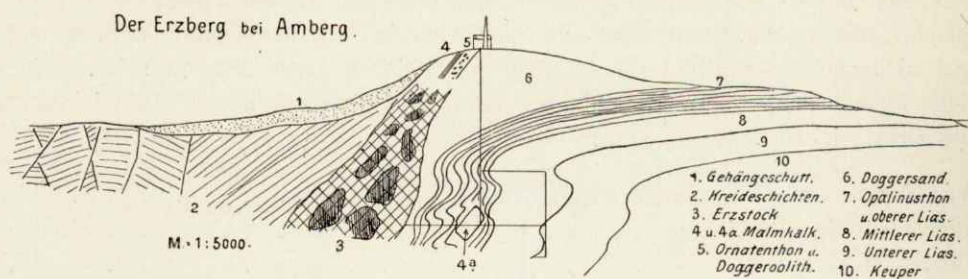
<sup>1)</sup> Lehre von den Erzlagerst. Berlin 1901. S. 107.

<sup>2)</sup> Antlitz der Erde. Bd. I. S. 272.

<sup>3)</sup> Frankenjura S. 400.



laten- und Arcuatienstufe des unteren Lias darstellen. Darüber folgen, flach einfallend, jedoch in nicht sicher messbarer Mächtigkeit gelbliche Kalke mit *Waldheimia Waterhousi* DAV., *W. subnumismalis* DAV. (QUENST.), weiterhin Mergel und oolithische Mergelkalke mit *Gryphaea cymbium* LAM., *Cycloceras Maugenesi* d'ORB. sp. (QUENST. sp.), *Dumortieria Jamesoni* SOW. sp. (QUENST.), *Belemnites clavatus* BLAINV., *Bel. elongatus* MILL. (QU.), dann Mergel, darüber mehrere Meter mächtige Pseudomonotisschiefer mit *Inoceramus dubius* SOW. und Kalkspath- und Mergellinsen mit *Dactylioceras commune* SOW. sp. und *Pseudomonotis substriata* MÜNST. sp.<sup>1)</sup>



Figur 1.

Die höheren Stufen des Lias wie der Opalinuston sind über Tag nicht sichtbar, erst wieder der Eisensandstein des Dogger bedeckt den oberen Hang bis zum Kamm. Dort ist die Hängebank des Barbaraschachts. Weiterhin schliessen sich unter der Humusdecke die Doggeroolithkalke mit *Rhynch. subobsoleta* DAV. und der Ornatenthon an, und am Westabfall ragen die weissen Kalkrippen des Malm, nach SW. geneigt, zum Theil vor. Die unteren Stufen desselben gehen weiter nordwestlich bei Karmensölden zu Tag aus, wo die weichen Mergellagen stark verdrückte Ammoniten, z. B. *Oppelia* cf. *Pichleri* OPP. sp., ferner *Belemnites hastatus* BLAINV. bergen. Die Münchener palaeontologische Staatssammlung besitzt mit dem Fundortsvermerk Amberg ein *Peltoceras transversarium* QUENST. sp., doch steht die nicht zweifelfreie Fundortsbezeichnung<sup>2)</sup> nicht mit der Angabe AMMONS<sup>3)</sup> im Einklang, wonach aus der fränkischen Provinz dieses Fossil nicht bekannt ist. Besser entwickelt sind die schwammführenden Kalke des mittleren Malm, die durch ihre Verwitterung die unzähligen verkieselten Exemplare von *Collyrites carinatus* GOLDF. sp., *Terebratula bissuffarcinata* QUENST., *Rhynchonella lacunosa* QUENST. sp., u. v. a. geliefert haben. Die westlichen Hänge des Erzbergs endlich bedecken oberflächlich Flugsand und Eisenschwarten, und überdies ist eine Erkennung der natürlichen Lagerung durch die dichtgedrängten alten Pingen unmöglich gemacht.

Dafür ist der Aufbau des Berges durch Grubenaufschlüsse geklärt worden. Einmal hat der im ganzen ostwestlich verlaufende Theresienstollen auf 1 1/2 km Länge vielfach gestörte Sandsteine durchfahren, die den oberen Keuper- und unteren Liaslagen zuzurechnen sind, und dann hat das Abteufen des genannten

<sup>1)</sup> Ich verweise im Uebrigen auf die neueste Zusammenstellung der Fauna des Lias und Doggers aus Franken und der Oberpfalz durch Dr. M. SCHLOSSER, Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1901. S. 513 ff. Doch möchte ich darauf hinweisen, dass die Herkunft der aus dem unteren Lias von Amberg angegebenen *Pleuromya striatula* mir zweifelhaft erscheint. Vgl. ausserdem die Fauna des Lias in Frankenjura S. 678 ff., zusammengestellt durch Dr. L. v. AMMONS.

<sup>2)</sup> Vgl. WAAGEN, Ueber die Zone des Ammonites transversarius, S. 33 (Sonderabdruck), BENECKE, Geogn. palaeont. Beiträge, I, 2, 1866.

<sup>3)</sup> Frankenjura S. 116 (d. i. Geogn. Beschr. d. Königr. Bayern, IV. Bd.).



Barbaraschachtes ein Profil enthüllt, das GÜMBEL mehrmals publizirt hat. Der Schacht durchfuhr 54 m steil einfallenden Doggersandstein und von da ab 53 m Opalinuston, traf im Schachttiefsten Liasschichten, die jedoch von jenem nicht zu trennen sind. Der Opalinuston enthielt u. a. *Leioceras opalinum* REIN. sp., *Lytoceras dilucidum* OPP. sp., *Lyt. torulosum* SCHÜBLER sp.

Doch sind die Lagerungsverhältnisse nicht so einfach, wie es die bildliche Darstellung im Frankenjura S. 399 anzeigt. So ist westlich vom untern Füllort des Schachts in den Opalinuston eine mächtige, und auf mehr als 30 m im Streichen blossgelegte Malmkalkrippe eingepresst. Die Einfaltung, als welche diese Erscheinung sich darstellt, lässt sich deutlicher in dem neuen, von der Stollensohle aus niedersetzenden Blindschacht verfolgen, wie dies die Figur 1 zeigt. Die in dem Schacht angefahrenen Schichten sind zum Theil nach den Aufzeichnungen des Obersteigers RÖDE folgende:

	Meter
Von der Stollensohle aus blauer Thon . . . . .	11
Blauer sandiger Schiefer . . . . .	bis 17
Blauer Thon . . . . .	" 17,5
Schwarzer sandiger Schiefer . . . . .	" 19
Blauer Thon . . . . .	" 20
Kalkstein mit <i>Pseudom. substriata</i>	" 22,5
Thon und Kalksteinbrocken . . . . .	" 34,25
Grauer Sandstein . . . . .	" 38,60
Blauer Thon . . . . .	" 39
Weissgrauer, grobkörniger Sandstein mit Spuren von Steinkohlen	" 48
Sandstein, im südlichen Stoss blauer Thon . . . . .	" 51
Schwimmsand . . . . .	" 52
Blauer und grauer Thon . . . . .	" 52,5
Gelber, mit Eisenschwarten durchzogener Sandstein . . . . .	bis zur Sohle.

Ein einheitliches Einfallen lässt sich in keiner Weise konstatiren, vielmehr ist das ganze Gestein in der intensivsten Weise in einander gewalzt, wie der neuerdings ausgearbeitete Maschinenraum, in dessen Firste wieder blauer Thon auftrat, erkennen liess.

Der Umstand, sowie die Thatsache, dass auch die grössten bis jetzt erreichten Tiefen von Uraltungen erreicht worden sind, erschweren auch die Gewinnung eines Ueberblicks über den eigentlichen Erzkörper. Dieser ist ein steil nach Süden einfallender Stock von Letten, durch Eisen gelb gefärbt, und Sand — die schwachen Neigungen von 33°, bezw. 25°, welche GÜMBEL angibt, beziehen sich nur auf Theile desselben —, in welchem nach allen Richtungen höchst unregelmässig begrenzte Linsen von Brauneisenstein aufsetzen, wie dies der beigegebene Grundriss, in welchem zwei Horizontalschnitte durch die Erzkörper zur Deckung gebracht sind, zeigen soll. Man sieht, dass in der Tiefe der Erzkörper im grossen Ganzen nach dem Liegenden und Hangenden zu an Mächtigkeit gewinnt, jedoch ohne alle Regelmässigkeit. Was nun die Erze selbst anlangt, so sind diese überwiegend Brauneisenstein, doch wurde im Jahre 1879 zum erstenmale daselbst auch Spatheisenstein, sogenanntes Weissertz angefahren. Dieses unterscheidet sich jedoch wesentlich in seinem Aussehen von dem gewöhnlich in Erzgängen oder den bekannten

steirischen Lagerstätten auftretenden Siderit. Er ist, wo er schon verändert ist, braun bis schwarz, sonst aber durchgehends weiss bis grau, von zuckerkörnig krystallinischer, zum Theil cavernöser Struktur, kurzum gänzlich vom Aussehen des Dolomites, an den er sich anlegt, bezw. in den er übergeht.<sup>1)</sup> Daher kam es auch, dass die Bergleute anfangs das Erz nicht erkannten, und dass man erst durch die rothbraune Verwitterungsschicht auf der Bergehalde darauf aufmerksam wurde. Es ist nicht richtig, wenn GÜMBEL<sup>2)</sup> schreibt, dass „spärlich und nur in einzelnen Knollen“ Spatheisenstein aufgetreten sei. Vielmehr ragte in dem fraglichen Querschlag III  $\frac{4}{5}$  Nord, der zu der am weitesten im Liegenden geborgenen und daher den Einwirkungen von Atmosphärien, wie der alten Baue am meisten entzogenen Erzlinse führte, (im Grundriss schraffirt), der Eisenspath wie ein mächtiger Kegel<sup>3)</sup> in die Ebene der Tiefbausohle herein, und ein dortselbst niedergebrachtes Bohrloch<sup>4)</sup> ist auf weitere 12,20 m im Weiss Erz niedergestossen worden, ohne dessen Ende zu erreichen. Vielmehr ist sein Gefüge immer dichter und von Brauneisenstein freier geworden. Nach aussen zu aber wurde der Eisenspath grusig und zerreiblich, vom Ansehen der Dolomitase, und dann schloss sich grossluckig und von Drusenräumen durchzogen Brauneisenerz, Stilpnosiderit wie Goethit, an, schöne Stalaktiten, Nadel erz, Sammtblende, Glasköpfe bildend, die Drusenflächen

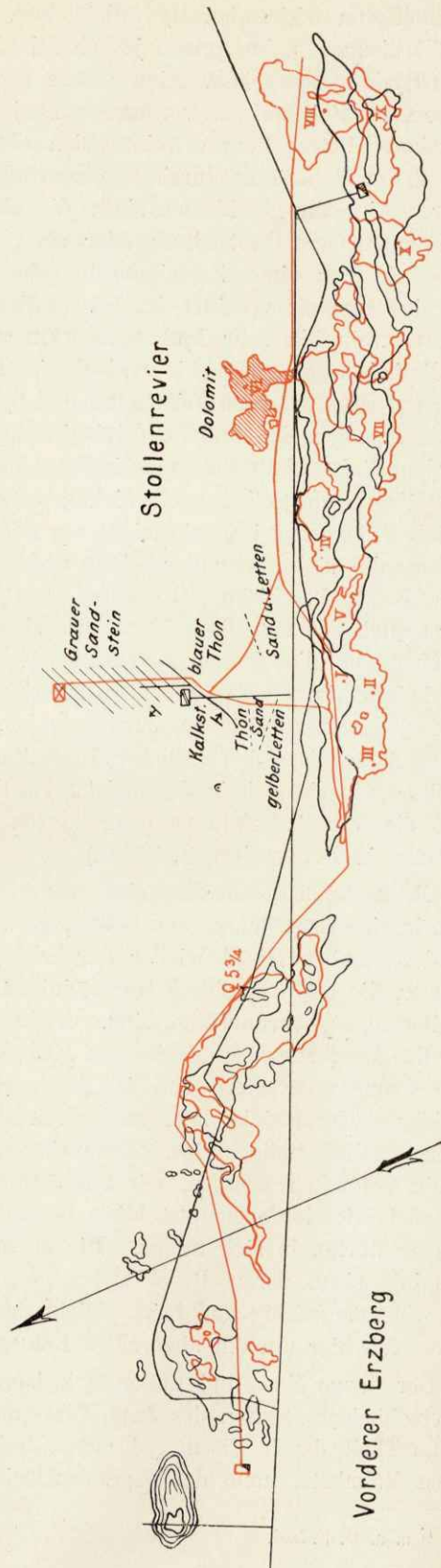
<sup>1)</sup> Dr. SCHÖBER, Untersuchung der Amberger Erze. Bayr. Ind.- u. Gewerbebl. 1881. J. XIII. S. 284.

<sup>2)</sup> Frankenjura S. 402; ferner „Amberger Eisenerzform“. S. 308.

<sup>3)</sup> Dr. SCHÖBER a. a. O. S. 283.

<sup>4)</sup> Im Grundriss mit VI bezeichnet.

Geognostische Jahreshefte. XV. Jahrgang.



Figur 2.  
Das Erzlager des Amberger Erzbergs (nach amtlichen Plänen) Massstab 1:6000.



zum Theil von irisirenden Hydrathäutchen, zum andern Theil von Kakoxen und Wavellit überzogen, im ganzen jedoch sehr hart, krystallinisch fasrig und mit geringem Hydratwassergehalt. Eine andere Erscheinungsweise der Amberger Brauneisenerze, zur Zeit weitaus vorherrschend, ist die von anscheinend dichtem Gefüge. Bei näherer Betrachtung erweisen sich die Erze als ursprünglich drusige Glasköpfe, deren Hohlräume durch angelagerte Schichten eines helleren, d. h. wasserreicheren Limonits geschlossen sind; dies habe ich häufiger auf anderen Gruben z. B. Etzmannsberg beobachtet; oder aber, und letzteres ist häufiger, das dichte Erz besteht aus einer Zerreibungsbrecchie des krystallinischen Goethits, welche durch den Limonit verkittet ist. Ausserdem kommt noch ockerig-mulmiges sog. Lebererz, weiterhin sehr hydratwasserarmes „Blutzer“, dem Ansehen und Strich nach Rotheisenstein, vor, hie und da in Putzen und Nestern, zumeist nur als Anflug auf Drusenräumen Psilomelan und Pyrolusit. Seltener Vorkommnisse sind der auf Altungen beschränkte Vivianit, dann die andern erwähnten Phosphate, ausserdem Zinkspath, welchen als isolirtes Vorkommen v. VOTH<sup>1)</sup> anführt. Sonst ist dieses Mineral dortselbst noch nicht gefunden worden, wenn es auch dem Erze reichlich beigemischt ist, wie nicht nur die reichlichen Mengen von Zinkschaum beweisen, die sich unter der Gicht und in den Gichtgasreinigern der nur mit unsern Erzen beschickten Hochöfen von Amberg und Rosenberg ansammeln, sondern auch das metallische Zink, das sich beim Abbruch des letzten Hochofens zu Amberg in allen Fugen ausgeschieden hatte. Ferner hält das Erz auch Blei, wahrscheinlich in der Form von Cerussit, das auch z. B. in einer Menge von mehreren hundert Kilogramm sich im letzten Amberger Hochofen anreicherte. Das dortselbst auch aufgespeicherte Stickstoffantitan hat seinen Ursprung wohl in Rutilnadelchen, wie sie sich in den meisten klastischen Sedimenten angesammelt finden. (Vergl. die von A. SCHWAGER ausgeführten Analysen der als Zuschlag benützten Malmkalke in Frankenjura S. 126 ff.)

Die so beschaffenen Erze sind, wie gesagt, in höchst unregelmässig geformten Linsen in eine Grundmasse von Letten, gelb, weiss und roth, und Sand eingebettet, und diese tauben Mittel wieder durchziehen häufig in Adern und Schnüren die Erznerster, die oft noch durch Hornsteinknollen, hie und da mit verkieselten Jura-Versteinerungen, verunreinigt sind. Nicht ohne Interesse ist auch die im Westflügel des Bergbaues befindliche sog. „Conglomeratstrecke“. Hier wiegt die sandig-lettige Grundmasse stark vor, in der scharfeckige Bruchstücke von Sandstein, ausgelaugte Hornsteinknollen, und schliesslich unrunde Geoden von mehr oder minder deutlich radialfasrigem Brauneisenstein liegen, die im Innern hohl sind und ein Häufchen weissen, mit Salzsäure nicht brausenden Schlammes, der aus Thon und Kieselerde hauptsächlich besteht und das Residuum eines Kalksteins darstellen dürfte, in sich tragen. Die äussere Form der Geoden ist etwa die von Kalksteinbrocken, deren Bruchkanten gerundet sind. Die Brauneisenkruste ist nicht widerstandsfähig und bricht leicht durch, was gegen die Auffassung spricht, dass es sich hier um ein abgerolltes Bohnerz handelt.

Der ganze Erz- und Lettenstock lehnt sich nun in seiner steilen Lage an die verschiedenen Stufen des Jura, Lias- und Opalinuston, Eisensandstein (dieser ist zum Theil durch Eisenoxyd zum „Rauherz“ verkittet), Doggeroolithkalk und unteren Malmkalk, nahe der Tagesoberfläche, und Dolomit (östlich vom Schacht,

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 524.

in der zweiten Tiefbausohle 114 m unter Tag), wie eben gerade durch die Auf- richtung und Faltung die Schichten in die Einfallrichtung des Stockes gebracht sind. Eine Mitfaltung des Stockes lässt sich nicht konstatiren. Grosse Brocken von Malmkalk sind früher im Querschlag V angetroffen worden, heute leider nicht mehr zu sehen, von denen GÜMBEL schreibt,<sup>1)</sup> sie seien so wirr ge- lagert, dass sie den Eindruck machten, als seien sie in eine Kluft oder Spalte gestürzt. Gegen das Hangende zu legen sich an den wieder von sandigem Letten begrenzten Erzstock weisse und glaukonitische Sande, zum Theil zu Sandstein, zum andern zu Knollen verfestigt, mit Zwischenlagerung von glaukonitischen Mergeln; darauf folgt dann unter der oberflächlichen Flugsandbedeckung ein sog. tripelartiges Gestein. Diese Schichten fallen, nach mir zu Theil gewordenen Nachrichten, mit der Neigung des Gehänges etwa ein. Ein richtiges Profil ist leider nicht erschlossen zur Zeit, da der lose mit Wasser durchtränkte Sand beim Anhauen als schwimmendes Gebirge leicht gefährlich wird. Ich will deshalb diese Beobachtungen mit solchen aus dem südwestlich vorgelagerten Gebiet und Fossil- funden aus den Glaukonitmergeln, welche bei einer früheren Aufschlussarbeit aus dem Hangenden des Erzstockes gefördert wurden, zusammenfassend darstellen.

Von etwa 1 km Abstand vom Erzberg an treten in den Wiesen und Aeckern Dolomiffelsen anstehend auf. Günstige Aufschlusspunkte finden sich allerdings erst südlich zwischen der Stadt Amberg und den von Haag nach Köfering sich erstreckenden „Thalwiesen“. Hier hebt sich zunächst bei Gailohe in einer Kuppe und dann an den Thalwiesen in einem ausgedehnten Saum der Frankendolomit, dessen Stufenzugehörigkeit ich nicht ermitteln konnte, aus dem flachen Gelände. Allen seinen Unebenheiten sich anschmiegend, bedeckt ihn ein bohnerartiges Conglomerat von Kalksteinbruchstücken, abgerolltem Thoneisenstein von Erbsen- bis fast Faustgrösse, Quarzsand und Feldspaththeilen, mit Blättchen grünlichen Thones, verkittet durch hie und da rosenrothen Kalkspath und erfüllt von Muschel- resten, die wegen des späthigen Bindemittels nur schwer wohl erhalten vom Neben- gestein zu trennen sind. Doch habe ich aus dem Gestein folgende Fossilreste isoliren können:

*Ostrea diluviana* LINNÉ.

*Ostrea carinata* LAM.

*Pecten dichotomus* SEGU.

(Diese zuerst von SEGUENZA, Cret. medio dell'It. merid. Roma 1882, p. 105. tab. XV. f. 4, 4a, 4b aus dem unteren Cenoman beschriebene Art ist mir in einigen Exemplaren aus den Korytzaner Schichten Böhmens [im Besitz der Münchener Staatssammlung] neben meinen Amberger Stücken bekannt.)

*Pecten elongatus* LAM.

(Nach GEINITZ Elbthalg. I. S. 195 auf den unteren Quadersandstein und Unterpläner in Sachsen, Grünsand des Unterquaders, Hippuritenkalk von Grossdorf, Unterpläner des Borzen in Böhmen, Grünsand von Frohnhausen bei Essen und Cenoman Frankreichs [Le Mans etc.] beschränkt.)

*Terebratula* cf. *phaseolina* LAM.

Diese durchschnittlich  $\frac{1}{2}$  m mächtige Schicht, welche GÜMBEL<sup>2)</sup> von dem 5 km entfernten Germersdorf beschrieben und seinen Kluftausfüllungsschichten mit *Ostrea diluviana* L., bzw. den Perutzer Schichten gleichgestellt hat, lässt sich

<sup>1)</sup> Amberger Eisenerz. S. 306.

<sup>2)</sup> Ostbayr. Grenzgeb. S. 704, 705, 728.



vielleicht noch besser mit den Korytzaner Schichten vergleichen. GÜMBEL gibt<sup>1)</sup> daraus Stacheln von *Cidaris aff. vesiculosa* GOLDF. an. An dem Aufschluss an den Thalwiesen wird sie von einer ebenso mächtigen Lage kieseligen Grünsandes überdeckt, der durch alle Uebergänge mit dem sog. Amberger Tripel, dem von GÜMBEL Schwammflintstein oder Gaisit genannten Gestein verbunden ist. Nach Osten zu, in der Gegend von Moos, wo der Grünsandstein weniger kieselig ist und auch mächtiger auftritt, tritt der ihn überlagernde Tripel zurück und noch weiter südöstlich bei Högling und Jeding, wo der Grünsandstein wohl aufgeschlossen ist, konnte ich letzteren gar nicht mehr konstatiren; andererseits nördlich von den Thalwiesen bei Gailohe scheint, soweit die stark verschütteten Einschnitte einen Schluss zulassen, der Grünsandstein zu fehlen. Der Grünsandstein enthält dort

*Vola (Janira) aequicostata* LAM. sp.

*Lima cf. pseudocardium* Rss.

*Serpula sexsulcata* MÜNST.

Der offenbar metamorphosirte Tripel ist hier an den Thalwiesen wie bei Germersdorf und Moos überwiegend dünnplattig, hellgrünlich (zu unterst), gelblich bis weiss, ziemlich leicht, porös und braust nicht mit Säuren, er ist auf seinen Schichtflächen vielfach mit Chalcedon- und Opalhäutchen überzogen, bei Gailohe tritt er ebenso auf, ist aber ebenso häufig von unebenem Bruch, klotzig, weil stärker verkieselt, geht in vollständige Hornsteine über und zeigt auf Kluffflächen zuweilen einen Ueberzug von Quarzkryställchen. GÜMBEL, welcher diese Beschaffenheit auf Entkalkung zurückführt, gibt in Ostbayr. Grenzgeb. S. 460 eine Analyse des Gesteins an. Es ist zu vermuthen, dass in Zerlegung des Glaukonits durch kohlen-saure Wasser eine mindestens ebenso wirksame Ursache zu suchen ist, da eine blosse Entkalkung die fein vertheilte und zum grossen Theil durch kohlen-saures Natron ausziehbar Kieselerde nicht erklären könnte, wohl aber Glaukonit durch kohlen-säurehaltiges Wasser leicht angegriffen wird.

Dieser Tripel enthält an manchen Stellen, wie z. B. bei Germersdorf, Steinkerne und verkieselte Reste von Organismen:

*Flabellina cordata* Rss.

*Vola (Janira) notabilis* MÜNST. sp.

(Nach GEINITZ Elbthalg. I S. 202 zuerst aus dem Grünsand von Essen bekannt geworden, ausserdem aus dem Unterquader und Unterpläner von Sachsen, Grünsandstein von Leiteritz, im Pläner von Plauen und Koschütz.)

*Exogyra sigmoidea* Rss. sp.

(GEINITZ, Elbthalg. I S. 186.)

*Rhynchonella compressa* LAM.

(Nach GEINITZ Elbth. I S. 165 in Sachsen auf den untern Quadersandstein und Unterpläner beschränkt. Ferner im glaukonitischen Quader von Mühlhausen in Böhmen, in der Tourtia von Frohnhausen bei Essen. Cenoman von Le Mans u. a. O.)

*Cidaris cf. vesiculosa* GOLDF. Stacheln.

GÜMBEL fasst diese Schichten mit den Reinhausener zusammen und stellt diese zu unterst in die Gruppe der turonen Bildungen unserer Gegend. Ich glaube, das um so eher annehmen zu können, als einerseits mein geringes Fossilmaterial eine unabhängige Stufenangliederung unsicher macht, als besonders andererseits GÜMBEL von vielen Orten das Zusammenvorkommen von *Pecten notabilis* und *Inoceramus labiatus* angibt, welch' letzterer als gutes Leitfossil unterturoner Schichten

<sup>1)</sup> Ebenda S. 759.



anzusehen ist. An der Grenze, soweit eine solche zu ziehen ist, des Grünsands und der Tripelschichten konnte man in einem Versuchsschächtchen des Eisenbahnbaus an den Thalwiesen eine schwarz-grünliche Thonschicht beobachten, und mit dieser möchte ich ein Vorkommen eines stark thonigen Glaukonitmergels im Hangenden des Erzstockes vergleichen, welches bei einer früheren Aufschlussarbeit zu Tage kam. Ich bestimmte aus diesem Material, welches Herr Prof. Dr. VON AMMON mir liebenswürdigst zur Bearbeitung überliess, folgende Arten:

*Exogyra haliotoidea* Sow. sp.

(Flache Exemplare wie auch verhältnismässig höher gewölbte von der Art, wie sie COQUAND, Monogr. du G. Ostr. p. 144, pl. 50 f. 8—10 abbildete.)

*Ex. aff. laciniata* NLSS.

*Anomia subtruncata* D'ORB.

*Inoceramus* sp.

*Cyprina quadrata* D'ORB.

*Vola quadricostata* Sow. sp.

(GEINITZ, Elbth. II, S. 37 erwähnt das Auftreten vieler, grosser und typischer Exemplare im cenomanen Grünsandstein von Kelheim, woher sie mir auch vorliegen, ausserdem aus dem Upper Greensand von Wight, aus der Meule von Bracquegnies in Belgien und aus Schlesien. Auch besitzt die M. Staatsammlung ein Stück aus dem Rotomagien von Brancaleone. Sonst scheint sie nur aus turonen und senonen Schichten bekannt.)

*Cerithium* sp.

*Koprolithen.*

*Enoploclytia* n. sp.

(Die bereits handschriftlich von SCHLÜTER als *En.* bezeichneten Scheeren, welche einer *Enopl. Leachi* REUSS verwandten Art angehören dürften, unterscheiden sich von jenen durch die gleichmässige und dichtere Tuberkulirung, sind auch verhältnismässig etwas schmaler. Sehr ähnliche Scheeren bilden FRITSCH und KAFKA. Crust. d. böhm. Kreidef. Prag 1887 tab. V fig. 10 u. 11, ab, deren Hand jedoch im Verhältnis zur Breite kürzer ist als bei unserem Exemplar. Dagegen besitzen sie auch die wenigen randlichen, gröberen Tuberkeln. FRITSCH bezeichnet sie als „vielleicht einem *Podocrates* angehörig“. Doch ist bis jetzt keine Scheere von *Podocrates* bekannt, vielmehr gehört er nach ZITTEL Handb. II. S. 689 (Grundz. S. 486) überhaupt zu der scheerenlosen Familie der *Palinuriden*, bzw. der Subfamilie der *Scyllarinen*. Vergl. auch die von TRIBOLET (Bull. soc. géol. de France 1875, p. 76 Pl. I fig. 5, 5a) als *Hoploparia Latreillei* (ROB.) TRIB. aus dem Neocom und Urgo-Aptien beschriebenen Scheerenglieder.)

Diese Schichten kennzeichnen sich durch die Unterlagerung des dem unteren Turon zuzurechnenden Tripels als cenoman, wie durch die Häufigkeit der *Exogyra haliotoidea* in denselben. Doch dürften sie nicht in das untere Cenoman einzureihen sein, vielmehr möchte ich sie mit den Eybrunner Glaukonitmergeln in Parallele stellen, denen sie auch in der petrographischen Beschaffenheit gleichen.

Es ist noch zu erwähnen, dass zwischen Gailohe und den Thalwiesen, sowie weiter südlich im Hirschwald ein gelber, wohlgeschichteter, zum Theil eisen-schüssiger, manchmal in Knollen verkieselter Sand den Tripel überlagert. Diese Ueberlagerung lässt sich auch weiter südöstlich konstatiren, wenn man von Högling und Wolfring, wo der Grünsandstein ansteht, nach Westen über Freihöls, wo der Tripel in den Forstgräben zu Tag tritt, nach Diebis geht. Hier finden sich haufenweise Exemplare von *Exogyra columba* LAM. sp., seltener *Exogyra auricularis* LAM. sp. und *Spondylus hystrix* MÜNST. Hinsichtlich der *Exogyra columba*, welche

auch GÜMBEL von dort erwähnt, und die dort ohne Zweifel an primärer Lagerstätte sich findet, ist noch beizufügen, dass die Bestimmung vorzugsweise nach REUSS, Versteinerungen des böhm. Kreidef. 1845—46 S. 43 geschah, während COQUAND, Monogr. d. G. Ostrea 1869 S. 121 (*O. Ratisbonensis* SCHLOTH.) und FRITSCH, Studien im Geb. d. böhm. Kr. III, Prag 1883 S. 117 f. alle jene Exemplare aus der Art ausscheiden und vorwiegend zu *Exogyra conica* D'ORB. sp. stellen, welche am Wirbel eine Anheftstelle zeigen. Dem gegenüber sagt GEINITZ, Elbth. I. S. 182, dass *Ex. columba* nur an der Spitze der Schale und meist nur in der Jugend angeheftet sei. An Stücken aus dem Grünsand von Drahomischl und aus dem Cenoman von Le Mans kann man sich überzeugen, dass an derselben Lokalität neben unzweifelhaften Exemplaren von *Ex. columba* ohne Anheftstelle auch ebenso gut ausgebildete typische Formen mit grösseren oder kleineren Anwachsstellen vorkommen, und insbesondere die Austern von Le Mans zeigen, dass die Anheftstellen bei kleinen Individuen im Verhältnis zur Gesamtgrösse recht erheblich sein können.

Da übrigens *Exogyra columba* ebenso in turonen als in cenomanen Schichten auftritt, und *Ex. auricularis* wie *Spondylus hystrix* charakteristisch für das obere Turon sind, da ferner diese Schicht den Tripel überlagert, so ist diese ziemlich mächtige und ausgedehnte Ablagerung, die auf der amtlichen geognostischen Karte mit der Bezeichnung „Kreideschichten im Allgemeinen“ versehen ist, als oberturon, speciell als Aequivalent der Winzerbergschichten anzusehen.

Zu erwähnen ist hier noch, dass in der Nähe des Pulverthurms, nicht tief unterhalb des Kamms des Erzberges, das in der mineralogischen Litteratur häufig angezogene Vorkommen von Phosphorit sich findet, von welchem GÜMBEL in Frankenjura S. 407 ein Profil gibt. Hiernach kommt über dem mit etwa 45° einfallenden Weissjurakalk eine Anhäufung von Hornsteinknollen und darüber eine Lage von weissen thonigen Massen von dem gleichen Einfallen, in welchen der Phosphorit in Knollen auftritt. Diese Lage ist etwa 7 m mächtig und wird überdeckt von einer braunen bis gelben Thonlage; darüber endlich beginne die eigentliche Erzlage, von Brauneisenerzbutzen erfüllt. Dieser Aufschluss ist heute gänzlich überwachsen, doch sind noch bei VOITH<sup>1)</sup> darüber interessante Bemerkungen zu finden. Dieser schreibt auch, dass sich die phosphoritführende Lage im Hangenden des Kalks findet, und zwar hin und wieder in einer Mächtigkeit von zwei bis drei Fussen. Dies ist erheblich weniger als GÜMBEL angibt. Es erklärt sich aber durch den Umstand, den auch VOITH angibt, dass diese Lage nahe der Tagesoberfläche sich findet und somit durch den Ackerbau, wie insbesondere die vielen alten Bergbauversuche und Pingen die natürliche Lagerung aufs äusserste gestört ist. Es lässt sich daher auf die Entstehung dieser Schicht aus den Lagerungsverhältnissen kein Schluss ziehen. Was die mineralogische Beschaffenheit des Phosphorits betrifft, so erwähnt VOITH als vorherrschend das Auftreten in Form einer teigartig weichen Masse von gelblichweisser Farbe, welche nach dem Trocknen in eine fette ockergelbe übergeht. TSCHERMAK<sup>2)</sup> führt dieses Vorkommen als über den Amberger Erzen gelagert an, was nach diesen Mittheilungen nicht ganz zutreffend ist. Ausserdem kommt nach VOITH der Phosphorit noch concretionär von Hirsekorn- bis Kindskopfgrösse in den verschiedensten

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 526.

<sup>2)</sup> Lehrbuch der Mineralogie 1897. 5. A. S. 538.



Formen vor, die meist jedoch rissig sind. Diese Risse und Sprünge sind überzogen mit krystallinisch-fasrigem Phosphorit und endlich soll er auch in minimalen stark glasglänzenden Kryställchen mit convexen Oberflächen vorkommen. Eine Analyse des Amberger Phosphorits gibt v. GORUP-BESANEZ in den Annalen der Chemie und Pharm. 1854, Jahrg. 89. II. Heft. S. 221.

Wenn wir nun die Beobachtungen an den recht complicirten Verhältnissen des Amberger Erzbergs kurz recapituliren, so ist das vorläufige Ergebnis, dass der steil fallende, höchst unregelmässige Stock, in welchem grössere und kleinere Nester und Linsen von Erz in Letten und Sand gehüllt sind, sich an die stark gefalteten und zertrümmerten Schichten des Jura anlegt, bezw. in dieselben übergeht: der Eisenspath in den Dolomit, der Sand zum Theil in den Sandeisenstein des Dogger und der Letten in den dunkeln Thon der Dogger- und Liasschichten. Theilweise wird der Stock von den übergreifenden Rippen von Jurakalk bedeckt, und im Hangenden lehnen sich zunächst ziemlich steil fallende Schichten der oberen Kreideformation an, welche sich, was ich hier nachtrage, bei Eglsee am westlichen Fusse des Erzbergs in einer etwa 7 m tiefen Sandgrube aufgeschlossen, in geringerem Maasse gestört zeigen, jedoch immerhin von nicht wenigen Rissen durchzogen und an denselben abgerutscht sind. Alsbald nach Westen zu aber überdecken sie, flach gelagert, den ebenso angenähert horizontalen Malmkalk und Frankendolomit.

So sind also die jüngsten am Erzberg auftretenden Ablagerungen, abgesehen von recentem Flugsand, cretacischen Alters. Von tertiären Bildungen ist nur bei dem Weiler Benkhof ein Fossil bekannt geworden. Hier überdeckt eine mehrere Meter mächtige Lage braunen Lehms die vorhin als oberturon bezeichneten Sandschichten, und diese ist in irgend einer Verbindung mit einer gelblich weissen Lage von kieseliger Beschaffenheit, nicht unähnlich dem dünngeschichteten Tripel, noch ähnlicher jedoch den in den meisten Sammlungen vertretenen, miocänen Pflanzenreste führenden Platten von Oeningen. Diese Schicht wurde vor langer Zeit aufgeschlossen und lieferte dabei Pflanzenreste, die heute im Besitz der Münchener Staatssammlung sind und von Graf MÜNSTER in seinen Beiträgen zur Petrefaktenkunde V. S. 103 ff. beschrieben wurden. Die einen Stücke hielt er für Stammstücke einer *Cacalia*<sup>1)</sup> ähnlichen Form und nannte sie *Culmites* (auf der Originaletikette *Cacalites*) *Goepperti*. Früher schon hatte sie SCHLOTHEIM<sup>2)</sup> als *Palmacites annulatus* aufgeführt und damit schon den wesentlichen Unterschied gekennzeichnet, welcher zwischen jenen Stücken und dem vergleichshalber von MÜNSTER abgebildeten Zweigstück von *Cacalia* besteht. Es ist dies die schuppige Beschaffenheit eines Rhizoms, als welches sie auch SCHIMPER erkannt hat. Er und OSWALD HEER stellten sie zu *Arundo* und in die Nähe der heute lebenden Art *Arundo Donax*.<sup>3)</sup> Dann identificirte SCHIMPER mit unseren viele Exemplare aus Franzensbad, Marienbad, Litmitz und Oeningen, und GÜMBEL gibt sie auch<sup>4)</sup> aus den Braunkohlenablagerungen von Wackersdorf an. Ausserdem beschrieb MÜNSTER von dort einen schlecht erhaltenen Rest, den er *Conites Rossmässleri* nannte, und

<sup>1)</sup> Die Gattung *Cacalia* ist nach gütiger Mitteilung des Herrn Prof. Dr. ROTHPLETZ heute aufgelöst, und zum Teil gleich *Kleinia*.

<sup>2)</sup> Petrefaktenkunde 1820 S. 396 (Heft I, Tab. XVI, Fig. 5). SCHLOTHEIM hatte auch in den Nachträgen I. Abth., S. 98, Tab. XXI, Fig. 9 u. 10 von der gleichen Lokalität unbestimmbare Samenkörner, die er *Carpolithes malvaeformis* und *C. secalis* nannte, abgebildet.

<sup>3)</sup> SCHENK u. SCHIMPER, Handbuch der Pal. II. Abth. herausgeb. v. ZITTEL 1890 S. 385.

<sup>4)</sup> Frankenjura, S. 381.

welchen SCHIMPER zu *Glyptostrobus europaeus* stellte. Da die erwähnten weiteren Fundorte als sicher miocän gelten und SCHIMPER<sup>1)</sup> diese Pflanze direkt als Leitfossil annimmt, so steht bis zu einer neuen Aufdeckung des Lagers der Annahme nichts im Wege, dass auch dieses Vorkommen miocän und den procänen Sanden aufgelagert ist.

### Die übrigen Erzvorkommnisse der Amberger Verwerfungslinie.

Verfolgen wir nun den Zug des Erzberges von der ärarialischen Grube nach Nordwest, so finden wir auch weiterhin am Westabhange alte Pinggen, wenn auch in geringerer Zahl, die uns andeuten, dass hier, vielleicht nicht viel, doch immerhin zu öfterem Versuch anreizend, Erze vorkamen. Bei Karmensölden tritt dann der Malm in einem breiten Hügel stark nach Südwest vor, um dann an einer Querverwerfung in die Tiefe zu sinken, so dass bei Häringlohe auch der Westhang des Höhenzugs von den Sandsteinschichten des Keuper und unteren Lias gebildet ist. Dieser Einbruch ist eine quere Grabenversenkung im Kleinen, an deren nordwestlichem Rande Doggersand und Jurakalk wieder emporsteigen, auch die Posidonienschiefer sind etwas weiter nordöstlich d. h. im Liegenden aufgeschlossen. In einer Einbuchtung dieser Malmrippe bei Siebeneichen tritt wieder eine Erzanreicherung ein, die von der Maximilianshütte abgebaut wurde und jetzt verlassen ist. Beim Eisenwerk Rosenberg lässt sich dann ein steiler Einbruch konstatieren, den GÜMBEL und AMMON verschiedentlich erwähnen. An dem Hange ist nun durch einen Steinbruch der Malm aufgeschlossen, und sein Profil wurde durch v. AMMON<sup>2)</sup> beschrieben. Aus der Senke ragt eine Kuppe von Dolomit auf, an und auf welcher der Ort Rosenberg liegt. Bei Lobenhof steigt, um einige hundert Meter nordöstlich verschoben, der Höhenzug auf, und auch hier trat wieder eine Erzanreicherung ein, die von der Maximilianshütte abgebaut wurde. Durch einen Steinbruch ist das Liegende den Blicken zugänglich gemacht. Zu tiefst findet sich im Bruche Doggeroolith mit *Macrocephalites macrocephalus* SCHLOTH. sp. und mit *Belemnites giganteus* SCHLOTH. in Schollen von Ornatenton umhüllt; darüber die mergelige Grünoolithlage und mergeligen Schichten des untersten weissen Jura mit *Perisphinctes* cf. *Wartae* BUKOWSKI. Darüber folgen nach verschiedenen Richtungen zerklüftet die höheren Lagen des Jura mit einem wahren Einfallen von 40—50°. Oben bei der St. Annakapelle geht dann der Kalk in Dolomit über. Die Erzgrube ist nicht mehr zugänglich, doch eröffnet eine Sandgrube unterhalb der Kapelle einen Einblick in die Lagerungsverhältnisse. Hier überdeckt den unregelmässig begrenzten, angefressenen und zum Theil in Brauneisen übergehenden Dolomit grünlicher, weisser und gelber Sand mit 35—40° Neigung. Bei ca. 10 m Abstand vom Liegenden durchzieht eine braune Lettenlage mit groben Quarzkieseln, thonigen Bohnerzkörnern und Resten von Kieselchwämmen die mächtigere Sandlage. Weiter nach Nordwest schliesst sich an den Annaberg der Galgenberg an, der wiederum durch ein mächtigeres Hervortreten der steil gestellten Weissjuraschichten gebildet wird. Der Abfall des Berges wird wieder durch eine geringe Querstörung bedingt, an welcher der Malmkalk absinkt und der Doggersand ein wenig nach Südwest vorgeschoben wird. Zwischen diesem Galgenberg und dem nächsten Auftauchen der Kalkschichten am Arzberg findet

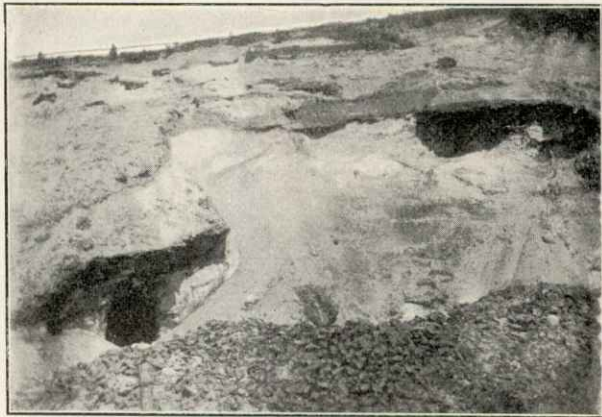
<sup>1)</sup> a. a. O. S. 829.

<sup>2)</sup> Frankenjura S. 623. Kleiner Führer S. 42.



sich wieder eine mächtige Erzanreicherung, welche durch die Zeche Caroline abgebaut wird. Hier ist das Ausgehende der Lagerstätte durch die Strasse nach Grossenfalz angeschnitten, wie es die beiliegende Figur zeigt. Hier wird der Doggersand von einer Lage von Letten und darüber von Sand bedeckt und diese Schichten fallen mit etwa  $60^\circ$  gegen den Beschauer, d. h. nach Südwest ein. An der Grenze der Dogger- und der überlagernden Lettenschicht ist der Sand zu einem rauhen Eisenstein verkittet und der Letten dunkelbraun bis rot gefärbt. Diese Durchtränkung mit der Eisenlösung vollzog sich in Bändern, die von der Schichtfläche aus sich nach innen ziehen. Doch dies ist noch kein technisch verwertbares Eisenerz. Zu einem solchen wird es erst in der Tiefe, wo der Stock auch grössere Ausdehnung gewinnt.

In der jetzigen Tiefbausohle von 89 m hat er einen annähernd kreisförmigen Querschnitt von 120 m Durchmesser und ausserdem schliesst sich nach SO eine zungenförmige Linse von Erz an. Hier aber ruht das Erz, das wieder mit Sand und verschiedenfarbigen Letten vereinigt ist, nicht mehr direkt auf dem Doggersand, vielmehr durchfuhr ein Querschlag nach Osten vom Schacht aus erst 4 m Thon, dann 17 m oolithischen Kalk und Thon des



Figur 3.

Ausgehendes bei Zeche Caroline.

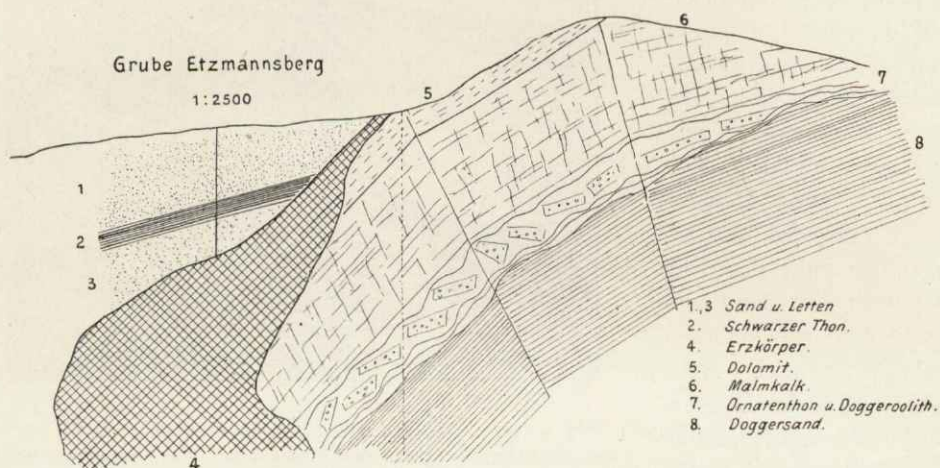
Die Schichten fallen gegen den Beschauer zu ein. Zu oberst unter der Humusdecke Kreideschichten, darunter der dunkle, rauhe Eisenstein (nach oben durch eine intensiv gefärbte Lettenlage begrenzt, nach unten in breiten Bändern in den das Liegende bildenden Doggersand eindringend.)

oberen Dogger, um dann erst in den Eisensandstein des Dogger einzudringen. Eine andere Strecke, welche vom Schacht aus im Streichen nach Südost aufgefahren wurde, legte die Störungszone bloss, an der das Absinken des Jurakalkes stattfand. Hier sind zahllose Brocken von Malmkalk in einen schwarzen Thon eingeknetet, der durch dunkle Phosphoritknollen sich als Ornatenthon kennzeichnet.<sup>1)</sup> Nördlich legt sich an den Erzstock Sand des Dogger an in unregelmässiger Weise und geringer Stärke, und dahinter steigt wieder der Jurakalk des Arzbergs auf. Der Erzstock selbst nimmt nach der Teufe an Mächtigkeit in jeder Abmessung zu und steht sehr steil, mit einem allgemeinen Fallen nach Südwesten. Er setzt sich aus einem sehr kompakten Brauneisenstein zusammen, der in ausgezeichneter Weise das Zuwachsen von Drusen und die Verkittung der Erzbrecie durch jüngeres, stärker hydratisirtes Erz oder durch weisses und gelbes Steinmark<sup>2)</sup> zeigt. Auch dieser Erzstock ist bis in die jetzige Teufe herein mit Uraltungen durchfahren, welche wohl die inneren Verrutschungen und Breccienbildungen zur Folge hatten, wie nicht nur die sog. Erzhülle, ein kreisrunder Weiher in der Firste des Erz-

<sup>1)</sup> Dr. POMPECKJ, Die Juraablagerungen etc. Geogn. Jahreshfte 1901. S. 162.

<sup>2)</sup> GÜMBEL gibt Ostb. Grenzg. S. 465 eine Analyse desselben an, wonach dasselbe aus nahezu reinem, wasserhaltigem Thonerdesingulosilikat besteht und somit die Zusammensetzung eines Kaolinit besitzt. Das Steinmark ist ziemlich hart. H. 2,5—3, fühlt sich fettig an und klebt stark an der Zunge.

stockes, welcher durch eine Einsturzpunge verursacht ist, angedeutet, sondern auch das völlige Geschlossenensein der früheren Grubenräume. Im Hangenden legt sich zunächst schwimmender oder doch wasserreicher Sand und dann blauer Letten mit verschiedener, jedoch stets geringerer Neigung als das Erz nach Südwesten an. Die nächste Querverwerfung tritt dann einen Kilometer weiter nordwestlich nächst Etmannshof ein, an welcher der Verlauf der Hauptspalte aus der SO.—NW.-Richtung in eine nordwestliche abgelenkt wird. Schon ehe man in der Verfolgung der Verwerfung an diesen Haken kommt, weicht der Kalksteinrücken des Arzbergs zurück und hier setzt wiederum die Erzbildung ein, die durch die Zeche Etmannsberg abgebaut wird. Der verlassene Maxschacht, der im Liegenden abgeteuft war, ging durch den Malmkalk bis in den Eisenoolithkalk des Doggers. Von dort



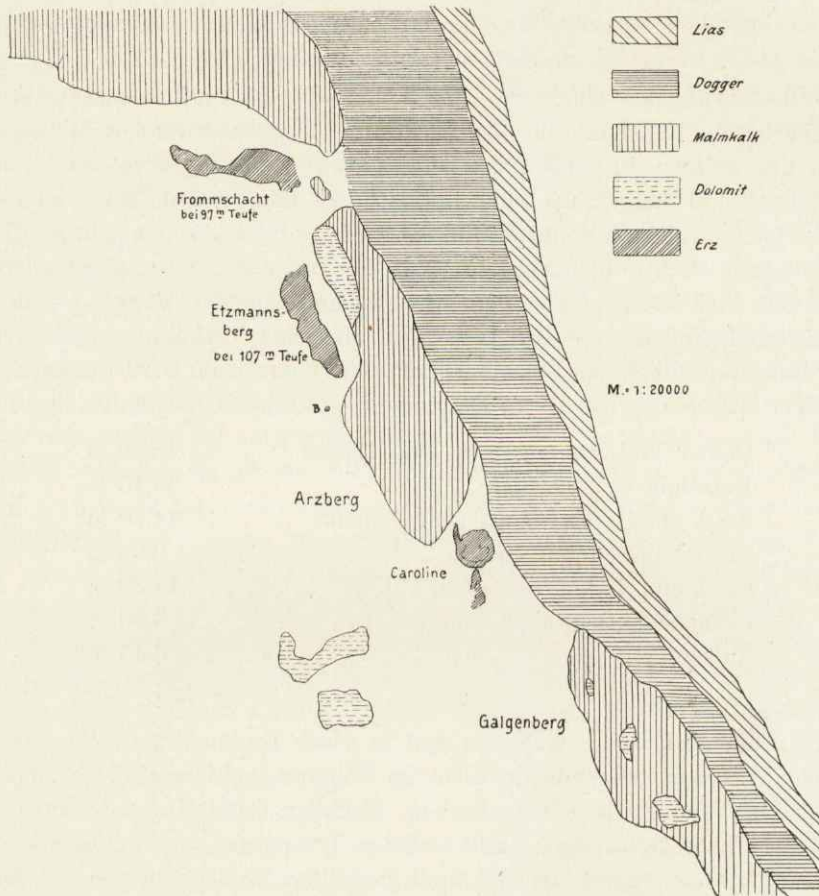
Figur 4.

ging der Querschlag durch mit Oolithkalkbrocken durchsetzten Ornatenthon, zusammen 8 m lang, und dann weitere 16 m durch erst klotzigen, dann plattigen Malmkalk,<sup>1)</sup> der mit etwa 60° nach Südwest einfiel. Dieser Kalkstein ist von gleichsinnig fallenden, jedoch steileren Klüften und Absonderungsflächen durchzogen, und an eine solche legte sich eine wenig mächtige gelbe Lettenlage, durchschnittlich 1/2 m stark, hinter welcher das Erz selbst sich einstellte. Die hangende Begrenzung des Erzstocks zeigte nahe der Tagesoberfläche (siehe Figur 4), wo er sehr gering mächtig war und Dolomit zum Liegenden hatte, eine Neigung von etwa 70°, verflachte sich bei 35—40 m Teufe bis zu 60° und weniger, wobei im gleichen Maasse das Erz an Mächtigkeit gewann, stellte sich dann bei 90 m fast seiger und weicht bei der jetzigen Maximalteufe von 112 m zum Theil zurück. Die liegende Begrenzung geht, wie gesagt, bis etwa 100 m parallel den Absonderungsflächen des Kalks, dabei mehrmals von einer Absonderungsbank zur nächsten überspringend und biegt dann plötzlich widersinnig um, so dass die Bruchflächen des, geologisch genommen, liegenden Kalks im Dache des Erzes erscheinen. Bei der Teufe von 112 m ist die Begrenzung schon so weit zurückgewichen, dass statt des Kalksteins schwarzer Ornatenthon im Dache ansteht. Was die horizontale Erstreckung

<sup>1)</sup> Ich habe aus den plattigen Kalken des Arzbergs *Harpoceras hispidum* OPP. sp., *Perisphinctes convolutus* QUENST. sp. und Stacheln von *Cidaris coronata* GOLDF. sp. gesammelt, und v. AMMON gibt (Frankenjura S. 624) aus dem Ornatenthon *Amm. coronatus* an.



anlangt, so gewann sie auch nach der Tiefe zu an Grösse. Sie hat, wie Figur 5 zeigt, eine lang linsenförmige Gestalt, die etwa den Raum erfüllt, der durch das Zurücktreten des Kalkes gegenüber dem südlichen Theil des Arzbergs frei wird. Noch deutlicher wird dieses Verhältnis durch Figur 4. In der 112 m Sohle ist das Erz auf 350 m Länge verfolgt, ohne dass man sein nordwestliches Ende erreicht hätte. Man vermuthet daher eine Verbindung in der Teufe mit dem hernach zu besprechenden Frommschacht. Die Mächtigkeit, welche in der 107 m Sohle



Figur 5.

bis 30 m betrug, macht in der 112 m Sohle bis zu 80 m aus. Der jetzige Tiefbauschacht ist südöstlich vom Erzstock im Jurakalk angesetzt, das Schachttiefste steht jedoch in grauem Thon, der mit Kalksteinbrocken, die allerhand Rutschflächen zeigen, untermischt ist. Da in diesem Thon häufig dunkle Phosphoritknollen auftreten, und auch die übrigen Lagerungsverhältnisse dafür sprechen, ist er als Ornatenthon anzusehen. Das Hangende des Stockes zeigte der alte Karlschacht, der 25 m groben Sand, dann 6 m schwarzen Thon und darunter 11 m zumeist schwimmenden Sand erschloss, unter welchem der in Letten gehüllte Erzstock erreicht wurde. Diese Schichten fallen mit schwächerer Neigung ( $20-25^{\circ}$ ) vom Erz weg ein, so dass also das Erz discordant sowohl zu seiner Unterlage, als zu seinem nicht ungestört gelagerten Hangenden steht. GÜMBEL<sup>1)</sup> sagt desshalb: „Es

<sup>1)</sup> Amberger Eisenerzform. S. 302.

ist klar, dass diese Erzmasse sich nicht in der steilen Lage gebildet haben kann, in welcher wir dieselbe jetzt vorfinden.“ In wie weit dies zutrifft, ist an späterer Stelle zu untersuchen. Die Erze selbst sind wiederum dichte Brauneisensteine, die selten in Rotheisenstein übergehen. In manchen Lagen finden sich häufig Hornsteinknollen des Jurakalks. Einmal fand sich in der 112 m Sohle ein Block von Kalkstein, etwa 5 m mächtig, mitten im Erz; doch war derselbe nicht mehr zugänglich. Von der mineralogischen Beschaffenheit wäre nur noch zu sagen, dass zuweilen im Liegenden Anreicherungen von Mangan in sog. Schwarzeisenstein sich finden, sowie selten Ausscheidungen von anderen Mineralcombinationen, wovon GÜMBEL in Ostb. Grenzgeb. S. 462 eine Analyse gibt.

Westlich von der Querverwerfung baut die Maximilianshütte durch den Frommschacht die Eisenerze ab, die wiederum in ganz ähnlicher Weise an den Kalkstein des weissen Jura gebunden sind. Diese Erzlinse ist bis zu 98 m Teufe aufgeschlossen und nimmt nach der Tiefe zu an Längenausdehnung zu, so dass sie in der jetzt erreichten Sohle 350 m lang ist und bis 85 m mächtig. Das Bild ist hier insofern etwas anders, als das Erz sich unter einer vorspringenden Rippe von Kalkstein nach Norden zu ausbaucht, um dann von der 89 m Sohle ab wieder rechtsinnig nach Süden zu einzufallen. Ein ähnliches Verhältnis ergab sich auch bei einer Bohrung südlich von Etmannsberg (siehe Figur 3) auf der Brunneite, welche nach gütiger Mittheilung des Herrn Bergingenieur KLEIN folgendes Resultat hatte:

Gelber und weisser Sand und Letten . . . . .	48,50 m
Kalkstein . . . . .	39,15 m
Sand, theils fest, theils schwimmend . . . . .	14,10 m
Gelber Letten mit Erz . . . . .	0,90 m
Sand und Letten . . . . .	11,30 m
Brauner Letten und Sand mit Erz . . . . .	3,60 m
Kalkstein . . . . .	6,45 m
	<hr/>
	124,— m

Auch hier also findet sich das Erz in einer Einbuchtung oder Nische des Kalksteins. Was das Hangende der Erze im Frommschacht betrifft, so ist es auch hier Sand und blauer Thon von flachem Einfallen. Bei Kleinfalz gewinnt die Spalte wieder ihr regelmässiges nordwestliches Streichen, wie sich schon aus der Oberflächenfiguration ergibt, da die steil gestellten Kalksteinbänke die darunter liegenden sandigen Schichten vor der raschen Denudation schützen. Ein Kilometer weiter im Streichen der Verwerfung liegt der Einzelhof an der Bahnlinie Neukirchen—Vilseck, von wo GÜMBEL<sup>1)</sup> folgendes Profil angibt: Zunächst über dem Dolomit und zwar in einer Einmuldung desselben finde sich grauer Thon, dann weisser Sand mit Sandeisenstein, nach oben übergehend in Grünsandstein, weiterhin gelber Letten mit Brauneisenstein. Zu oberst folge ein dunkler, sandiger Thon voll von Versteinerungen des Cenomangrünsandsteins. Diese Versteinerungen sind, soweit sie mir durch das Entgegenkommen der kgl. geognostischen Landesuntersuchung zugänglich waren und soweit sie mir bestimmbar erschienen, folgende:

*Cardium Ottoi* GEIN. (GÜMB.).

*Spondylus latus* SOW.

*Pecten* cf. *curvatus* GEIN.

<sup>1)</sup> Frankenjura S. 428.



*Nucula porrecta* REUSS.

*Tellina (Arcopagia) semicostata* REUSS (FRITSCH, Stud. II. Weissenb. Sch. S. 126 f. 102).

Da diese Fossilien, insbesondere das nicht seltene *Cardium Ottoi*, charakteristisch für turone Ablagerungen sind, so darf man wohl auch für diese Bildung ein turones Alter annehmen; dies scheint auch mit dem Umstand übereinzustimmen, dass bei Amberg die eigentlichen cenomanen Schichten sichtlich auskeilen und auch die untersten turonen Bildungen, d. h. in unserer Gegend der Tripel bei Sulzbach und weiter nördlich nicht mehr angetroffen wird. Wohl aber gewinnt diese Sandbildung mit der Einlagerung eines schwarzen Thones eine weite Verbreitung, wie wir noch sehen werden, und v. AMMON<sup>1)</sup> gibt diese Schichten vom Bahnhof Sulzbach an, wo sie mit dem Frankendolomit verworfen einfallen und von jüngerem Sand und Sandstein überdeckt werden. Lässt sich nun auch die Verwerfungslinie noch sehr leicht bis Oberreinbach, wo der plötzliche Abbruch der älteren jurassischen Schichten stattfindet und deren Randlinie nordöstlich gegen Vilseck zu verläuft, und bis Eschenfelden, wo noch einmal Dogger und unterer Malm zu Tage treten, verfolgen, so sind hier doch noch nirgends die Erze, die sonder Zweifel auch hier sich finden, erschlossen worden. Weiterhin lässt sich die Verwerfung nicht mehr so leicht konstatiren, da nördlich wie südlich Dolomit ansteht und überdeckender Sand die Lagebeziehungen verhüllt. Doch tauchen weiter nordwestlich zwei andere Spalten auf, die von L. v. AMMON und THÜRACH<sup>2)</sup> beschrieben wurden. Es ist dies einmal die vom Aufsessthal über Königfeld nach Staffelstein ziehende nordnordwestliche und dann die bei Zentbechhofen und Forchheim bemerkbare gekrümmte, im grossen Ganzen ostwestliche Walperlespalte. Schon AMMON spricht die Vermuthung aus, dass eine der beiden die Fortsetzung der Amberger Spalte bilden dürfte, und THÜRACH glaubt, die Walperlespalte als solche bezeichnen zu können. Zur Beurtheilung dieser Frage ist von Interesse, dass einmal in der geraden Verlängerung der konstatirten Störungslinie bei Neuhaus an der Pegnitz zur Zeit ruhende Eisenerzgruben sich finden, worauf im Uebrigen nicht allzugrosses Gewicht zu legen ist, und dass noch weiter nordwestlich wieder genau in der Fortsetzung der Amberger Spalte bei Betzenstein wiederum die Eisenerzbildung einsetzt. Dieses Vorkommen, welches von dem „Veldensteiner Sandstein“ überdeckt wird und nicht sehr weit von einem sicheren Aufschluss oberturoner Schichten am Mergnerser Anger<sup>3)</sup> entfernt ist, hat GÜMBEL als besonders wichtiges Beweismittel für das untercenomane Alter der Amberger Erze angesehen. Zu diesem Zwecke musste er allerdings eine nur 0,25 m mächtige Schicht glaukonitischen Sandes, welche unmittelbar unter den Calianassenschichten ansteht, als Aequivalent des ganzen Regensburger Grünsandsteins annehmen, damit der darunter gelagerte 1,25 m mächtige gelbe Sand mit Brauneisenbutzen, der durchaus nicht sicher dem eigentlichen Eisenerzlager gleichwerthig ist, den Perucer Schichten zugerechnet werden konnte. Das Beweismittel scheint also nicht ganz gesichert, dagegen ist diese Erzbildung und noch mehr jene von Plech und Hunger, zwischen Plech und Betzenstein, beide in der Verlängerung der Amberger Spalte gelegen, interessant, weil heute noch zwischen Hunger und Ottenhof ein auf der Generalstabskarte

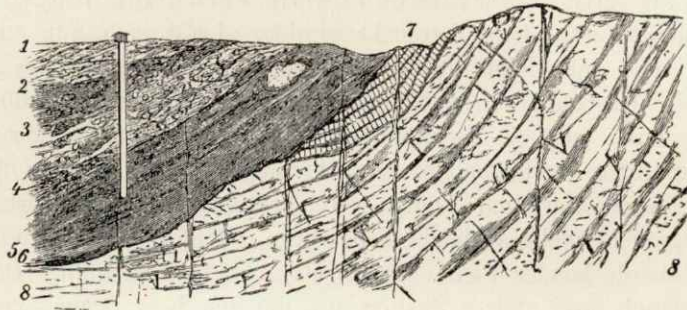
<sup>1)</sup> Frankenjura S. 624. Kleiner Führer S. 40. (In Frankenjura heisst es durch einen Druckfehler 80° anstatt 30°.)

<sup>2)</sup> Frankenjura S. 610 ff. und 622 ff.

<sup>3)</sup> Frankenjura S. 426. Ostbayr. Grenzgeb. S. 745.

verzeichneter, dem Geschmacke nach ziemlich kräftiger<sup>1)</sup> Sauerbrunnen sich findet, der wohl nicht unmittelbar von den Tagwässern gespeist wird, aus dem hohen Kohlensäuregehalt zu schliessen und, weil er nach der Aussage der Leute auch zu solchen Zeiten nicht ausblieb, als die übrigen Brunnen versiegten. Diese Umstände scheinen gute Indizien dafür zu sein, dass hier die Amberger Spalte durchsetzt und in die Staffelsteiner Spalte übergeht, was auch mit der Richtung der anderen Verwerfungslinie (z. B. Vilseck—Auerbach—Pegnitz—Hollfeld) übereinstimmt.

Bis jetzt haben wir die Eisenerzbildungen der Amberger Spalte von Amberg nordwärts betrachtet. Nach Süden zu begegnen wir wesentlich nicht davon verschiedenen Verhältnissen, die wir freilich zum grossen Theil aus Akten und



Figur 6.

Eisenerz-Ablagerung bei Engelsdorf.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Lehm und Sand (Oberflächenbedeckung).                    | 5. Lettiger Brauneisenstein (Hauptflötz). |
| 2. Gelber und grüner faseriger Thon mit Eisensteinkörnchen. | 6. Eisensteinschale.                      |
| 3. Sandiger Thon mit Hornsteinknollen.                      | 7. Rauchgrauer Jurakalk.                  |
| 4. Hornsteinknollen mit Brauneisenstein.                    | 8. Doggeroolith und Eisensandstein.       |

Angaben GÜMBEL's kennen lernen müssen, da heute Grubenaufschlüsse fehlen. Ein recht instruktives Profil gibt GÜMBEL von dem Bergbau zu Engelsdorf, welches auch hier zum Abdruck kommt. Der Schacht durchteufte von oben nach unten schwach geneigten Grünsandstein, der wenig weiter westlich im Dorfe selbst fast horizontal gelagert ist, bei Högling jedoch an der Spalte mit 20—30° einfällt, dann gelben und grünen Letten mit stärkerer Neigung, darunter kam das Erzflötz, wieder aus Letten und Brauneisenstein mit Hornsteinknollen bestehend. Ausserdem macht das Bild ersichtlich, dass einmal im Erz Kalkstein angetroffen wurde. Zum Liegenden hatte das Erzflötz Malmkalk, an den es sich nach der Zeichnung stufenweise anlegte, wie wir es auch von Eitzmannsberg gesehen haben, in grösserer Tiefe Eisenoolithkalk und Eisensandstein des Dogger. In Krumbach traf man eine ähnliche Lagerung an. Nach der Darstellung, welche GÜMBEL im Frankenjura S. 398 davon gibt, fällt hier am Ruithberg Eisensandstein, weiter westlich am Gehänge gelber Mergel mit *Belemnites calloviensis* und Doggeroolith, darüber unterster Malm mit 15° nach Südwest ein, der jedoch in einer gewissen Teufe an den gleichen Schichten, welche von Krumbach her mit 55° nach Südost streichend einfallen, abstösst. An dieser Verwerfung findet sich das Erz, das hier eine Mulde bildet in den verschieden tief ausgefressenen Schichten des Malm und Doggerkalks, im Osten wie die unterlagernden Schichten flach geneigt, im Westen ebenso steil fallend und verkieselte Fossilien des Malm und Dogger beherbergend.

<sup>1)</sup> Leider war es mir aus Mangel an Zeit nicht mehr möglich, eine Analyse des Wassers zu geben.



Wo sich der Eisensandstein des Dogger heraushebt, keilt sich das Erzlager aus. Im Hangenden legen sich verschiedenfarbige Thone und darüber Sande an, die in gleicher Weise die Faltung mitmachen. Weiter nach Südosten zu keilen die steil gestellten Schichten des Jura an der Spalte aus und gleichzeitig sind die letzten Punkte, an denen die Erzbildung einsetzt, Paulsdorf und Altenricht, wo noch zum letzten Mal die Schichten des weissen Jura mit Sicherheit zu konstatiren sind. Die Lagerungsverhältnisse sind, soweit es zu erfahren war, die gleichen, wie bei den besprochenen Erzstöcken. Weiter nach Südwesten stossen die Kreideschichten, soweit Aufschlüsse gegeben sind, unmittelbar am krystallinischen Waldgebirge ab; auch die als „Keuperschichten im Allgemeinen“ auf der Karte bezeichneten Ablagerungen können nach v. AMMON ebenso gut einen Ueberdeckungssandstein vorstellen, und auch ich konnte zwischen diesen auf der Höhe östlich von Dürnsricht anstehenden gelben eisenschüssigen, grobkörnigen Sandsteinen und dem südlich im Dürnsrichter Kirchenholz zwischen Irrenlohe und Pittersberg hie und da aufgeschlossenen, auf der gleichen Karte als „Kreideschichten im Allgemeinen“ bezeichneten Sandstein, den wir als wahrscheinlich den Winzerbergschichten gleichaltrig erkannt haben, keinerlei Unterschied finden. Auch der Umstand stimmt damit überein, dass dieser fragliche Keupersandstein augenscheinlich den im Orte Dürnsricht anstehenden Grünsandstein überlagert. Bei Schwarzenfeld unterbricht das breite Thal der Naab den Granitrücken, der hier die Erstreckung der Spalte bezeichnet, und hier haben sich, den Unebenheiten des aus Granit und Grünsandstein bestehenden Untergrundes sich anschmiegend, jüngere Bildungen angesiedelt. Es sind dies lignitische Braunkohlen, die sich zum grössten Theil aus unschwer zu isolirenden Holz- und Rindenstücken zusammensetzen, umhüllt von mulmiger Kohle und bedeckt von weissen und gefärbten Thonen. Hat zwar der mehrere Jahre hindurch betriebene Bergbau keine wissenschaftlichen Ergebnisse gehabt, als dass das Flötz in einer durch einen schwachen Sekundärsattel getheilten, ungestörten flachen Mulde die Schichten des krystallinen und aufgerichteten Kreidegebirgs überlagert, so wird durch die Funde von *Pinites Hoedliana* GOEPP. und andern Pflanzenresten, die GÜMBEL<sup>1)</sup> aus den nahe gelegenen Braunkohlengruben von Wackersdorf und vom Sauforst, letztere von Dr. KRAUS in Würzburg bestimmt, angibt, das obertertiäre Alter auch dieser Ablagerung wahrscheinlich gemacht. Um so mehr, als die weiter südlich in der Regensburger Gegend gelegenen Braunkohlenvorkommnisse von Nittendorf und Undorf, mit *Mastodon angustidens* CUVIER, *Aceratherium incisivum* Cuv. sp., mit *Ancylus deperditus* DESM. und *Limnaeus dilatatus* NOUL. (nach AMMON), wie auch die bekannten nördlichen in der Nachbarschaft der Basaltberge befindlichen von Seussen, Zottenwies, Sattlerin u. s. f. sicher miocänen Alters sind. Jenseits der Naab treten dann diese tertiären und jüngere alluviale Schichten unmittelbar an das Granitgebirge heran, und dann bildet 140 km lang die gerade Fortsetzung der besprochenen Spalte der Quarzzug des Pfahls, dessen Gangnatur heute wohl nicht mehr im Ernst bestritten wird. Das Auffallende dieser fast unmittelbaren und geradlinigen Fortsetzung haben schon SUESS (a. a. O.) und THÜRACH (Frankenjura S. 612) hervorgehoben.

<sup>1)</sup> Ostb. Grenzg. S. 789.

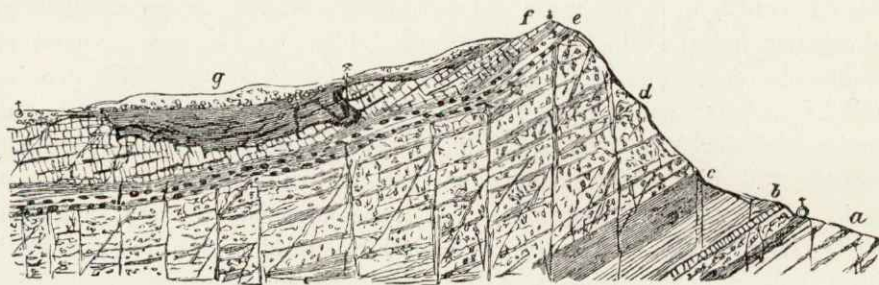
### Die Vilseck-Auerbacher Verwerfungslinie.

Bei der Umschau vom Mariahilfsberg bei Amberg aus fiel uns ausser dem besprochenen Höhenzug noch eine andere Bodenerhebung auf, nämlich die Gebirgsmauer des Granits im Osten. Auch diese stellt sich bei näherer Betrachtung als durch eine Verwerfung herausmodelliert dar. v. AMMON, der sie im „Frankenjura“ (S. 623) skizzirt, zählt sie mit zum System der Sulzbach-Amberger Störungslinie, und dies ist wohl gerechtfertigt; denn wenn sie auch eine etwas andere Richtung einhält (sie streicht in hora 10 gegenüber hora 7—8 der Amberger Spalte), so zweigt sie doch unverkennbar bei Högling im Fensterbachthal von jener ab und bildet die Schwelle vom krystallinischen Gebirge zum mittleren Mesozoikum, wie der Amberger Höhenzug von diesem zur Landschaft des Frankendolomits und der oberen Kreide.

Gross-Schönbrunn.

Luitpoldzeche.

Krickelsdorf.



Figur 7.

Eisenerz-Ablagerung der Luitpoldzeche bei Gross-Schönbrunn.

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| a. Oberer und oberster Keuper.   | e Doggeroolith.                 |
| b. Lias.                         | f. Rauchgrauer Jurakalk.        |
| c. Unterer Dogger (Opalinuston). | g. Eisenerz-führende Schichten. |
| d. Eisensandstein.               |                                 |

Diese Randverwerfung scheint mit dem Gebirgsabbruch am blauen Berg zu enden. Doch ist es vielleicht nicht unwahrscheinlich, dass sie im Gebiet des Hirschauer Keupers den Zusammenhang der Amberger Spalte mit der im übrigen Verlauf dieser parallelen Spalte herstellt, die über Vilseck, Auerbach, Pegnitz bis Hoffeld verläuft. Wo in dieser Richtung südöstlich von Vilseck die Schichten des Jura unter der sandigen Ueberdeckung verschwinden, dadurch dass sie an der Abbruchspalte eine geneigte Lage annehmen, setzt auch wieder die Erzablagerung ein. So war bis vor kurzer Zeit bei Grossschönbrunn auf der Luitpoldzeche Bergbaubetrieb, von dessen Aufschlüssen GÜMBEL im Ostb. Grenzgeb. ein Profil gibt, welches hier wiederholt sei. Dort schiessen die Schichten des Jura nach Norden mit  $20^\circ$  ein. Das Eisenerz füllt wieder, wie die Abbildung zeigt, eine Tasche im Jurakalk aus und zwar so, dass man nach GÜMBEL<sup>1)</sup> in mehreren Schichten unter der Oberflächenüberdeckung erst eine Rippe von Jurakalk durchteufen musste, um zu dem Erzlager zu gelangen. GÜMBEL erklärt dies so, dass der Jurakalk ein vorspringendes Riff gebildet habe, unter welchem die das Erz erzeugenden Gewässer Raum fanden, Ausscheidungen und Niederschläge von Eisenoxydhydrat abzusetzen. Merkwürdig bleibt dabei, dass dieser mit seiner Oeffnung

<sup>1)</sup> Amberger Eisenerzform. S. 313.



abwärts gerichtete oder höchstens zur Zeit der Ausfüllung horizontale Sack so vollständig mit den Niederschlägen ausgefüllt wurde. Das Erz enthält wieder Hornsteinknollen, in den tiefsten Niveaus oolithische Körner, wozu zu bemerken ist, dass die Tasche zum Theil in den Doggeroolith hinabreicht. Für absolut richtig ist übrigens, abgesehen von der Ueberhöhung, das Profil nicht zu halten, da bei einem Fallwinkel von  $20^{\circ}$ , den GÜMBEL besonders angibt, und einer Entfernung von über 1 km vom Kamm, wo die Malmschichten unter der Ueberdeckung verschwinden, bis in die Nähe des Dorfes Grossschönbrunn, die Mächtigkeit des unteren Malm einschliesslich der unteren Tenuilobatenschichten, die südlich vom Dorfe zu Tage treten, gegen 400 m betragen müsste, was den thatsächlichen Verhältnissen durchaus nicht entspricht. Viel wahrscheinlicher ist, dass die Verwerfungsspalte, die auch GÜMBEL hier als Urheberin der eisenhaltigen Quellen annimmt, zwischen der Krikelsdorfer Höhe und dem Ort Grossschönbrunn durchstreicht, an welcher der südlich vorgelagerte Theil abgesunken ist. Eine Reihe weiterer Erzvorkommen, die zwar zur Zeit nirgends blossgelegt sind, überall aber an der Grenze von Jurakalk und Ueberdeckung auftreten, schliessen sich dem von Grossschönbrunn bis Vilseck an. Dann aber verschwinden alle älteren Bildungen unter der Verebnung des Obervilsecker Forstes, und in der Richtung der Verwerfung erstreckt sich von Südost nach Nordwest eine Reihe langgezogener Weiher und Moore, bis unweit Zeltenreuth ein vergleichsweise hoher Zug von Dolomitbergen, der sich von dem südlich vorgelagerten Gelände scharf abhebt, die Störungslinie bis Auerbach wieder deutlich anzeigt. Gleichzeitig treten auch wieder die Erzbildungen in die Erscheinung, die an der Grenze des Dolomits und Jurakalks einerseits, der vorgelagerten sandigen Schichten andererseits sich einstellen. Der Höhenzug besteht nämlich nicht, wie man aus dem Vorhergehenden und aus dem Bild, das die geognostische Karte gibt, aus einheitlichem Frankendolomit im Sinne GÜMBEL's, vielmehr wird derselbe von einer Reihe von Querbrüchen durchzogen, an welchen vertikale Verschiebungen stattgefunden haben, und an manchen Stellen scheint die Dolomitisation verschiedene Niveaus ergriffen zu haben, denn beim Anstieg von Welluck zur Gottvaterkapelle hat man an den tiefer gelegenen Aufschlüssen typischen Dolomit vor sich und oben am Plateau, wo die nackten Felsen stehen, findet man richtigen Kalkstein mit vielen Exemplaren von *Perisphinctes Lothari* OPP. sp. Die Maximilianshütte hat auf diesem ihrem Felde „Minister Falk“ neuerdings Bohrungen angestellt, die gute Resultate ergaben. Die Erzlager sind, soweit man sie kennen gelernt hat, wieder an den Malmkalk und Dolomit gebunden. Bei Welluck traf man bei 16 m Teufe Brauneisenstein 6 m mächtig, in anderen Bohrlöchern bei 27 m Teufe 9 m, bei 84 m 12 m, bei 97 m Teufe 22 m Erz, überall im Liegenden Kalk (oder Dolomit?), bei Nitzelbuch traf man bei 98 m Teufe Brauneisenerz 20 m stark, in einem Bohrloch daneben bohrte man 122,50 m, und kam aus den sandigen und thonigen Schichten in den Kalk, ohne Erz anzutreffen. Zwischen Bernreuth und Nitzelbuch erbohrte man bei ca. 100 m 18 m mächtig Spatheisenstein. Der eigentliche Bergbaubetrieb ist noch nicht eröffnet, doch ging man in der Welluck am Abhang mit einem Schacht nieder, der von Tag herein in Gehängeschutt und Lehm niedergebracht wurde, bei 14,5 m in schlechten Brauneisenstein kam, bei 15 m in Dolomit, und bei 31 m in festem klotzigem Malmkalk stand. Die Grenze von Dolomit und Kalk war nicht festgestellt. Der Kalkstein ist von Klüften durchsetzt, die mit Letten erfüllt sind und Salbänder von Brauneisenstein haben.

Doch überwiegendes Interesse hat das Erzvorkommen von Auerbach selbst, die Leoniezeche. Östlich vom Städtchen nimmt am Fuss des Gottvaterberges die bis dahin in hora 9 verlaufende Spalte eine nördliche Richtung an, um von Reichenbach an wieder einen nordöstlichen Verlauf zu nehmen. In diesen Haken mündet eine Parallelspalte, die sich von Sommerhau über Pinzig und Dornbach zum Schleichershof verfolgen lässt. Nördlich von dieser durch eine Thaleinsenkung oberflächlich kenntlichen Verwerfung setzt sich der Sockel der um 100 m die Thalsohle überragenden Erhebungen des Grünbergs, der Gugelplatte und Am Felsen aus dem Eisensandstein des Doggers mit *Pecten personatus* ZIET. zusammen. Der Eisensandstein wird von den Eisenoolithkalken des mittleren Dogger überlagert, von dessen Fossilreichthum am Schleichersgraben ich die Funde von *Cosmoceras subfurcatum* ZIET. sp., *Belemnites giganteus* SCHLOTH., *Ostrea Marshi* SOW., *Ctenostreon proboscideum* SOW., *Lima tenuistriata* MÜNST., *Pecten ambiguus* MÜNST., *Modiola imbricata* SOW., *Gresslya gregaria* ZIET. sp., *Pholadomya* cf. *nymphaeacea* AG., *Terebratulula globata* SOW., *Terebratulula omalogastyr* ZIET., *Serpula convoluta* GOLDF. anführe.<sup>1)</sup> Diese Schichten werden von Mergeln der Macrocephalenzone überlagert; dann fehlen Aufschlüsse und nur der wasserführende Horizont zeigt die Schicht des Ornatenthons an. Zuletzt krönen Felsen von weissen, schwammführenden Kalken des Malm die Höhen. Diese Schichten fallen mit verschiedener, aber zumeist geringer Neigung (bis 15°) nach Süden und Südwesten ein.

Die südliche Thalseite aber wird begrenzt von den Dolomit- und Kalkhöhen des bereits erwähnten Gottvater- und Pinzerberges. Dieses auf den ersten Blick geognostisch sehr einheitlich erscheinende Gebilde ist, wie gesagt, von vielen Querspalten durchsetzt, die wir bereits dadurch ermitteln konnten, dass wir auf der östlichen Seite eines von Welluck nach dem Schatzfelsen führenden, anscheinend durch blosse Erosion erzeugten Einschnittes Tenuilobatenschichten mit *Per. Lothari*, auf der andern im gleichen Niveau Dolomit fanden, von denen ersterer mit 20°, letzterer mit ungefähr 40° nach Südwesten einfallen. Allerdings ist diese Beobachtung aus dem Grund nicht ganz beweiskräftig, dass ich das Alter des Dolomites nicht feststellen konnte, und auch das wahre Einfallen des Dolomites nicht nothwendig mit dem der vielfach gemessenen Bankung desselben übereinstimmen muss. Ein schichtenweiser Wechsel im Material lässt sich eben nicht feststellen. Um so sicherer ist der Umstand, dass ein neuerlich am Nordhang dieser Höhen bei der Leoniezeche abgeteuffer Luftschacht noch bei 70 m Tiefe in voller Breite in einer Lettenkluft steht, während der um 20 m weiter westlich angesetzte Hauptschacht im stark zerklüfteten, in den Klüften Sand, Letten und Wasser führenden Dolomit niedersetzt. Oestlich aber, zwischen den Schächten und dem Ort Dornbach erschliesst ein Steinbruch wohlgeschichteten muschlig brechenden Kalkstein der Tenuilobatenschichten mit *Perisphinctes Lothari* OPP. sp., *Aptychus lamellosus*, *Pleurotomaria*, *Aspidoceras* sp. (Dieser hinsichtlich des Grades der Einrollung und Form der Schale dem *Amm. episus* OPP. gleichende Ammonit, unterscheidet sich doch von ihm durch Nabelknoten und eine weitere Reihe von an Zahl geringeren und nicht sehr hohen Knoten etwa auf der Mitte der Flanken.) Diese Schichten fallen mit 15° nach Südwesten ein. Nach Südwesten ist diesen Höhen flaches Gelände vorgelagert, aus dem sich in einiger Entfernung von der Spalte Dolomittfelsen herausheben. Den Zwischenraum aber ebnet grober Sandstein aus, der sich dann

<sup>1)</sup> Hinsichtlich weiterer Fossilien aus diesen Schichten siehe die cit. Arbeit von Dr. SCHLOSSER.



weit nach Westen hin ausdehnt, und der unter der Bezeichnung des Veldensteiner Sandsteins bekannt geworden ist. GÜMBEL kannte aus demselben nur schlechte Holzreste, theils als Abdrücke, theils vererzt und muthmasste deshalb (s. Frankenjura S. 144 und 426), dass diese Schichten den Regensburger Schutzfelsschichten, also der tiefsten Stufe des Cenoman gleichzuachten wären. Dagegen spricht aber schon die erhebliche Mächtigkeit dieses Komplexes; so hebt sich in dem Steinbruch südlich von Auerbach der Sandstein etwa 10 m aus dem allgemeinen Niveau heraus und geht dabei sicher noch allermindestens ebenso tief nieder. Er setzt sich aus durchschnittlich 1—2 m mächtigen Bänken eines weisslichen bis röthlichgelben, feldspathreichen Sandsteins zusammen und zeigt in ausgezeichneter Weise Diagonalschichtung und wellenförmige Anhäufung des Materials, wobei die Bänke durch Zwischenlagen verschiedenfarbiger Letten getrennt sind. Leider enthält der Sandstein selbst keine organischen Ueberreste als Holzreste, zum Theil durch Brauneisenstein vererzt (an einem solchen Holzstück sitzen Pseudomorphosen von Brauneisen nach Schwefelkies, in der Form  $O, \infty O$ , wie sie ZITTEL, Lybische Wüste S. 85, beschrieben hat), und unbestimmbare Bildungen von der allgemeinen Form der *Spongia Saxonica* GEIN. Doch finden sich in den tieferen Horizonten dieses Sandsteins mächtigere Zwischenlagen von schwarzen und grauen Thonen, die GÜMBEL<sup>1)</sup> aus dem nördlichsten Verbreitungsbezirk dieses Gebildes zwischen Hollfeld und Neuhaus angibt. Eben diese Thone kommen auch bei Auerbach vor, und zwar bilden sie zum Theil das unmittelbare Hangende der zu besprechenden Erzläger. In diesen habe ich mehrere Exemplare von *Cardium Ottoi* GEIN. (GÜMB.), ferner *Dentalium* sp. und *Araucaria* gefunden, und dies berechtigt zu der Annahme turonen oder unteren Alters der Schichten. Da diese Thone aber tiefen Zonen des Sandsteins einerseits angehören, der Sandstein also nicht älter sein kann als die Thone, da andererseits die bei Betzenstein erschlossenen Schichten, die oberturonen Alters sind, auch nicht den Sandstein unterteufen, so darf man wohl ein mittelturones Alter dafür annehmen,<sup>2)</sup> was mit dem Befunde südlich der Amberger Spalte am Einzelhof bei Neukirchen übereinstimmt, wo auch *Cardium Ottoi* in schwarzen Thonen auftritt, die eine Einlagerung im Sand bilden. Ausserdem ist dieser Sandstein bis Neuhaus a. d. Pegn. südlich, jener bis nördlich von Neukirchen bekannt, so dass fast ein kontinuierlicher Uebergang angenommen werden kann.

Diese Schichten fallen im Steinbruch bei Auerbach mit 7—10° nach Südwesten, mit 15° nach Nordosten bei der Russhütte ein; dies ist ebenso viel und ebenso wenig als die Schichtenneigung des davon bedeckten Kalk- und Dolomitplateaus ausmacht. AMMON<sup>3)</sup> gibt für diese Dolomitlager als Beispiel ein Einfallen von 15° nach Nordost, und von 9° nach Südwest an, während nach demselben in der Vilsecker Gegend die Kalke fast horizontal liegen. Zunächst jedoch an der Dislokationslinie haben Kalkstein, wie der überdeckende Kreidesandstein stärkeres Einfallen, wie auch v. AMMON beobachtet, dass am Weg von Auerbach zur Leoniezeche der Sandstein mit 27° nach Nordwesten einfallt. Dass diese leicht verwitternden und fortführbaren Sande und Sandsteine ehemals eine weit grössere Mächtigkeit besessen haben, wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass man zu-

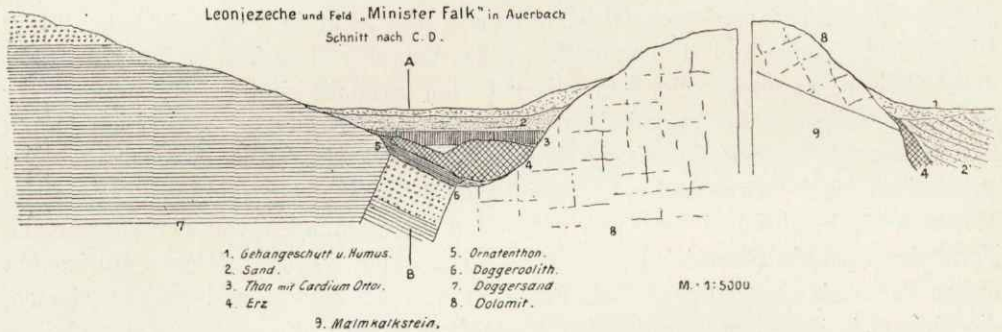
<sup>1)</sup> Geologie von Bayern. II. B. 1894. S. 869.

<sup>2)</sup> Auch GÜMBEL nahm früher, Bav. III. IX. S. 68, denselben als Aequivalent des Regensburger Knollensandes an.

<sup>3)</sup> Frankenjura S. 627.

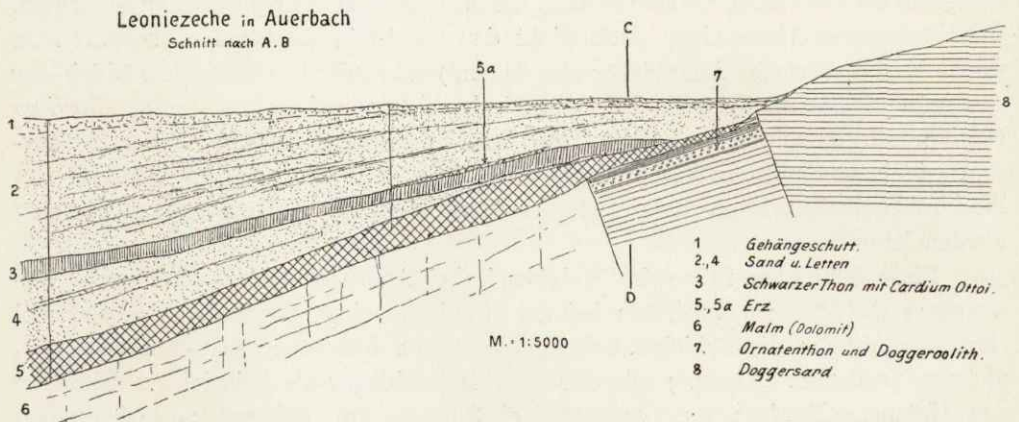
weilen hoch am Gehänge der Kalkberge, z. B. im Muierholz zwischen Betzenstein und Ottenhof, Sandablagerungen findet, die ein Conglomerat aus diesem Veldensteiner Sandstein zum Theil mit Dolomitbrocken und Letten darstellen, während der Sandstein selbst nur in den Niederungen noch ansteht.

Doch gehen wir zur Betrachtung des Erzlagers selbst über. An jener Stelle östlich vom Ort Auerbach, wo die nördlich streichende Verwerfung von der durch den Dornbacher Thaleinschnitt angezeigten nordwestlichen getroffen wird, findet sich unser Erzkörper. Er hat im Querschnitt die Gestalt einer Linse mit einem



Figur 8.

nach Norden ansteigenden Flügel, in einem Längsschnitt, soweit er bis jetzt bekannt ist, d. h. bis zu einer Teufe von 165 m die Form eines mit etwa  $20^\circ$  geneigten, nach unten sich erweiternden Keiles. Das Liegende des Erzes ist in der Hauptsache der Dolomit des Gottvaterberges, der nördliche flötzartige Flügel aber (siehe



Figur 9.

Figur 8 u. 9) wird von Ornatenthon mit grossen Oolithkörnern, Phosphoritkugeln und mit *Belemnites calloviensis* OPP., *Posidonomya ornati* QUENST. sp. und *Pecten cf. demissus* PHIL. concordant unterteuft, d. h. nach Südwest einfallend, unter welchem der Eisenoolithkalk des Doggers folgt, während in der gleichen Höhe weiter nördlich der Eisensandstein des Dogger ansteht. Das zeigt, dass hier in die Dislocationsspalte, welche im Ganzen den Dolomit des weissen Jura in das gleiche Niveau mit dem unteren Dogger herabgezogen hat, eine schmale Scholle mit der halben Sprunghöhe der Gesamtverwerfung hereingebrochen ist.



Das Erz nun besteht hier überwiegend aus Spatheisenstein von weisser bis grauer Farbe, ausserdem aus Brauneisenerz. Der Spatheisenstein, dessen Erznatur anfänglich von GÜMBEL selbst verkannt wurde, sieht in dem den Dolomit überlagernden Theil des Erzstockes dem Dolomit überaus ähnlich nicht nur durch seine Farbe, sondern auch durch seine krystallinisch-körnige Struktur, soweit er als hartes Schussgestein ansteht; wo er mild ist, gleicht er hier der Dolomitasche. Wo er aber den Ornatenton überlagert, hat er zumeist dichtes Ansehen, muschligen Bruch und enthält Hornsteinknollen des Jura, auf deren einem sich eine in Spatheisenstein umgewandelte Schale von *Lima (Ctenostreon) substriata* MÜNST. gefunden hat. Wo der Brauneisenstein an das Weisserz angrenzt, ist es drusig, hart und deutlich krystallinisch, weiter entfernt ist es zumeist ohne grössere Hohlräume, aber mehr mild und hell, offenbar reicher an Hydratwasser. Ueberlagert wird der Stock vorwiegend von dem dunklen Thon mit *Cardium Ottoi* (meine Fundstücke stammen aus der Halde eines unvollendeten Schachtes der Königin-Marienhütte am Schleichershof), theilweise von Sand, der im Hangenden und Liegenden den Thon begleitet. In der Ausrichtungsstrecke der 44 m Sohle traf man 50 m vom Schacht entfernt an der Grenze des Sandes und Letten und des schwarzen Thones, welcher das eigentliche Lager deckt, eine nach Süden und Südwesten einfallende, 1—3 m mächtige Lage von Brauneisenstein. Zu bemerken ist auch noch besonders, dass die Neigung der hangenden Schichten von der des Erzlagers gänzlich unabhängig ist, welches auch unregelmässig, im grossen Ganzen jedoch nach Westen einfällt.

Weiter nach Norden hin sind auf der Vilseck-Pegnitzner Spalte Eisenerze nicht erschlossen.

### Die Freihung-Kirchenthumbacher Verwerfung.

Wir kommen zur dritten der südost-nordwestlich streichenden und letzten, unsere Eisenerze führenden Dislokationslinie, die sich von Eschenfeld über Freihung nach Kirchenthumbach und weiter nördlich verfolgen lässt. Wahrscheinlich setzt die Verwerfung auch noch von Ehenfeld südöstlich fort, worauf der einspringende Winkel des Waldgebirgsrandes südlich von Schnaittenbach hindeutet. Bei Ehenfeld stossen die nach Nordwesten einfallenden Schichten des Keupers und des Jura an dem ziemlich flach gelagerten Rothliegenden ab, und auch hier haben sich, an den Jurakalk gebunden, Brauneisenerze gefunden. Im weiteren Verlauf der Spalte aber bis an den Schwarzenberg, d. h. auf eine Längenerstreckung von 10 km, ist der Malmkalk von der eigentlichen Störungszone weit westlich abgerückt, so dass östlich von derselben Rothliegendes, westlich Eisensandstein des Dogger ansteht, von einander getrennt durch ein mehr oder minder breites Band von Keuper- und Liasschichten. Diese sind in der heftigsten Weise gestört und verworfen, wie das Profil eines Stollens lehrt, der zum Zweck der Gewinnung von Glassand nördlich von Tanzfleck getrieben ist. Derselbe verläuft von Osten nach Westen und erschliesst von seinem östlichen Mundloch aus folgende Schichten:

Rauher Sandstein . . . . .	steil aufgerichtet, SN. streichend	2,— m weit
Grauer Letten . . . . .	„ „	ca. 0,50 „ „
Rauher Sandstein . . . . .	mit 45—50° nach SO. fallend	1,50 „ „
Rother und blauer Letten . . . . .	„ 50—60° „ N. „	mehrere „ „

Grauer, grobkörniger Sandstein mit kohligen Pflanzenresten (rhäti- scher Sandstein) . . . . .	mit 70° nach OSO. fallend	6,— m weit
Grauer Letten . . . . .	unregelmässig gequetscht	2,— „ „
Dunkelgrauer Posidonomyenschiefer <sup>1)</sup>	mit 80° nach NO. fallend	16,— „ „
Blauer Thon . . . . .	„ 40° „ ONO. „	40,— „ „
Mittelkörniger, weisser Sandstein .	„ 40° „ WSW. „	über 5,— „ „

Die Strecke wendet sich dann rechtwinkelig nach Norden und trifft, wenige Meter entfernt, den feinkörnigen, weissen Glassand mit 45° nach Nordost einfallend. Verlässt man dann wieder die Grube, so trifft man jenseits der Markscheide, die wir eben kennen gelernt haben, Tagebaue, in deren südlichem der Glassand horizontal liegt, während in der nächsten, nördlich unmittelbar anschliessenden, derselbe mit 50° nach Südost einfällt, in der dritten mit 40—50° nach Südwest und in der vierten schliesslich mit etwa 40° nach Ost, nach oben zu übergehend in gröberen Sandstein, wie wir ihn am Westende des Stollens gefunden haben, daran stösst blauer Thon ab, vom Sandstein getrennt durch eine ein bis mehrere Dezimeter mächtige Lage von unreinem Brauneisenstein. Dieser feinkörnige und gröbere Quarzsand, welcher ziemlich stark kaolinhaltig ist, dürfte dem bunten Keuper zuzurechnen sein, und zwar ist er allem Anscheine nach identisch mit dem Freihunger bleierzführenden Sand und Sandstein, was sich allerdings ohne chemische Analyse bei solchen Lagerungsverhältnissen nicht erweisen lässt; denn ein geringer Bleigehalt zeigt sich beim Freihunger Erz äusserlich zunächst gar nicht an. Auch diese Freihunger Schichten, die heute allerdings nirgends mehr durch Bergbau erschlossen sind, verdienen unser Interesse.

Die Freihunger altberühmten Erze (bereits GEORG AGRICOLA kennt und erwähnt sie) ziehen sich genau in der Richtung unserer Verwerfungslinie, südlich zwischen Ehenfeld und Freihung beginnend, nordwestlich gegen den Schwarzenberg zu. Dabei treten sie nicht, wie auch GÜMBEL ausdrücklich hervorhebt, gangförmig auf, sondern sind in gewissen Schichten des Keupersandsteins verbreitet, die THÜRACH<sup>2)</sup> beschrieben hat. Die von THÜRACH gegebenen Profile bringt GÜMBEL auch in seiner „Geologie von Bayern“<sup>3)</sup> zum Abdruck. Aehnliche Sandsteine, die ebenfalls Bleierz führen, kommen auch weiter nordöstlich bei Pressath vor, nur dass hier die erzführenden Lagen etwa 2 m mächtig sind, gegenüber einer Mächtigkeit von etwa 20 m bei Freihung. Auch ist stratigraphisch die Identität beider Bildungen nicht sicher gestellt. Als drittes Vorkommen bleierzführenden Keupersandsteins ist schliesslich noch das an der Silbergrub bei Weissenberg zu nennen. Ueber dieses letztere schreibt Bergdirektor RUD. HÄRSCHE in einem Gutachten für SCHMIDT und ZIEGLER: „Der sehr geklüftete, in Bänken abgelagerte weisslich-graue „Sandstein führt in seinen vertikal niedersetzenden, weiten und engeren Spalten-„öffnungen, etwas discordant der Streichungslinie des gewöhnlichen Verhaltens „desselben, in mehrere Millimeter bis einige Centimeter breiten Ausbildungen, „reinen blättrig-schuppigen Bleiglanz, welcher von den Bewohnern der Oertlichkeit „wegen seines blitzenden, glänzenden Ansehens als eine Art Silbererz angesehen

<sup>1)</sup> Ich habe aus diesem Schiefer *Belemnites tripartitus* SCHLOTH., *Inoceramus dubius* Sow., *Pecten contrarius* v. BUCH, Phalangen und Ausguss eines Wirbels von *Ichthyosaurus*, ferner aus Kalkspathlinsen im Schiefer *Pseudomonotis substriata* gesammelt.

<sup>2)</sup> Geogn. Jahreshfte. I. Jahrg. 1888. S. 151 ff.

<sup>3)</sup> Geol. v. Bayern. S. 757.



„wurde. . . . Ob hier. . . ein baulohnender Betrieb umgehen kann, . . . ist durch die „weitere Verfolgung der zwischen den Sandsteinbänken sich mit Bleiglanzausfüllungen erstreckenden Kluffbildungen, welche sich oft von papierdünner Weite zu „grossen Spalten verändert zu finden pflegen, . . . zu erweisen. Die nahe der Oberfläche des Bodens entnommene Bleierzprobe enthielt nach der Analyse des Herrn „Dr. KELLERMANN in Wunsiedel: 84,78 % Blei, 0,09 % Silber, 0,43 % Antimon, „0,23 % Eisen, 13,44 % Schwefel, 0,12 % Gangart.“ Nach den Handstücken ist aber der Haupterzgehalt hier wie sicher in Freihung in dem mehr oder weniger fein im Sandstein vertheilten Weissbleierz zu suchen.

Bei Pressath, wo das sehr unregelmässige Einfallen der Schichten darauf hindeutet, dass auch der mit unseren bereits betrachteten Spaltenbildungen völlig parallele Verlauf der Heidenaab vielleicht durch eine im gleichen Sinn erfolgte Störung vorgezeichnet ist, gibt THÜRACH ein Profil Berghäusel an mit „6. Manganbrauner, getigerter, grobkörniger, fester Sandstein, im unteren Theil mit vielen „Lettenschmitzen und vielen bis  $\frac{1}{2}$  m langen, in Bleiglanz umgewandelten Holzstammstücken 1,2—1,9 m; 7. brauner bis schwarzbrauner, sehr manganreicher, „löchriger Sandstein mit auskeilenden Zwischenlagen von grünem Lettenschiefer „0,3—0,5 m;“ ferner im Profil Eichelberg: „11. Rothbrauner und manganfleckiger, „grobkörniger, weissbleierzhaltiger Sandstein 2 m; 12. weisser, grobkörniger Sandstein, in den vorigen übergehend, enthält viele grosse, rundliche Nester von „braungrauem und rothbraunem Letten, in dem Knollen von derbem Weissbleierz vorkommen, bis 0,6 m.“

Das Profil von Freihung will ich vollständig anführen:

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Zu oberst liegen rothbraune und hellröthliche, lockere, bleifreie Sandsteine, gegen . . . . .  | 20 m    |
| 2. Darunter weisse, mittel- bis grobkörnige Sandsteine mit meist geringem Gehalt an Weissbleierz und einzelnen abbauwürdigen Lagen mit schwachen, selten über ein Meter mächtigen Zwischenlagen von rothbraunem und grünblauem Lettenschiefer, zusammen gegen . . .                         | 10 „    |
| 3. Hauptflötz. Weisser, lockerer Sandstein mit durchschnittlich 5 bis 10 % Weissbleierz und Bleiglanz . . . . .   | 1—3 „   |
| 4. Rothbraune, violette und grünblaue, sandige Lettenschiefer mit fassdicken Knollen und Bänken von sandigem Weissbleierz . . . . .   | 0,5—2 „ |
| 5. Weisser, erzhaltiger Sandstein . . . . .   | 2 „     |
| 6. Rothbraune Lettenschiefer und dünne erzhaltige Sandsteinbänke, bis . . . . .   | 1,5 „   |
| 7. Weisser, erzhaltiger und abbauwürdiger Sandstein . . . . .   | 3 „     |
| 8. Rothbraune und grünblaue Lettenschiefer . . . . .  | 0,5 „   |
| 9. Weisser und hellrothbrauner, rothbraun- und violettgestreifter und geflammt, grobkörniger Sandstein, in den oberen Lagen noch mit einigen weissbleierzhaltigen, festeren Sandsteinknollen, mit schwachen Zwischenlagen rothbrauner, sandiger Letten, noch aufgeschlossen, über . . . . . | 30 „    |

Es ist dazu zu bemerken, dass einmal in dieser Gegend alle bleierzführenden Sandsteine sehr reich an Kaolin sind, sowohl bei Vilseck als bei Freihung; dann zeigt der erzhaltige Sandstein grossentheils eine sehr merkwürdige Ausfurchung und Aushöhlung, so dass er wie angefressen aussieht. Das Erz ist entweder in makroskopisch nicht unterscheidbarer Weise als Bleikarbonat, oder in wohlausgebildeten Cerussitkrystallen, die zu nuss- bis apfelgrossen Knollen vereinigt sind, vorhanden,

oder das Erz bildet an den Aushöhlungen und um die Koncretionen herum einen dunkelbraunen, manganhaltigen Bleimulm; ausserdem kommt Bleiglanz seltener in koncretionärer Form, häufig als Vererzungsmittel von Holzstämmen vor; schliesslich tritt auch noch schön krystallisirter Pyromorphit auf Klüften des Sandsteins auf. Ferner führe ich noch an, dass nach den Angaben von THÜRACH der bei Pressath erzführende Sandstein in der Gegend von Creussen erzfrei und kohlige Pflanzenreste bergend vorkommt. Diese so beschaffenen Schichten sieht THÜRACH als rein durch Meeressedimentation an, wie aus seiner Zusammenfassung hervorgeht: „Im Ganzen betrachtet, zeigen die Freihunger Schichten einen ausserordentlichen Wechsel in der Beschaffenheit der sie zusammensetzenden Gesteine. „Zunächst der alten Küste findet sich der geschichtete, stark zersetzte Schutt des umgebenden Gesteins, in geringer Entfernung davon, aber wahrscheinlich nur in einem eng begrenzten Gebiete, grobkörnige Sandsteine mit einem starken Gehalt an Weissbleierz und etwas Mangankarbonat, weiter hinaus Ablagerungen von dolomitischem und manganhaltigem Sandstein, dann dolomitische und sandige Steinmergel, während die bisher begleitenden sandigen Lettenschiefer in Mergel übergehen, u. s. f.“

Nach seiner Angabe, dass um die Pflanzenreste herum der Sandstein gewöhnlich an Bleierzen arm ist, ist anzunehmen, dass er hier Concentrationsvorgänge annimmt.

Dieser Auffassung gegenüber nehmen POŠEPNY,<sup>1)</sup> wie BECK,<sup>2)</sup> der sich seiner Darstellung anschliesst, eine epigenetische Entstehung der Erzablagerung an. Ersterer stellt sich die Entstehung so vor, dass an Spalten aufsteigende Quellen die Minerallösungen hereingebracht hätten, und dass die Fällung durch die reducirende Wirkung einer im Sandstein ehemals vertheilten organischen Materie erfolgt sei.

Doch verfolgen wir den Verlauf unserer Freihunger Dislokationslinie weiterhin nach Nordwesten. Bei Schwarzhäusl und Erzhäusl fällt nun auch der Dogger steil an der Verwerfung ein, so dass noch die Malmkalkschichten in den unmittelbaren Bereich der Störungszone kommen, und ebenda beginnt auch wieder die Eisenerzbildung. Nachtragend möchte ich hier bemerken, dass auch im Gebiet der Freihunger Bleierze, bei Rothaar Versuche auf Eisenerze stattfanden, die, wie wir bereits bei Tanzfleck gesehen haben, in wenig mächtigen Streifen zumeist an die liasischen Schichten gebunden auftreten. Doch in den Langenbrucker Gruben, am Schwarzenberg, ging lange Zeit ein reger Bergbau um, da hier das Erz wieder stockförmig auftritt. Nach den Angaben, die ich über den dortigen Bergbau gewann, war auch hier überwiegend Jurakalk die Unterlage, wie z. B. in der Philippszeche; doch bei stark gestörten Lagerungsverhältnissen, die an die Amberger erinnerten, ging die Erzbildung bis an den Doggersand herab. Getrennt vom Liegenden war das Erz auch hier zumeist durch eine Lettenlage, das Hangende war ein gelblicher bis grünlicher Thon, in welchem sich zuweilen Kalksteintrümmer fanden. Wo das Eisenerz auf dem Doggersandstein ruhte, wurde auch dieser mit der Eisenlösung durchtränkt, wie wir es auch am Erzberg in Amberg sahen. Doch diese Gruben sind nicht mehr in Betrieb, nur westlich vorgelagerte Farberdenester werden noch ausgebeutet.

Auch weiterhin über Kirchenthumbach hinaus schliessen sich Eisenerzvorkommnisse an, die stets an den Kalkstein gebunden sind. Und es hört die

<sup>1)</sup> Genesis der Erzlagerstätten. Jahrb. d. k. k. Bergakademien. Wien 1895.

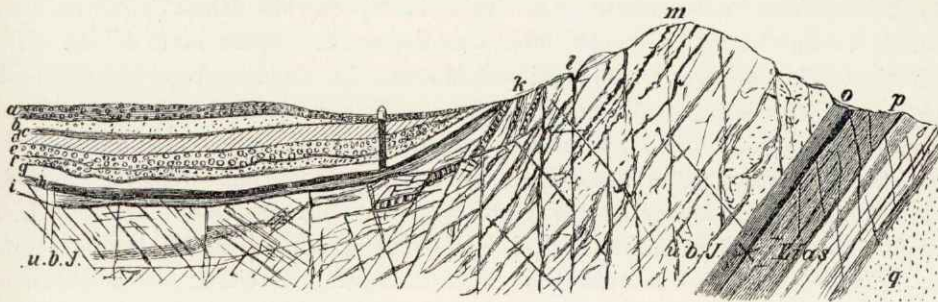
<sup>2)</sup> Lehre von den Erzlagerstätten. Berlin 1901. S. 534.



Eisenerzbildung auf mit der Abrückung des Kalksteines von der Spalte. An dieser Stelle aber, bei Sassenreuth, tritt sie noch zuletzt in ganz typischer Weise auf und wurde ehemals durch Bergbau aufgeschlossen, der durch missliche Wasser-Verhältnisse jedoch zum Stillstand kam.

GÜMBEL teilt in seinem Ostb. Grenzg. S. 782 eine Skizze mit, die ich auch hier abbilde. Ich muss mich auch hier an die Darstellung und Beobachtungen GÜMBEL's halten, die ich nur, soweit es die oberflächliche Lagerung anlangt, nachprüfen konnte.

Es wurde hier von Osten her durch den Berg Rücken des Kutschenrains, der wiederum den Verlauf der Spalte anzeigt, ein Stollen gegen das Erzlager zu getrieben, der zuerst Keuperschichten und Lias durchfuhr, die mit  $46^{\circ}$  regelmässig einfielen. Dann wurde nach GÜMBEL Opalinuston auf 100 m durchfahren,



Figur 10.

## Eisenerz-Ablagerung bei Sassenreuth.

a. Sand und Schutt (Oberflächenbedeckung) 23 F. mächt.	h. Liegendes Lettengebirge . . . . . 35 F. mächt.
b. Röthlicher lockerer Sand . . . . . 16 „ „	i. Grauer Jurakalk.
c. Rother Letten . . . . . 3 „ „	k. Doggeroolith.
d. u. e. Wechselnde Lagen von grobem u. feinem Sand (schwimmendes Gebirge) 60 „ „	l. u. m. Eisensandstein.
f. Sandeisensteinflötz dazwischen . . . . . 1/2 „ „	o. Opalinuston.
g. Lettiges Brauneisenerzflötz . . . . . 4 „ „	p. Lias.
	q. Keuperschichten.

was sich durch flaches Einfallen und Zusammenstauchungen desselben erklärt. Dahinter kam Eisensandstein und Doggeroolith und an diesen schloss sich das Erz an, während über Tag der weisse Jurakalk ausbeisst. Der westliche Flügel der Spalte ist nicht tief abgesunken, sondern legt sich, flach nach Westen ansteigend, an die nach Südwesten einfallende Partie des östlichen Verwerfungsflügels in mässiger Teufe an. In der so gebildeten Mulde, die von vielen kleinen Sprüngen durchzogen ist, findet sich die Erzbildung, die sowohl in den östlichen, wie den westlichen Kalkschollen ihren Sitz hat. Das Erz ist zumeist mild und sehr reichhaltig, dabei sehr wasserreich, wie auch das Hangende zum grossen Theil aus Schwimmsand besteht, zum Theil aber aus verkittetem Sandstein und Lettenschichten. Auch hier findet nur noch die Ausbeutung von Farberdenestern, die in der Nähe aufsetzen, statt.

### Die Farberdenester des Juraplateaus.

Wir haben Eingangs dieser Arbeit die von GÜMBEL unter der Bezeichnung „Amberger Eisenerzformation“ zusammengefassten Bildungen in zwei Gruppen geschieden, die an den Spalten aufsetzenden Erzstöcke, die mit meist steilem Einfallen und erheblicher Mächtigkeit in die Tiefe hinabsetzen, und die wir im Vorausgehenden betrachtet haben, und dann die Putzen und Nester, welche sich über

das Juraplateau verbreitet finden. Aber auch mit diesen ist manches vereinigt worden, was genetisch damit in keinen Zusammenhang zu bringen ist. Und dies wollen wir zuvörderst ausscheiden. Dass der bei Troschenreuth gewonnene, als Einlagerung im Eisensandstein des Dogger auftretende Röthel mit unseren Eisenerzen in keiner Beziehung steht, bemerkt bereits GÜMBEL<sup>1)</sup> ausdrücklich. Dieser Thon hat seinen Gehalt an Eisenoxyd vielmehr gleichzeitig mit der Durchtränkung des Eisensandsteins erhalten. Eine weitere Diskussion dieser Frage würde uns auf Verhältnisse führen, deren Klärung ebenso interessant als schwierig und weit-ausholende Vorarbeiten heischend wäre.

Des weiteren hat aus unserer Betrachtung die von GÜMBEL<sup>2)</sup> als „Umbrä“ kurz erwähnte Gunzendorfer Farberde auszuschneiden, welche nach von den Besitzern Herren SCHMIDT und ZIEGLER zur Verfügung gestellten, durch das bayerische Gewerbemuseum in Nürnberg gefertigten Analysen bis 10,43 % Schwefelsäure enthält, und welche sich heute unter den Augen des Beobachters bildet. Es ist hier ein Thal im Eisensandstein eingeschnitten, in welches von den westlichen Anhöhen Wässer herunterrieseln, die sich über dem oben anstehenden, an Schwefel-eisen reichen Ornatenthon sammeln konnten, da die Plateauhöhe aus Malmkalk besteht. Das Wasser löst den zu sauerem Sulfat oxydirten, weil der Oberfläche nahen Schwefelkies; bei seinem Weg abwärts durch den Eisenoolithkalk und Eisensandstein wird die freie Säure ( $\text{FeS}_2 + \text{O}_7 + \text{OH}_2 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) noch mit Eisen und Kalk abgestumpft, und im Thal, dessen Boden von einem Torfmoor bedeckt ist, wird das Eisen durch Umsetzung mit den von den Höhen heruntergekommenen Kalksteinbrocken, neuerdings künstlich durch Zusatz von Aetzkalk, zum Theil wohl durch die breite Verdunstungsfläche und durch Reduktion vermittelt der organischen Substanzen des Moores ausgefällt.

Auch dieses nimmt anscheinend GÜMBEL von unseren Brauneisensteinvorkommnissen aus, obzwar das mulmige, braune Material sehr an unsere Farberden erinnert. Doch vereinigt er<sup>3)</sup> mit unseren Erzen, den auf den Spalten auftretenden, wie den übrigen, jene bohnerartige Ablagerung, die wir als unterstes Glied unseres Cenoman kennen gelernt haben, und die er seinen Schutzfelsschichten gleichstellt, und deduciert daraus hauptsächlich das tiefcenomane Alter der Amberger Erze. Doch vergegenwärtigen wir uns, dass diese Ablagerung ein Conglomerat von überwiegenden Quarz-, Feldspath-, Kalk- und Dolomitgeröllen mit Roth- und Brauneisenknöllchen ist mit cenomanen Meeresconchylien, untermengt mit glaukonitischem Thon und verkittet durch Kalkspath, der auch die ursprünglich locker-porösen, thonigen Brauneisenknöllchen durchdrungen hat, dass diese Schicht wohl nirgends 1 m Mächtigkeit erreicht oder doch übersteigt, dass sie ferner die höheren sandigen Schichten konkordant unterlagert, zum Theil, wie bei Kalsing und Zimmering unfern Roding,<sup>4)</sup> welches GÜMBEL ebenfalls hierher rechnet, ausschliesslich aus Rotheisenknöllchen mit Quarz- und Glaukonitsand bestehen. Auf der anderen Seite sind die bis jetzt betrachteten eigentlichen Eisenerze, die der Formation den Namen gegeben haben, bis über 80 m mächtige, unregelmässig geformte, einheitliche Stücke von Braun- und Spatheisenstein, wasserfreien Rotheisensteins fast gänzlich entbehrend, an manchen Orten, wie Etmannsberg, und in der Leonie-

<sup>1)</sup> Frankenjura. S. 436.

<sup>2)</sup> Ebenda. S. 437.

<sup>3)</sup> Amberger Eisenerzform. S. 311. Ostb. Grenzg. S. 728.

<sup>4)</sup> Frankenjura. S. 144. Ostb. Grenzg. S. 729.



zeche bei Auerbach beinahe frei von Zwischenmitteln, diskordant gelagert zu den hangenden Kreideschichten. Es braucht also nicht erst bewiesen zu werden, dass diese Bildungen eine ganz andere Natur, Entstehung und ein anderes Alter, ein höheres oder geringeres, haben müssen, was weiter unten zu diskutieren ist.

Die Bohnerze, welche im südwestlichen Theile des Frankenjura auftreten und zum Theil (mit *Helix sylvana*) sicher miocänen Alters sind, trennt GÜMBEL<sup>1)</sup> bereits von unsern Erzen, wie er auch die im mittleren, kalkigen Lias von Paulsdorf<sup>2)</sup> (siehe weiter unten) ausscheidet.

Etwas anderes ist es mit den in Taschen und Nestern des den Spalten vorgelagerten Juraplateaus auftretenden Farberden und Brauneisensteinen, die jedenfalls zunächst mit den an den Spalten selbst auftretenden sehr grosse Aehnlichkeiten aufweisen. Die Zahl dieser Vorkommnisse ist eine sehr grosse, so besitzt allein die Erdfarbenfabrik von Schmidt und Ziegler 37 Grubenfelder darauf, die Vertheilung ist eine höchst unregelmässige, und die Mächtigkeit zumeist wenige Meter nicht übersteigend; dabei sind die Nester auch in ihrer Flächenausdehnung sehr beschränkt. Zum grossen Theil, wie in der Umgebung von Königsstein, Vögelas, Gaissach, liegen die Erze direkt unter dem Humus oder von ihm durch eine ganz schmale Lage von Sand oder thonigsandigem Material getrennt. Die Unterlage bildet dann, soweit die Vorkommnisse mir genauer bekannt sind, der zu Taschen und Mulden ausgefressene Dolomit, in anderen Fällen vielleicht auch Kalkstein; eine andere Unterlage ist aber nirgends bekannt. Das Erz ist ein überwiegend mulmiger, heller und dunkler Brauneisenstein, zuweilen mit Konkretionen von dichtem, glaskopfählichem Brauneisenerz, der sich hin und wieder zu unregelmässigen Lagen ausdehnt. In vielen Fällen reichert sich der stets manganhaltige Brauneisenstein so sehr an Manganoxyden (Wad) an, wie in der Konradszeche bei Hammersreuth, wo der Gehalt an Manganoxyd nach Analysen von SCHMIDT und ZIEGLER 45,13 % beträgt, dass die Erze als Manganerze bezeichnet werden können. Vom liegenden Dolomit sind die Erze oft durch eine Kruste von hartem Brauneisenstein oder eine sandige Eisenschwarte von einigen Centimetern Stärke getrennt.

In anderen Fällen ist eine starke sandige Ueberdeckung vorhanden, auf „Eintracht“ bei Neukirchen 17 m mächtig, auf Zeche „Anna“ bei Eitzelwang an 30 m. Hieher gehört auch wohl das Vorkommen im Eisenbahneinschnitt am Bahnhof Neukirchen, das GÜMBEL<sup>3)</sup> abgebildet und beschrieben hat. Heute ist das Profil nicht mehr offen. Es folgt nach seinen Angaben von oben nach unten:

- |  |        |
|--|--------|
| 1. Schutt und Vegetationserde . . . . .  | 0,25 m |
| 2. Gelblicher, lockerer Sand mit Glaukonitkörnchen in wellig gebogenen Lagen . . . . . | 0,50 „ |
| 3. Gelber und weisser Sand mit rothen Thonbutzen . . . . .                             | 0,50 „ |
| 4. Brauneisenerz, meist mulmig und manganfleckig mit Gelberde und Wadbutzen . . . . .  | 0,3 „  |
| 5. Lagen von Hornsteinknollen mit gelbem Thon und Sand . . . . .                       | 0,25 „ |
| 6. Brauneisenerzschale . . . . .   | 0,10 „ |
| 7. Gelber, lettiger Sand . . . . .   | 0,25 „ |
| 8. Dolomit im Untergrund.  |        |

<sup>1)</sup> Amberger Eisenerzf. S. 318.

<sup>2)</sup> Ebenda. S. 318, Frankenjura. S. 402.

<sup>3)</sup> Frankenjura. S. 428.

Man gewinnt aus diesem Bild, wie auch sonst an Aufschlüssen in der Gegend die Anschauung, dass die S-förmige wellige Lage dieser Sandschichten, welche das mulmige Brauneisenerz überlagern, keine ursprüngliche ist, sondern sich nachträglich den sackförmigen Vertiefungen des Untergrundes anbequemt haben.

Sehr bemerkenswerth scheinen die seit langen Jahren nicht mehr aufgeschlossenen und wahrscheinlich erschöpften Farberdelager vom Haidweiher, die den ehemals berühmten „Goldocker“ lieferten, nach den Angaben zu sein, welche GÜMBEL<sup>1)</sup> darüber macht. Hier kam nämlich die Farberde, nicht unmittelbar oder durch eine wenige fingerdicke Lettenlage davon getrennt, über dem jurassischen Untergrund zu liegen, sondern, es folgte auf den Jurakalk das bereits mehrmals erwähnte bohnerartige Conglomerat mit zerbrochenen Muschelschalen, darunter *Ostrea diluviana* L., Cidaridenstacheln, Fischzähnen u. s. f.; und erst drei Lachter darüber (aus welchem Material diese Zwischenschicht bestand, gibt GÜMBEL nicht an) lag die Farberde, die sich auch ganz wesentlich von den übrigen Farberden der Gegend unterschied, wie die Analyse lehrte. Es ergab sich nämlich die Zusammensetzung eines Eisenoxysilikates entsprechend der Formel  $\text{Fe}_2\text{O}_5\text{Si} + 8\text{H}_2\text{O}$ , also bis auf den Wassergehalt analog dem Allophan, dem nach GROTH, Tabellarische Uebersicht, die Formel  $\text{Al}_2\text{O}_5\text{Si} + 5\text{H}_2\text{O}$  circa zukommt. (Nach einer von KOBELL, Grundzüge 1838, S. 222, mitgetheilten Analyse besitzt allerdings auch letzterer einen weit höheren Wassergehalt.)

Ueber dieser Farberde folgte dann gleich der Tripel, was GÜMBEL auffiel, da weiter östlich an der Spalte bei Engelsdorf, zwar discordant, der ältere Grünsandstein über dem Erz folgte. Er sagt deshalb dazu: „Um dies zu erklären, lässt sich „annehmen, dass die Eisenerzbildung nur an höher gelegenen Uferändern statt- fand, während sich die Sandsteine in der Mulde absetzten, und dass erst später „in Folge dieser Muldenausfüllung es der zweiten Schichtenreihe möglich wurde, „das Niveau des älteren Erzabsatzes zu erreichen. Es würde dadurch eines der „Hauptbedenken gegen die Procännatur des Erzzeuges gehoben sein.“ Ganz nahe bei diesem Goldockervorkommen trat, wie noch nebenbei bemerkt werden soll, bei Germersdorf die Amberger Farberde in ihrer gewöhnlichen Ausbildungsweise auf.

### Deutung der Lagerstätten.

Die im Vorausgehenden geschilderten Lagerungsverhältnisse machen die bisher angenommene Ansicht über die Art und Weise, wie über die Zeit ihrer Entstehung aus mehrfachen Gründen unwahrscheinlich. Einmal spricht schon die Struktur dieser Erzgebilde mit den grossen Drusenräumen, mit den nach allen möglichen Richtungen ausgezackten, fetzenförmigen Erzputzen, soweit es sich um die an Spalten auftretenden Erzkörper handelt, gegen die Auffassung, dass es sich hier um oberflächlich sedimentirte Absätze an einem Meeresufer handelt. Doch noch weit schwerwiegender ist der Umstand, dass es zum Theil Lager des reinsten Spatheisensteins sind, wie in Auerbach in der Leoniezeche und im Felde „Minister Falk“, sowie dass das Vorkommen von Eisenspath im Amberger Erzberg nicht „spärlich nur in einzelnen Knollen“, sondern in einem jedenfalls über 25 m tiefen (die volle Mächtigkeit kennt man ja noch nicht) und entsprechend breiten Stocke sich zeigt. In diesem Falle kann es sich unmöglich um einen oberflächlichen Absatz handeln, vielmehr muss die Bildung unter luftdichtem Abschluss und unter

<sup>1)</sup> Ostbayer. Grenzg. S. 466, 728, 780.



Bedeckung vor sich gegangen sein, wie man längst weiss und wie auch neuerdings wieder in der Literatur<sup>1)</sup> festgestellt wurde. Auch handelt es sich nicht um die Bildung von Thoneisenstein, der wenigstens nahezu oberflächlich entstehen kann. Auch kann man hier nicht eine nachträgliche Reduktion annehmen, womit VAN BEMMELEN<sup>2)</sup> die Entstehung amorphen Eisenoxydulcarbonates in Mooren erklärt; denn die hiezu nöthigen organischen Substanzen fehlen gänzlich.

Auch die Lagerung des Erzes im Ganzen ist nicht mit der Annahme vereinbar, dass es sich um eine cenomane Bildung handelt, um ein Stranderzeugnis an dem neu vordringenden Meere. Denn die cretacischen Sedimente legen sich durchweg an die an den Spalten aufsetzenden Erzstöcke discordant an. Auch die im Vorausgehenden angeführte Hypothese, wonach die Discordanz so erklärt wird, dass die Erze sich an verschiedenen hohen und verschiedenen geneigten Stellen des Meeresbodens ablagerten, während sich die übrigen Sedimente dann allmählich und horizontal auffüllten, so dass die einen Bildungen schon von Grünsand bedeckt werden, während auf die anderen erst turone Ablagerungen folgen, dürfte nicht zu halten sein. Denn diese an der angezogenen Stelle von turonem Tripel überlagerte Farberde überlagert ja ihrerseits bereits marine Sedimente des Cenoman, nämlich jenes Bohnerzkonglomerat, das wir als nicht gleichwerthig bereits ausgeschieden haben. Ausserdem hätte sich wohl unter Meeresbedeckung der Grünsand sowohl in den tieferen wie den höheren Stellen des Meeresbodens, vielleicht höchstens in verschiedener Mächtigkeit, abgesetzt. Fasst man aber jene Erklärung so auf, dass das ingredirende Meer erst im Turon jene tiefcenomane Bildungen erreichte, so gilt der Einwurf der Ueberlagerung des Conglomerates weiter, es kommt aber noch dazu, dass eine ockerige Quellaufschüttung bei der corrodirenden Wirkung einer positiven Strandverschiebung keinen Bestand gehabt hätte.

Wenn wir uns also um eine andere Erklärung umsehen, so fällt uns auf, dass die Erze durchgängig, wenn man den Goldocker von Haidweiher, der ja auch eine besondere chemische Beschaffenheit zeigt, ausnimmt, an Kalkstein gebunden sind. Nicht etwa als ob sie einen bestimmten Horizont im weissen Jura ausmachten, geht vielmehr die Erzbildung von den höchsten Niveaus des Frankendolomits, wie er in unserer Gegend zur Ausbildung gelangt, durch die tiefsten Stufen des Malm und den Doggeroolith bis auf den Doggersand, welcher durch die gleiche Wirkung zu rauhem Eisenstein, der jedoch nicht als Erz im engern Sinn gelten kann, an verschiedenen Orten verschieden tief reichend, herab. Dabei wäre es merkwürdig, in Anbetracht der stark gestörten Lagerung, wenn nicht auch einmal die Kalkmergellagen des mittleren Lias in engen Zusammenhang mit der Eisenbildung träten. In der That gibt GÜMBEL<sup>3)</sup> von Paulsdorf, wo wir bereits die Erzbildung am Malmkalkstein kennen gelernt haben, das Auftreten des Brauneisensteins innerhalb der Liasglieder an. Hier ist eben die schützende Decke der höheren Thone und Schiefer an einer Stelle zerrissen. So drängt sich uns die Ueberzeugung auf, dass die Erze durch eine Verdrängung des Kalksteins durch das

1) ROTH, Allg. u. Chem. Geol. I. Bd. 1879. S. 545.

BRAUNS, Chem. Mineral. 1896. S. 354.

BISCHOF I. Aufl. I. Bd. S. 370.

2) Ueber das Vorkommen u. s. w. von Eisenanhäufungen etc. Ztsch. anorg. Chem. 22. 1900. S. 377.

3) Frankenjura S. 402. Amberger Eisenerzf. S. 318.

Erz, d. h. durch metasomatische Prozesse entstanden sind, wie sie zuerst DELANOÛE<sup>1)</sup> für solche Lagerstätten in Anspruch genommen hat. Die gleiche Entstehung wurde bereits für viele Eisenerzlager nachgewiesen, z. B. für die im Zechsteindolomit an der Stahlberger und Klinger Störung,<sup>2)</sup> für die Eisenerzlager von Bilbao,<sup>3)</sup> von denen WEDDING Profile mittheilt, die mit unseren Verhältnissen eine auffallende Aehnlichkeit aufweisen, für die Rotheisenerze von Cumberland,<sup>4)</sup> von denen bei DE LAUNAY auch sehr instructive Skizzen gegeben sind.

Grubendirektor HÄRCHÉ schwebt in seinem citirten Gutachten ein ähnlicher Vorgang vor Augen und er sucht ihn zu erklären durch die Verwitterung von Eisenkies zu Eisensulfat, das sich mit Dolomit umsetze, und erwähnt hiezu ein interessantes Experiment, das diesen Vorgang illustriren soll. Doch ist dies für unsere Erze auch nicht annehmbar, da zu diesen Mengen von Eisenerz unermessliche Mengen von Eisenkies gehörten, die wir in unserem Kalk nicht haben, und ferner ist unser Erz von Schwefelsäure gänzlich und von Schwefel so gut wie gänzlich frei. Nach Dr. SCHÖBER,<sup>5)</sup> der von unseren Erzen über 30 Analysen angefertigt hat, wie nach meinen Analysen, ist das Erz gänzlich schwefelfrei. HÄRCHÉ hat offenbar die Analysen der Gunzendorfer Farberde für die unserer Erze genommen.

Wenn wir aber bedenken, dass ganze Lager von Spatheisenstein unseren Erzen angehören, dass zum Theil heute noch Säuerlinge, bei Betzenstein, dem Boden entsteigen, so werden wir nicht umhin können, diesen die Wirkung zuzuschreiben, zumal dies die einfachste Erklärung ist. Was noch besonders für unsere Auffassung als metasomatische Bildung spricht, ist, dass wir in Amberg gesehen haben, dass der Spatheisenstein in den Dolomit übergeht. Ganz besonders erscheint der Befund in Auerbach von Wichtigkeit, wo das aus der langsamen Verdrängung des Dolomits hervorgegangene Weisserz auch noch die Struktur desselben, das aus dem unteren Malmkalk entstandene, wo das Weisserz den Ornatenton überlagert, eine kalksteinartig dichte Beschaffenheit besitzt, und noch dazu von letzterer Stelle ein in Eisenspath umgewandeltes Fossil des unteren Jura sich fand. Zuletzt will ich noch die hohlen Geoden der Amberger „Conglomeratstrecke“ erwähnen, in deren Innerem wir ein Entkalkungsresiduum gesehen haben. In dem grösseren Theil des Eisenspathlagers in Auerbach, wie in Amberg konnte man keine Fossilien finden; denn man findet auch in dem Dolomit, aus dem das Erz hervorgegangen ist, keine.

An der Grenze des Weisserzes nach aussen tritt, wie wir gesehen haben, entweder die Bedeckung durch Thon auf, oder der Eisenspath geht in Brauneisenstein über. Dass der Brauneisenstein durch Oxydation des Eisenspaths entstanden ist, wird durch die grossdrusige und luckige Beschaffenheit desselben bewiesen. Denn bei der Umwandlung von Eisenspath in Brauneisenstein geht eine Volumenverminderung trotz der Aufnahme von Sauerstoff vor sich, die nach SCHMEISSER<sup>6)</sup> circa  $\frac{1}{5}$  des ursprünglichen Volumens beträgt. Dies trifft auch für

<sup>1)</sup> Geogenie der unregelmässigen Lagermassen etc. Ann. d. mines 1850. XVIII. S. 455. cit. bei Cotta, Erzlagerstättenlehre S. 199.

<sup>2)</sup> MENTZEL, Lagerstätten d. Stahlb. u. Kling. Störung. Z. f. prakt. Geol. 1898. S. 273.

<sup>3)</sup> WEDDING, Eisenerze in Spanien. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. Berlin 1896. S. 293.

<sup>4)</sup> FUCHS et DE LAUNAY, Traité d. Gîtes Min. et mét. T. I. Paris 1893. S. 756 ff.

<sup>5)</sup> a. a. O.

<sup>6)</sup> Unterdevon des Siegener Landes. Jahrb. d. k. preuss. Landesanst. 1882. S. 114.



die Umwandlung in Limonit zu, bei der Umwandlung in den hydratwasserärmeren und spezifisch schwereren Goethit, der bei uns in Frage kommt, beträgt die Volumenverminderung sogar bis um  $\frac{7}{20}$  des Volumens von Eisenspath. Daher kommt auch die höchst unregelmässige Form der einzelnen Erznerster im Amberger Bergbau, wo einzelne Kalkschollen der Substitution unterworfen, dann oxydirt wurden und unterdessen den allseitigen Druck der umgebenden leicht beweglichen Thon- und Sandmassen zu erleiden hatten. Durch die so geschaffene brecciöse Masse drangen weiter eisenbicarbonathaltige Wässer, die unter dem Einflusse des nun nicht mehr ausgeschlossenen Luftsauerstoffs keinen Eisenspath, sondern ockeriges Eisenerz absetzten, zum Theil die Drusenräume des Goethits in seine Ausbildung nachahmenden strahlig-fasrigen Schalen erfüllten, zum Theil durch dieses interstitielle Wachsthum dabei die Trümmer des Goethits auseinander rückten.<sup>1)</sup> Bei der Oxydation des Spathisensteins zu Goethit gingen die noch sehr wenig geklärten, aber häufig beobachteten<sup>2)</sup> Spaltungs- und Konzentrationserscheinungen vor sich, die zu der Umhüllung des Goethits durch Pyrolusit und Psilomelan (Wad) führten. Es lässt sich dies wohl so denken, dass das kohlen saure Manganooxyd durch die Kohlensäure, welche bei dem Ausfall des sich schneller oxydierenden Eisens frei wird, während der ganzen Dauer der Brauneisenpräcipitation in Lösung gehalten wird.

Auch GÜMBEL nahm in seinen letzten Publikationen an, dass Eisensäuerlinge die Urheber der Erzbildung waren, und auch er wusste, dass gerade die grössten, reichhaltigsten und am weitesten in die Tiefe setzenden Erzlager an den Spalten aufsassan. Andererseits musste er die Entstehung der Spalten für tertiär halten,<sup>3)</sup> und so erklärte er, dass die Quellen auf „vorgebildeten“ Spalten emporgestiegen seien, um seiner Anschauung, dass die Erze cenomanen Alters sind, nicht zu widersprechen. Auch wir können uns nur der Auffassung anschliessen, dass die Spaltenbildung dem Tertiär angehört; denn wir haben allenthalben gesehen, dass die Kreideschichten am Rande der Spalte gestört und grossentheils geschleppt sind. Es ist, wie wir beobachteten, allenthalben der westliche Flügel gegen den östlichen abgesunken, so dass sich schematisch die Gestalt mehrerer Flexuren ergibt. Unter dem Schutz des steilgestellten, zunächst aus festem Kalkstein gebildeten Abbruchwalles konnten sich längs seines Südwesthanges die weichen Kreideschichten erhalten, während sie auf der höheren Ostseite der Zerstörung anheimfielen. Dass die Spaltenbildung in der jüngeren Tertiärzeit beendet war, wird dadurch bewiesen, dass sich die höchst wahrscheinlich miocänen Braunkohlen von Schwarzenfeld gerade über der Verwerfung in völlig ungestörter Lagerung befinden und zwar über geneigt gelagertem Grünsandstein. Präcenomane Störungen, wie sie Dr. ПОМРЕКЪ<sup>4)</sup> neuerdings in der Gegend von Regensburg nachwies, konnte ich in der Region der Amberger Erze nirgends konstatiren.

Wenn wir daher annehmen, dass die erzerzeugenden Mineralquellen auf diesen zur Tertiärzeit gebildeten Spalten emporgestiegen sind, so ist dies nicht nur verständlicher, als wenn wir zu jenen parallele Spalten annehmen wollten, die zu Beginn des Cenomans vorgebildet wurden, sondern dies allein macht es

<sup>1)</sup> Vgl. REYER, Theor. Geol. 1888. S. 426.

<sup>2)</sup> Vgl. ROTH, Allg. u. Chem. Geol. I. Bd. S. 83. BISCHOF, Chem. u. Phys. Geol. 1. A. 2. Bd. S. 806, 824, 826, 1370.

<sup>3)</sup> Frankenjura S. 642.

<sup>4)</sup> a. a. O. S. 209.

verständlich, dass sich Eisenspath bilden konnte, weil dann eben die luftabschliessenden Thonschichten der Kreide bereits den Kalkstein bedeckten, und dass unter der sandigen Bedeckung ockerige Erze sich an den Spalten vorfinden können, die ja anders, wie gesagt, verschwemmt sein würden. Dazu passt auch sehr wohl die Thatsache, dass in der Leoniezeche bei Auerbach ein 1—3 m mächtiges Lager von Brauneisenstein über dem Turonfossilien führenden Thon und unter dem darüber folgenden Sand und gelben Letten angetroffen wurde. Dieses Erz wurde bei der Bildung des eigentlichen Erzstockes infiltrirt und auch hier wahrscheinlich durch kalkige Bestandtheile zum Niederschlag gebracht.

Es fragt sich nunmehr, wo wir den Ursprung des Eisengehaltes unserer Quellen zu suchen haben. Den Eisengehalt des Doggersandsteins oder mancher Keuperschichten dafür verantwortlich machen zu wollen, ist nicht angängig; denn dies würde uns ebensowenig den Kohlensäuregehalt der Quellen, den wir nothwendig annehmen müssen, erklären, als die Lösung des ungemein schwer löslichen Eisenoxyds verständlich wäre. Und doch gibt die Annahme eines cenomanen Alters der Quellen keine anderen Anhaltspunkte. Fassen wir jedoch die Erzbildung als Folgeerscheinung der tertiären Spaltenbildung auf, so liegt nichts näher, als einen Zusammenhang dieser Eisensäuerlinge mit den Basaltvulkanen herzustellen, die in grosser Nähe, nirgends über 20 km, zum Theil nur wenige Kilometer entfernt, den Spaltenzug begleiten. Es sind dies der Hohe Parkstein zwischen Weiden und Pressath, die sieben Kulme bei Neustadt am Kulm und das Basaltvorkommen bei Oberleinleiter, weiter abseits liegen die Basalte von Waldeck, Kulmain, Kulmbach u. s. w. Diese Basalte sind sicher tertiär. Denn an vielen Orten liegen in ihren Kratern oder auf ihren Tuffen Braunkohlenablagerungen erwiesen jung-tertiären Alters, wie auf der Sattlerin bei Fuchsmühl, auf der Zottenwies u. s. w. (siehe GÜMBEL, Ostb. Grenzgeb.), wodurch feststeht, dass sie nicht jünger als tertiären Alters sein können; am Hohen Parkstein dagegen, der ohne Zweifel der gleichen Bildung angehört, ist die Braunkohle,<sup>1)</sup> aus der GÜMBEL Abdrücke tertiärer Pflanzen angibt, die ich allerdings nicht kenne, von den Tuffen des Basaltes in einer 5 m mächtigen Schicht bedeckt; somit kann der Vulkan auch nicht älter als tertiär sein.<sup>2)</sup>

Ein Zusammenhang der Eisensäuerlinge mit den Basaltvulkanen lässt sich aber um so leichter konstruiren, als bei den weiter nördlich im Eger'schen Land gelegenen Basalten nicht nur unmittelbar kleinere Brauneisenerzlager auftreten, sondern auch noch heute thätige Eisensäuerlinge.

Freilich sind unsere Eisenerze, wenn auch nicht weit entfernt, so doch auch nicht in unmittelbarer Nähe, und man könnte fragen, warum, wenn wir unsere Säuerlinge als postvulkane Erscheinungen auffassen, diese nicht auf den gleichen Spalten auftreten, wie die Vulkane selbst, die nach GÜMBEL theils auf hereynischen, theils auf S-N streichenden Spalten aufsitzen.

Die Antwort ist die, dass unsere Basaltberge überhaupt nicht auf Spalten aufgesetzt sind. Ein Blick auf die Karte zeigt schon, dass die Basalte zwar in der Nähe unserer Verwerfungslinien, aber höchst regellos vertheilt sind. So liegen

<sup>1)</sup> Ostb. Grenzgeb. S. 794.

<sup>2)</sup> Da GÜMBEL selbst auf Grund dieser Thatsachen (Frankenjura S. 642) ein tertiäres Alter annimmt, so ist es wohl auf ein Versehen zurückzuführen, wenn er auf der vorhergehenden Seite den Vulkanen von Leinleiter und Kulmbach ein geringeres Alter zuschreibt als denen im Osten, weil diese noch den Jura durchbrächen, jene aber auf triasischem und noch älterem Gebirge aufsäßen.



die sieben Kulme ohne reihenförmige Anordnung, so liegt der Basalt von Leinleiter westlich, die andern östlich von der Abbruchsspalte von Vilseck-Hollfeld. GÜMBEL schreibt selbst,<sup>1)</sup> dass Schichtenstörungen bei Aigen, wo ein Basalt den Muschelkalk durchbricht, nicht dem Basalt zugeschrieben werden dürfen, dass man beim Anzenberg, dem Waldecker Schlossberg, den Kulmen, dem Atzmansberg und dem Hohen Parkstein nirgends eine auffallende Schichtenstörung bemerkt; nur in der Nähe von Waldeck mache sich an einem Hohlweg eine ungewöhnlich starke Zerklüftung des Keupersandsteins bemerkbar. Auf seinen Profilen durch den Rauhen Kulm (Ostb. Grenzg. S. 803, Geol. v. Bayern S. 763) und durch den Hohen Parkstein (Geol. v. Bayern S. 764) zeichnet er zu beiden Seiten des Vulkanschlotes absolut horizontale Schichten, und kommt gleichwohl zu dem Schlusse, aus diesen Thatsachen gehe hervor, dass die Basalte hauptsächlich auf schon vorgebildeten Spalten hervorgezungen seien. Auch ich habe mich am Hohen Parkstein von der Horizontalität der Keuperschichten überzeugt, nur etwas unter der halben Höhe des Basaltberges habe ich aus dem Verwitterungsboden eine Keupersandsteinscholle vorragen gesehen, vielleicht einen Theil der durchbrochenen Decke, und ich bin zu dem entgegengesetzten Resultat gekommen. Unterdessen ist mir ein Aufsatz von BRANCO<sup>2)</sup> bekannt geworden, in welchem er zu der von ihm verfochtenen Theorie der Unabhängigkeit der Vulkane von präexistirenden Spalten neue Belegstücke sammelt, briefliche Mittheilungen und Arbeiten von GEIKIE, STÜBEL und LÖWL. Insbesondere die Anschauung des letzteren<sup>3)</sup> scheint völlig mit den in der Oberpfalz gegebenen Verhältnissen übereinzustimmen, der auf Grund seiner Beobachtungen schliesst, dass die Vulkane zwar auf Bruchregionen beschränkt sind, aber nicht an den Bruchspalten selbst aufsteigen, sondern sich ihren Weg selbst bahnen. Und er schreibt dazu: „Die Beschränkung der Vulkane auf „Bruchregionen, sowie die reihen- oder streifenförmige Anordnung der eruptiven „Bildungen sprechen dafür, dass man die Kraft, welche einzelne magmatische „Schlieren ausquetscht und durch die Erdrinde emportreibt, in dem örtlich gesteigerten Drucke der Erstarrungskruste zu suchen hat.“<sup>4)</sup>

Während aber die Basaltausbrüche aus diesen engen Schlöten erfolgten, konnten die postvulkanischen Erzeugnisse, im besondern die leicht komprimirbaren Gase, den bequemeren Weg der Verwerfungsspalten wählen und hier kam dann auf die geschilderte Weise die Erzablagerung wohl zu Stande.

Nun haben wir oben gesehen, dass unsere Eisenerze verhältnismässig reich an Mangan und Zink sind, und auch Blei führen. Ausserdem sahen wir, dass auf der Freihung-Kirchenthumbacher Spalte ebenda, wo die Eisenerze aufhören, die Bleierze einsetzen, die auch Mangan führen und dass an den kalkigen Liasschichten (z. B. bei den Glassandgruben) die Eisenbildung in geringerem Grade einsetzt. So liegt es nahe zu vermuthen, dass ein innerer Zusammenhang beider Erscheinungen besteht. Der Annahme, dass es sich um eine marine Sedimentation handelt, muss man vor Allem die merkwürdige zerfressene Beschaffenheit des Gesteins entgegenhalten,

<sup>1)</sup> Ostb. Grenzg. S. 802.

<sup>2)</sup> Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1898. I. S. 175.

<sup>3)</sup> Jahrb. d. k. k. Reichsanst. 36. 1886. S. 315. Dieser Auffassung verschlossen sich auch Gegner der extremen Ansicht STÜBELS, wie FELIX und LENK nicht (siehe Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal. Stuttg. 1902. Nr. 15).

<sup>4)</sup> Hinsichtlich der Basaltkegel im nördlichen Böhmen, welche auf Kreideschichten aufgesetzt sind, vgl. F. TOULA, Lehrb. d. Geol. Wien 1900. S. 70.

dann ist es schwer zu erklären, woher das Meer seinen grossen Gehalt von Bleisalz bekommen hätte und wie es ausgefällt worden sei. Auch die Auffassung, dass es sich um eine engbegrenzte Bucht handle, in der eine Konzentration zugeführter Bleisalze erfolgt sei, leidet darunter, dass durch THÜRACH, die gleiche Schicht, die bei Pressath bleiführend ist, bei Creussen bleifrei und kohlige Holzreste, nicht mehr vererzte, führend gefunden wurde.

POŠEPNY seinerseits nimmt eine epigenetische Imprägnation durch aufsteigende Mineralquellen an. Aber hier kommt ein anderer Umstand in Erwägung, warum nämlich gewisse, eng begrenzte Schichten Bleierze führen, die hangenden und liegenden aber davon völlig frei sind. POŠEPNY nimmt zur Erklärung an, dass die betreffenden Schichten von einer organischen Substanz erfüllt gewesen sei, die die Metallsalze an sich zog und zu Sulfiden reducirte. Aber wir haben gar keine Anhaltspunkte, dass in diesen Schichten faktisch das der Fall war, dann steht dies auch mit der Beobachtung von THÜRACH in Widerspruch, dass in der Umgebung der vererzten Hölzer der Sandstein gewöhnlich an Bleierzen arm sei; dies deutet darauf hin, dass soweit die organische Reduktion in Frage kommt diese eine nachträgliche Konzentration bewirkt. Schliesslich ist nicht das im Sandstein fein vertheilte Erz Bleiglanz, sondern Cerussit, und Bleiglanz tritt nur als Vererzungsmittel von richtigen Holzstücken auf und in konkretionärer Form auf Klüften.

Auch wir wollen eine epigenetische Entstehung annehmen, wofür einmal obige Bedenken gegen die syngenetische sprechen, sowie der Umstand, dass der Hauptzug von Freihung—Tanzfleck unmittelbar an der Verwerfungslinie liegt, das Vorkommen von Vilseck in der nächsten Nähe des Bruchrandes; die Wahrscheinlichkeit einer Störungslinie bei Pressath haben wir besprochen, und auch die Angabe THÜRACHS, dass in dem Kaolinsand zwischen Hirschau und Schnaittenbach Spuren von Weissbleierz enthalten sind, steht damit in Einklang, dass, wie bemerkt, die Freihunger Spalte zwischen Hirschau und Schnaittenbach gegen die Waldgebirgsecke zu wahrscheinlich fortstreicht, wie auch GÜMBEL in der seiner Geologie von Bayern beigegebenen Uebersichtskarte die Spalte hier durchführt.

Zur Erklärung aber, warum die Erze gerade an gewisse Schichten gebunden sind, brauchen wir nicht anzunehmen, dass ehemals organische Substanz darin enthalten war, sondern sie ist dem bereits von GÜMBEL betonten Umstand gegeben, dass diese Schichten Kaolin, zum Theil in grosser Quantität, führen. Die Minerallösungen durchdrangen wohl von den Spalten aus den ganzen Schichtenkomplex. Bei der Passierung des Kaolinsandsteins jedoch erfolgte die Ausfällung. Dieser von DU BOIS-REYMOND als Adsorption bezeichnete Vorgang ist in der Chemie längst bekannt. So schreibt FEHLING<sup>1)</sup>: „Kohle und Thon scheiden manche Körper aus ihren Lösungen ab, indem sie dieselben absorbiren und dadurch dem Lösungsmittel entziehen. Selbst Metalloxyde werden aus Lösungen niedergeschlagen (Fällen von Kupfer und Blei aus Salzlösungen); Thon entzieht den wässrigen Lösungen viele Salze, besonders Phosphate, Kalisalze.“ CH. v. OTTO<sup>2)</sup> sagt: „Als zersetzende Wirkungen pflegt man auch wohl die sogenannten Flächenwirkungen zu betrachten. Körper, welche eine grosse Oberfläche in kleinem Raume haben, nämlich poröse Körper, wie Holzkohle, Knochenkohle nehmen aus Lösungen manche gelöste Stoffe weg. Aus einer Lösung des Kalks im Wasser

<sup>1)</sup> Neues Handwörterb. d. Chemie. III. 1878. S. 183.

<sup>2)</sup> GRAHAM-OTTO, Ausf. Lehrb. d. Chemie. Anorg. Ch. I. Abth. 4. Aufl. 1863. S. 37.



„nimmt Knochenkohle den Kalk weg.“ Neuerdings ist in der Theorie eine Controverse aufgetaucht, ob man diese Wirkung als eine rein physikalische Flächenwirkung auffassen dürfe oder nicht, was aber für uns ohne Belang ist. Interessanter scheinen zur Beurtheilung unseres Processes Experimente von LINDER und PICTON, sowie ZSIGMONDY,<sup>1)</sup> die sog. kolloidale Lösungen von Eisenoxyd und Schwefelarsen hergestellt haben, die durch gewöhnliche Filtrationsmethoden nicht zu trennen sind, wohl aber durch die Filtration durch poröse Thonzellen. Ferner die Arbeiten VAN BEMMELEN's, der übrigens wieder zu dem Wort „absorbiren“, obzwar er auch den Unterschied der Adsorption allenfalls gelten lässt, zurückkehrt. Dieser schreibt u. a.<sup>2)</sup>: „Die Gels, ebenso poröse amorphe Stoffe (Kohle, Kaolin u. s. w.) „können allerhand chemische Verbindungen aus homogenen Lösungen absorbiren: Elemente, anorganische und organische Säuren, Basen, Salze u. s. w. So „z. B. der Hydrogel von  $Al_2O_3$  und der Hydrogel von  $Fe_2O_3$ : Schwefelsäure, „Alkalien, Alkalisalze wie  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  — noch stärker das Carbonat von K und  $(NH_4)_1$ .“ In derselben Arbeit (S. 323) berichtet er: „LAGERGREN hat „neuerdings aus thermodynamischen Berechnungen abgeleitet, dass der mittlere „Druck, worunter die gesammten Flüssigkeitsschichten in Kieselsäure, Thierkohle, „Kaolin oder auf Glaspulver absorbirt sind, einige tausend (7—10) von Atmo- „sphären beträgt und dass daraus die bei der Absorption entwickelte Wärme zu „erklären ist.“

Wenn wir also diesen Vorgang der Adsorption für unser Freihunger Erz in Anspruch nehmen, und wir können das um so eher, als die Vertheilung des Kaolins in dem Sandstein eine weit feinere ist, als sie etwa durch poröse Thonzellen erreichbar ist, so erklärt sich auch, wie es kommen konnte, dass die Hölzer in dem Sandstein, die jedenfalls längst in den Verkohlungsprocess eingetreten waren, noch die reduzierende Wirkung auf die Bleisalze ausüben konnten. Denn durch die hohe Adsorptionswärme wurde aus der Kohle das Bitumen freigemacht, ähnlich wie man bei der Brikettirung durch Erwärmung das Bitumen freimacht, und dieses konnte dann als Flüssigkeit reduzierend einwirken. Da BEMMELEN und die anderen Autoren ausdrücklich darauf hinweisen, dass die Adsorption eine auswählende ist und viele Stoffe aus zunächst nicht nachweisbaren Gründen nicht gefällt werden, so könnte man vielleicht annehmen, dass das in der Minerallösung mitenthaltene Eisenoxydulbicarbonat unzersetzt hindurchging, während Mangan-carbonat niedergeschlagen wurde, wenn man überhaupt die Annahme billigt, dass beide Arten von Lagerstätten der gleichen Bildung angehören.<sup>3)</sup>

Sind nach dem Vorausgehenden also die an den Spalten auftretenden Eisenerze als durch metasomatische Prozesse entstanden zu denken, so fragt es sich, ob man die gleiche Entstehung auch für die über das Juraplateau verstreuten Eisenerze annehmen darf. Für die den Spalten benachbarten kann man dies wohl thun; denn unter Bedeckung, die ja dort vorhanden ist, können, wie BISCHOF (a. a. O.) nachwies, die Sauerlinge ihren Verlauf in horizontalen Kanälen nehmen, bis sie Gelegenheit zum Absatz finden. Für die weiter entfernten und die der Bedeckung

<sup>1)</sup> Ueber die Natur d. sog. koll. Metallösungen. Zeitschr. f. Phys. Chem. 33. 1900. S. 66.

<sup>2)</sup> Die Absorption von Stoffen aus Lösungen. Zeitsch. f. Anorg. Chem. 23. 1900. S. 323.

<sup>3)</sup> Oberflächliche Untersuchungen ergaben auch für die den Freihunger verwandten Erze von Mechernich, Münster-Eifel und Chessy bei Lyon (Kupferlasur) einen bemerkenswerthen Gehalt an Kaolin (und Thon allgemein). Vgl. auch BLANCKENHORN, Die Trias am Nordrand der Eifel. 1885. S. 8, 12, 17, 24.

entbehrenden müsste man allenfalls annehmen, dass in seitlich abzweigenden Kanälen oder an Querspalten, die aber nicht nachgewiesen sind, aufsteigende Quellen dies bewirkt hätten. Allein diese complicirte Annahme wird unnöthig gemacht durch die erhebliche Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung beider Erze. Nicht nur, dass Eisenspath oder ähnliche Vorkommnisse, die auf Substitution hinweisen, hier gänzlich mangeln, sondern es ist auch das Erz an den Spalten weit reichhaltiger als das in den Farberdeputzen, abgesehen von den glaskopffartigen Brauneisenschalen, die wohl durch Concentration entstanden sind. Für diese Vorkommnisse wäre vielleicht besser die Entstehung durch Verwitterungsprocesse des Kalks anzunehmen, wie sie für die hessischen und nassauischen Manganerzlagerstätten DELKESKAMP<sup>1)</sup> beschrieben hat.

Zur Beurtheilung mögen einige Analysen dienen:

A. Eisenerze von der Amberger Spalte.

I. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	71,32 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Klarerz
MnO <sub>2</sub> . . . . .	0,61 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,92 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1,98 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
SiO <sub>2</sub> . . . . .	12,82 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Hydratwasser . . . . .	9,70 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Hygrosk. Wasser und Verlust . . . . .	0,60 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
	<u>99,65<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	
II. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	87,62 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Stuferz
MnO <sub>2</sub> . . . . .	0,35 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1,02 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Wasser . . . . .	9,17 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
In Salzsäure Unlösliches . . . . .	1,84 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
	<u>100,00<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	
III. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	73,0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Durchschnitt aus 27 Analysen
MnO <sub>2</sub> . . . . .	0,5 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1,8 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Wasser . . . . .	10,3 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Unlösliches . . . . .	14,4 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
	<u>100,0<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	
IV. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	85,98 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Stuferz
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,37 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,10 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Hydratwasser . . . . .	10,27 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Hygr. Wasser u. Verlust . . . . .	0,93 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
Unlösliches . . . . .	2,36 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	
	<u>100,01<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	

<sup>1)</sup> Zeitsch. f. prakt. Geol. 1901. S. 356. Vgl. auch J. W. HARDEN, Trans. of the Am. Inst. of Min. Eng. 1873 vol. I. p. 136; J. P. LESLEY, Proceed. of the Am. Phil. Soc. vol. IX. p. 463; ders. Final Report of the Sec. Penns. Geol. Surv. p. 364; im Auszug bei T. C. HOPKINS, Cambro-Silurian Limonite ores. Bull. Geol. Soc. Am. 11. 1900. S. 500 und 501.



V. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	82,81 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Rotheisen-
$\text{Al}_2\text{O}_3$	. . . . .	1,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	knollen von
$\text{P}_2\text{O}_5$	. . . . .	0,02 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Etzmannsberg
Wasser	. . . . .	0,84 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	} in Salzsäure . .	1,97 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
$\text{SiO}_2$		} unlöslich . .	12,68 <sup>0</sup> / <sub>5</sub>
			<u>99,65<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>

I, II und III sind von Dr. SCHÖBER, IV und V von mir angefertigt.

B. Erze, bzw. Farberden von den Farberdenestern.

I. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	37,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Amberger
$\text{Al}_2\text{O}_3$	. . . . .	14,21 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Farberde
$\text{SiO}_2$	. . . . .	33,23 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
MgO	. . . . .	1,38 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
$\text{H}_2\text{O}$	. . . . .	13,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
		<u>99,94<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>	
II. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	84,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	fälschlicher
$\text{SiO}_2$	. . . . .	0,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Goldocker von
Thonrückstand	. . . . .	1,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Haag
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	. . . . .	0,40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
CaO	. . . . .	Spuren	
MgO	. . . . .	Spuren	
$\text{H}_2\text{O}$	. . . . .	13,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
		<u>100,20<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>	
III. $\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	20,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	gewöhnl. Gelb-
$\text{SiO}_2$	. . . . .	0,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	erde von Haag
Thonrückstand	. . . . .	<b>69,20<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	
$\text{Mn}_2\text{O}_3$	. . . . .	Spuren	
$\text{H}_2\text{O}$	. . . . .	10,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
		<u>99,90<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>	

		IVa	Va		
IV. u. V.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	18,96 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	19,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	IV. Amberger Gelb
	$\text{SiO}_2$	. . . . .	0,87 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	—	von Germersdorf
	Thonrückstand	. . . . .	65,93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	70,22 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	V. Farberde von
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	. . . . .	3,54 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Spuren	Haidweiher
	$\text{Mn}_2\text{O}_3$	. . . . .	Spuren	Spuren	
	$\text{H}_2\text{O}$	. . . . .	10,40 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	10,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
			<u>99,70<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>	<u>99,55<sup>0</sup>/<sub>0</sub></u>	

I—Vb mitgetheilt in GÜMBEL, Ostb. Grenzg. S. 464 f.

Thonrückstand von		IVb	Vb (reducirt auf Proc. des Rückstandes.)
IVa und Va	SiO <sub>2</sub> . . . . .	52,44 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	70,0 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13,35 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	24,7 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	—	4,9 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	CaO . . . . .	0,03 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,03 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	MgO . . . . .	0,05 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,05 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,02 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,01 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	Alkalien . . . . .	0,04 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Spuren
		<u>65,93<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>99,69<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>

## C. Analysen in Frage stehender Kalksteine und Dolomite.

	I.	II.	III.
I—III. CaO . . . . .	49,22 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	52,86 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	53,41 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
MgO . . . . .	1,92 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	1,66 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,26 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
CO <sub>2</sub> . . . . .	40,81 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	43,42 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	42,24 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	<b>1,50<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>0,15<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>0,30<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>
SiO <sub>2</sub> } . . . . .	<b>3,43<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>0,76<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>2,51<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>
TiO <sub>2</sub> } Thon . . . . .	0,01 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Spur	Spur
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } . . . . .	<b>1,43<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>0,50<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	<b>0,56<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>
MnO . . . . .	—	<b>0,39<sup>o</sup>/<sub>o</sub></b>	Spur
Alkalien . . . . .	0,47 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,26 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,34 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,11 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,17 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,08 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Wasser u. Organisches . . . . .	0,98 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	—	0,43 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
	<u>99,88<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>100,17<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>100,13<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>

I. Röthlichgelber feinkörniger Kalk aus dem Eisenerzbergbau von Amberg (in den Opalinuston eingefaltete Scholle).

II. Schwärzliches dolomitisches Gestein aus der Krottenseer Höhle.

III. Pseudoolithischer Schwammkalk von Schafhof bei Löhlitz, Oberfranken.

	IV.	V.
IV. u. V. CaO . . . . .	32,67 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	34,70 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
MgO . . . . .	18,38 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	17,72 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
CO <sub>2</sub> . . . . .	45,94 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	46,65 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,46 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,09 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
TiO <sub>2</sub> . . . . .	Spuren	Spuren
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,27 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,05 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,19 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,08 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	Spuren	—
Alkalien . . . . .	1,05 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	0,54 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	Spuren	0,09 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
Wasser und Org. . . . .	1,13 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	—
	<u>100,09<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>	<u>99,92<sup>o</sup>/<sub>o</sub></u>

IV. Sog. Putzkalk von Brunn bei Pegnitz.

V. Sandige Dolomite bei Brunn, unfern Laber.

I—V. Ausgeführt von SCHWAGER, mitgetheilt von GÜMBEL in Frankenjura.



Bei der Verwitterung der Kalksteine werden vornehmlich Kalk und Alkalien, dann das schwerer lösliche Magnesiicarbonat weggeführt, und es hinterbleibt ein ganz oder nahezu kalkfreies Residuum, das aus den für gering kohlenensäurehaltige Tagewässer so gut wie unlöslichen Stoffen, nämlich Eisenoxyd, allenfalls Manganoxyden, ferner Kieselsäure und Thon besteht. Wenn also eine Eisenanreicherung auf diese Weise entstanden ist, so wird das Verhältnis der unlöslichen Stoffe, insbesondere des Thons zum Eisenoxyd sich nicht wesentlich ändern. Dabei können allerdings, wie erwähnt, Concentrationsvorgänge im kleinen mitspielen, welche Thonlagen und Eisenschalen bilden, die dann für sich analysirt eine andere Proportion ergeben. Im grossen Ganzen muss sich aber die Verhältnismässigkeit bewähren. Wenden wir dies auf unseren Fall an, so ergibt sich für die angeführten Kalksteine das Verhältnis von

## Eisenoxyd und Manganoxyden zu Thon und freier Kieselsäure

I. wie	0,31	„	1
II.	0,44	„	1
III.	0,10	„	1
IV.	0,26	„	1
V.	0,60	„	1

bei den Farberden:

I. wie	0,60	„	1
II.	42,0	„	1
III.	0,30	„	1
IV.	0,27	„	1
V.	0,27	„	1

bei den Erzen von den Spaltenbildungen:

I. wie	4,5	„	1
II.	44	„	1
III.	5,1	„	1
IV.	36	„	1
V.	5,2	„	1

Wenn man also von den lokalen Concentrationen absieht, so ergibt sich das Resultat, dass bei den über das Plateau verstreut auftretenden Erz- und Farberdeputzen in der That das Verhältnis der unlöslichen Bestandtheile das gleiche ist wie in den Kalksteinen, aus denen sie hervorgegangen sein dürften, dass dagegen bei den Erzen, wiederum von den Stuferzen abgesehen, das Verhältnis des Eisenoxyds zum Thonrückstand ein zehn Mal so grosses ist, als beim Kalk. Dass übrigens an manchen Stellen durch die Verwitterung Farberdenester hervorgehen können, die reicher an Mangan als an Eisen sind, wie solche weiter oben erwähnt sind, geht aus der Analyse C II hervor, wo im Kalkstein das Verhältnis von Manganoxydul zu Eisenoxyd gleich 39 : 15 angegeben ist.

Schwieriger zu erklären ist die Bildung des Goldockers von Haidweiher, der nicht nur stöchiometrisch die Formel eines Eisenoxydsilikates gab, sondern der sich auch nach GÜMBELS Angaben ohne Rest unter vollständiger Gallertbildung in Salzsäure löst. Vielleicht darf man sich seine Bildung im Zusammenhang mit

der Verkieselung des ihn direkt überlagernden Tripels vorstellen, wobei es allerdings nicht leicht sein dürfte, eine einwandfreie Erklärung des Vorganges zu geben.

Es obliegt mir noch die angenehme Pflicht, auch an diesem Platze der Direktion der obersten Behörden des bayrischen Bergwesens, ferner Herrn Oberbergrath Prof. v. AMMON, Herrn k. Bergmeister GRUBER in Amberg und die Beamten der Maximilianshütte, Herren Bergingenieur KLEIN, Bergverwalter BRÜCKMANN und SCHÄFER für das vielfach bewiesene Entgegenkommen ehrerbietigen und herzlichen Dankes zu versichern.

## Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
<b>Ernst Kohler, Die Amberger Erzlagerstätten . . . . .</b>	11—56
<b>I. Einleitung . . . . .</b>	11
Die Litteratur über die Amberger Eisenerze.	
<b>II. Der Amberger Erzberg . . . . .</b>	14
Lageübersicht und Liegendes des Erzlagers S. 14; der Erzkörper S. 16; das Hangende S. 19.	
<b>III. Die übrigen Erzvorkommnisse der Amberger Verwerfungslinie . . . . .</b>	24
Nördliche Fortsetzung des Erzzugs S. 24; Zeche Caroline S. 25; Etzmannsberg S. 26; Frommschacht S. 28; weitere Erstreckung der Spalte S. 28; Fortsetzung nach Süden S. 30.	
<b>IV. Die Vilseck-Auerbacher Verwerfungslinie . . . . .</b>	32
Grossschönbrunn S. 32; Feld Minister Falk S. 32; die Leoniezeche bei Auerbach S. 34.	
<b>V. Die Freihung-Kirchenthumbacher Verwerfung . . . . .</b>	37
Tanzfleck S. 37; die Freihunger Bleierze S. 38; Sassenreuth S. 40.	
<b>VI. Die Farberdenester des Juraplateaus . . . . .</b>	41
Ausscheidung heterogener Vorkommnisse S. 41; die Farberdenester S. 41.	
<b>VII. Deutung der Lagerstätten . . . . .</b>	44
Metasomatische Entstehung und jungtertiäres Alter der Spaltenerze S. 44; Zusammenhang mit den Basaltbergen der Umgebung S. 48; die Genesis der Bleierze durch Adsorption S. 49; die Farberdenester als Verwitterungsresidua S. 51.	





# Ein *Aceratherium*-Schädel aus dem Dinotherien-Sand von Niederbayern.

Von

Dr. Ernst Freiherrn Stromer von Reichenbach.

(Mit 1 Tafel.)

Der im Folgenden zu beschreibende Schädel wurde Ende Oktober 1901 in einer Kiesgrube direkt im Norden von Niedernkirchen, einem Dorfe bei Eggenfelden in Niederbayern, gefunden. Leider verletzte der Besitzer der Grube das ursprünglich vorzüglich erhaltene Stück in seiner Unkenntnis des Werthes sehr stark an der nach oben gekehrten Ventralseite. Doch gelang es dem Gendarmen WIESBERGER die Stücke der meisten Backenzähne und dem Herrn Expositus SEBASTIAN PAINTNER, der sorgfältig Alles ausgraben und aufbewahren liess, die wichtigsten Theile des Schädels zu bergen. Aufmerksam gemacht durch ein Schreiben des letzteren, besuchte ich Anfang November 1901 den Fundort und überzeugte mich dabei von der Bedeutung der Reste. Die genannten Herren, welchen die Gewinnung derselben zu danken ist, schenkten sie daraufhin der palaeontologischen Staatssammlung in München, wo sie eine werthvolle Ergänzung der dortigen zahlreichen Reste von *Rhinocerotiden* bilden.

Die Bearbeitung wurde von Herrn Geheimrath VON ZITTEL, dem Conservator der Sammlung, mir übertragen. Ich bin ihm hiefür, sowie für die Erlaubnis der Benützung seiner Privatbibliothek, sehr zum Dank verbunden.

Die erwähnte Kiesgrube, erst seit einigen Jahren in Betrieb, liegt unmittelbar nördlich von Niedernkirchen an dem sanften Südabhang, aber nur wenig unter der höchsten Höhe eines ungefähr ost-westlich streichenden, oben bewaldeten Rückens, dessen Nordhang steil zu einer kleinen Thalsenke abfällt. Unter sehr dünnem Humus ist ungefähr 1 m mächtiger, gelber, ganz feinkörniger lehmiger Sand mit wenigen gerundeten Quarzkieseln aufgeschlossen und darunter mindestens 5 m mächtiger Kies, der offenbar den Haupttheil des Rückens bildet. Er besteht fast nur aus wohl gerundeten Quarzkieseln bis über Wallnussgrösse und zeigt sehr deutlich fluviatile Struktur, indem mehrfach Sandbänke mit falscher Schichtung, mit eisenschüssigen Streifen darin sind. Brauneisenstein findet sich auch in Concretionen, und in etwa 4 m Tiefe war eine nicht durchstreichende Kiesbank durch eisenschüssiges, kalkig-thoniges Cement fest verhärtet, in welcher Bank sich der Schädel fand, während darunter wieder eine mehrere Fuss mächtige Sandbank folgte.

Wie aus dem kurzen Ueberblick Professor v. AMMONS über die Tertiärbildungen der niederbayerischen Hochebene (diese Zeitschrift XIII, 1900, p. 195 ff.) hervorgeht, gehören die Kiesschichten zu denjenigen der *Helix sylvana*-Stufe oder des *Dinotherien*-Sandes, also wohl in das untere Obermiocän.

An dem völlig unverdrückten Fossil fehlten die Schnauze, Nasenspitze, Unterkiefer und alle anderen Skelett-Knochen von vornherein, die Oberkiefer nebst den Backenzähnen, der Gaumen, die Jochbogen, die Ohrregionen und ein Theil der Umrahmung des Foramen magnum wurden aber erst von dem Besitzer der Grube zerschlagen und einige Theile gingen dadurch leider verloren. Daher lassen sich die Jochbogen, der Gaumen und die Ohrregionen, trotzdem Stücke davon vorliegen, nicht mehr reconstruiren.

Von Zähnen ist vorhanden: rechts der  $P_4$  vollständig, der  $P_3$ ,  $M_1$  ohne Aussenwand, links der  $P_4$ ,  $M_1$  ohne äussere Hälfte, von dem rechten  $M_3$  nur die Aussenwand und von dem linken  $M_3$  nur das hintere Inneneck, sowie ein inneres Hintereck eines linken Backenzahnes.

Der Schädel ist speziell oben gut erhalten, nur die Crista occipitalis ist lüdiert und die Nasalia sind kurz abgebrochen. Der Condylus occipit. sin., die Ohrregionen und Jochbogen sind ganz zerbrochen, und die abgeschlagene Umrandung der rechten Augenhöhle nebst dem grössten Theil des Oberkiefers musste wieder angesetzt werden, während ein Stück des linken Kiefers nur mit Hilfe von Ergänzung mit Gyps sich anfügen liess. Die rechten  $P_3$ ,  $P_4$  und  $M_1$  endlich, genau auf die Wurzeln passend, konnten leicht wieder angesetzt werden, während die übrigen Zahnreste leider nicht mehr einfach sich einfügen liessen, da die betreffenden Stellen zu sehr lüdiert waren.

Im Folgenden sollen nun die wichtigsten Maasse angegeben und die Formverhältnisse kurz geschildert werden, woran sich dann der Versuch schliesst, durch Vergleich mit bisher beschriebenen oder in der hiesigen Sammlung befindlichen Stücken die Reste zu bestimmen.

### Maasse (in Centimetern).

#### Zähne.

Backenzähne	Länge	
	lingual	Mitte
$P_3$ rechts . . . . .	2,85	3
$P_4$ rechts . . . . .	2,9	3,35
$P_4$ links . . . . .	2,9	—
$M_1$ rechts . . . . .	2,85	3,5?
$M_1$ links . . . . .	2,9	—

Die buccale Länge des rechten  $P_4$  ist 3,7, die Breite vorn = 4,5, hinten = 4,2.

#### Schädel.<sup>1)</sup>

1. (19) Crista occip. — Nasenspitze (so weit erhalten) . . . . . 40
2. (20) Condyl. occip. — Rostralrand der Orbita . . . . . 30

<sup>1)</sup> Bei der Nummerirung der Maasse sind in Klammern die entsprechenden Zahlen der Tabelle von TOULA beigefügt, um einen Vergleich mit den von dem genannten Autor (das Nashorn von Hundsheim, Abh. geol. R.-Anst. XIX. H. 1. Wien 1902) angegebenen Maassen des Schädels von *Rhinoceros sumatrensis* zu erleichtern.



3. (21) Rostralrand der Orbita — Nasenausschnitt . . . . .	6,6
4. Meas. audit. — Rostralrand der Orbita, circa . . . . .	23
5. (12) Crista occip. — Mitte der Stirnbreite . . . . .	28
6. (35) Ventralrand der Maxilla — Höhe der Mitte der Stirn . . . . .	15
7. (18) Oberrand des For. magnum — Crista occip., circa . . . . .	21
8. (2) Grösste Breite der Nasalia, circa . . . . .	8
9. (3) Grösste Breite der Frontalia . . . . .	20
10. (6) Geringster Abstand der Cristae supratemp. . . . .	3,2
11. (13) Grösste obere Breite der Crista occip., circa . . . . .	13
12. (15) Breite des Foram. magnum, circa . . . . .	4,8
13. (10) Abstand der Lateralecken der Condyli occip., circa . . . . .	12,2
14. Höhe des rechten Jugale unter der Mitte der Orbita . . . . .	4,8

### Form-Verhältnisse.

#### Backenzähne.

Die mässig abgekauten Backenzähne haben alle ein tiefes mittleres Thal, das auch bei sehr starker Abkauung sich lingual nicht schliessen und von dem buccal keine Grube sich abschnüren würde. Stets springt vom Nachjoch ein recht deutlicher Sporn (erhalten bei dem rechten  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $M_1$ , siehe Taf. I Fig. 3) der Aussenwand parallel vor, ein Gegensporn lingual von ihm ist am Vorjoch des rechten und linken  $P_4$  als schwache und des  $M_1$  als deutliche Convexität vorhanden, eine Crista an der Aussenwand fehlt aber völlig, nur ist an dem rechten  $P_3$  buccal vom Sporn und ihm parallel am Nachjoch ein schwacher schmaler Vorsprung ausgebildet. Hinter dem Nachjoch ist am  $P_3$ — $M_1$  durch die Abkauung eine tiefe längsovale Grube entstanden.

Ein Cingulum ist nur schwach ausgebildet an der Vorderseite des  $P_3$ — $M_1$  und ganz schwach auch an der Lingualseite des Vorjoches bei diesen. Ausserdem ist es stets an der Hinterseite angedeutet und bildet hier am linken  $M_3$  eine etwas deutlichere buccal abfallende Staffel.

Die nur am rechten  $P_4$  und  $M_3$  erhaltene Aussenwand zeigt keinen Basalwulst, ihre hinteren zwei Drittel sind an ersterem flach und nicht sehr lingualwärts geneigt. Die Furchen endlich zwischen dem Protocon und Parastyl ist nicht sehr tief.

#### Schädel. (Siehe Taf. I Fig. 1 u. 2.)

Die Basis der horizontal vorspringenden Nasenbeine ist nicht schmal, aber nicht dick, jedes Nasale ist oben glatt und etwas gewölbt, während median eine deutliche Längsrinne sich befindet, die bis an die eben sichtbare Frontonasalnaht reicht. Die auffällig breite Frontalfläche ist auch glatt und zugleich völlig eben, es ist also kaum ein Horn vorhanden gewesen.

Der Nasenausschnitt ist gerundet spitzwinkelig, sein Ende ober der Mitte des  $P_4$  gelegen und dicht unter und hinter ihm das For. infraorbit., dessen Caudalrand ober dem ersten Drittel des  $M_1$  liegt, während der Rostralrand der Orbita nicht weit dahinter ober dem ersten Drittel des  $M_2$  sich befindet. Die Orbita ist relativ nicht klein und war caudal am Jochbogen kaum deutlich begrenzt und der letztere war, nach Bruchstücken zu schliessen, in seiner hinteren Hälfte ziemlich hoch.

Die Schädeloberfläche steigt nach hinten mässig steil an (der  $\sphericalangle$  ist ungefähr  $145^\circ$ ) und wird hier eben gewölbt und zwischen den zwei Cristae supratemp. sehr

schmal. Die Rückfläche steht ungefähr senkrecht und ist sehr hoch. Sie war oben nicht sehr breit, ist hier median ein wenig concav, unten aber convex, jedoch nicht mit einer Mediankante versehen. Von den sonstigen Formverhältnissen ist nichts erwähnenswerth.

### Vergleich und Bestimmung.

Bei dem eingangs besprochenen Charakter der Ablagerungen und nach dem Gesamthabitus der Reste liegt ein Vergleich mit mittelmioocänen bis altpliocänen Rhinocerotiden von vornherein nahe, vor Allem natürlich mit den Arten des Dinotherien-Sandes. Es sei hier bemerkt, dass in der hiesigen Sammlung keine Reste aus den letztgenannten Schichten vorhanden sind, die sich mit einiger Sicherheit zu dem vorliegenden Schädel rechnen liessen, ich sehe daher von einer Besprechung derselben ab.

*Rhinoceros brachypus* LARTET ist nach dem Augsburgener Schädel (ROGER O.: Ueber *Rhinoceros Goldfussi* KAUP und die andern gleichzeitigen Rhinoceros-Arten, 34. Ber. d. naturw. Verf. f. Schwaben und Neuburg 1899 p. 3 ff. Taf. II) viel grösser. Die Stirn ist zwar ebenso breit, aber sonst sind die Proportionen des Schädels ganz andere, so z. B. liegt der Rostralrand der Orbita oberhalb des  $M_1$ , und das Jugale ist 8 cm hoch. Auch nach den Angaben von DÉPERET (Recherches sur la Succession des Faunes de Vertébrés Miocènes de la Vallée du Rhone, Arch. Mus. Nat. Hist. IV. Lyon 1887 p. 222 ff.) und denjenigen von OSBORN (Phylogeny of the Rhinoceroses of Europe, Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. XIII. New-York 1900 p. 251 ff.) hat diese Art wie *Rh. Goldfussi* KAUP mit unserem Fossil nichts zu thun. *Rh. Schleiermachersi* KAUP ist ebenfalls viel grösser und sein Schädel ganz verschieden. Dagegen sind die Backenzähne von *Rh. simorreensis* LARTET nach ROGER (l. c. p. 44 Taf. I Fig. 8, 9) ebenso klein wie die mir vorliegenden, aber sie haben einen sehr grossen Sporn, wie dies auch von OSBORN (l. c. p. 259) betont wird.

*Rh. steinheimensis* JÄGER ist nach beiden Autoren und nach Zähnen in der hiesigen Sammlung noch kleiner, seine Zähne sind anders gebaut; der Sporn ist zum Theil sehr schwach und die hintere Grube durch Abkauen kaum abschliessbar. *Rh. sansaniensis* LARTET wär wohl nach seiner Grösse und im Zahnbau ziemlich ähnlich, aber der Schädel ist ganz anders (der öfters abgebildete Original-Schädel ist übrigens in der Mitte zerbrochen und erscheint so verkürzt, wie ein Blick auf die Jochbogen zeigt (FILHOL, Études sur les Mammifères fossiles de Sansan, Ann. Sc. Géol. Paris 1891. Pl. XIII) (siehe OSBORN l. c. p. 258). Er trägt Hörner, seine Scheitelfläche steigt steiler an und die nach TOULAS (l. c. p. 10) Messungen konstante Entfernung der Augenhöhle und des Nasenausschnittes ist sehr gross. Nach FILHOL (l. c. Taf. XIV Fig. 6) haben die oberen Molaren kein Cingulum, und das Thal ist an den Prämolaren lingual geschlossen.

Auch das *Rh. austriacus* PETERS (Zur Kenntnis der Wirbelthiere aus den Mioocänschichten von Eibiswald in Steyermark, Wien 1869, p. 40 ff. Taf. II Fig. 6—9) ist in seiner Grösse und im Zahnbau sehr ähnlich. Vor allem ist das Thal auch tief, der Sporn ähnlich und das Cingulum nur ein wenig mehr entwickelt. Aber es ist stets eine Crista in dem Thal vorhanden und an dem allerdings stark verdrückten Schädel ist die Lage des Nasenausschnittes und der Augenhöhle, sowie ihr gegenseitiger Abstand ganz verschieden von den Verhältnissen an meinem Exemplar.

Bei *Rhinoceros incisivus* KAUP (Description d'Ossements fossiles des Mammifères, Darmstadt 1832 p. 51) haben die Backenzähne manche Aehnlichkeit, das



variable Cingulum ist manchmal auch schwach entwickelt, z. B. l. c. Taf. XIV Fig. 5, aber an den P schliesst sich das Thal durch Abkauen, und buccal wird von ihm eine Grube abgeschnürt, auch sind die Zähne viel grösser, z. B. ist der P<sub>4</sub> 4,9 cm lang, 5,8 cm breit, bei meinem Exemplar nur 3,7 resp. 4,5 cm. Auch nach den Abbildungen in der späteren Abhandlung dieses Autors (Beiträge zur näheren Kenntnis der urweltlichen Säugethiere, Darmstadt 1854, Taf. IV) schliesst sich das Thal lingual.

Der Schädel bietet ebenfalls neben manchen Vergleichspunkten deutliche Unterschiede. Nach den Angaben in der erstgenannten Publikation (p. 56 Taf. X Fig. 2) sind die Nasalia wohl ähnlich, ebenso auch die geringe Entfernung des Nasenausschnittes und der Augenhöhle, doch liegen diese weiter hinten, ein Vergleich der Figuren 2a und 2b mit meiner Abbildung zeigt auch, dass der Abstand der Cristae supratemp. variiert, wie ja dies auch TOULAS Messungen bei *Rh. sumatrensis* bewiesen haben. Die ebenfalls etwas variable Höhe des Hinterhauptes ist trotz der Grösse des Eppelsheimer Schädels eben geringer (= 20) als bei meinem Exemplar (= 21), der Abstand des Ohrloches und des Rostralrandes der Orbita aber eben grösser (= 24) und die Breite der Stirnfläche deutlich geringer (= 17,2 gegenüber 20).

Die von H. v. MEYER (Die fossilen Zähne und Knochen und ihre Ablagerung in der Gegend von Georgensgmünd in Bayern, Frankfurt a. M. 1834) abgebildeten und beschriebenen Zähnen von *Rh. incisivus*, deren Originale hier sich befinden, unterscheiden sich auch durch ihre Grösse und meist auch durch ihr starkes Cingulum von den Niedernkirchnern, nur der l. c. Taf. V Fig. 45 abgebildete hat ein schwächeres Cingulum, aber sein Sporn ist klein. Nun macht der genannte Autor (p. 80) auf den Unterschied eines M<sub>3</sub>, den er Taf. VI Fig. 50 abbildet, von den anderen Zähnen aufmerksam. In München befinden sich jetzt ein Schädelbruchstück mit einer Backenzahnreihe sowie zwei zusammengehörige etwas kleinere Zahnreihen (1902, I. 2a) von Georgensgmünd, welche sicher zu derselben Art wie jener M<sub>3</sub> gehören. In Grösse und Form findet sich bei diesen Resten manche Beziehung zu meinen Originalen, doch sind auch wieder Unterschiede bemerkbar, die gegen eine Identität der Art sprechen. Der Abstand des Nasenausschnittes und der Orbita ist auch gering, ersterer liegt jedoch ober dem P<sub>2</sub>, letzterer ober dem M<sub>1</sub>, also weiter vorn und das Jugale ist unter der Orbita viel niedriger als bei meinem Stück und unten scharfrandig, bei letzterem hier gerundet.

An den Zähnen ist das Cingulum eher noch schwächer, am M<sub>3</sub> hinten bei v. MEYERS Original und an dem Schädelstück ganz schwach, an den zwei Zahnreihen aber auch als kleine Staffel wie bei meinem Bruchstück des M<sub>3</sub> entwickelt. Das Thal ist bei allen Backenzähnen ebenso tief wie an meinen Originalen. Aber die Furche zwischen dem Protocon und Parastyl ist tiefer, der Sporn speziell an den P recht schwach, der Gegensporn ein wenig stärker und endlich ist der P<sub>4</sub> im Verhältnis viel kürzer, wie folgende Maasse zeigen:

	Schädelstück		Zahnreihe		Schädel Niedernkirchen	
	Länge in Mitte	grösste Breite	Länge in Mitte	grösste Breite	Länge in Mitte	grösste Breite
P <sub>3</sub> . . .	2,45	3,7	2,1	3,4	3	—
P <sub>4</sub> . . .	2,6	4,25	2,4	3,85	3,35	4,5
M <sub>1</sub> . . .	3,4	4,25	3,0	3,85	3,5?	—

Nun hat LARTET ein *Rh. tetradactylus* von Sansan von dem *Rh. incisivus* abgetrennt, jedoch ohne eine brauchbare Beschreibung zu geben; erst DUVERNOY (Études sur les Rhinocéros fossiles II, Archives du Museum T. VII. Paris 1853) macht darüber einige Angaben, leider ohne eine Abbildung des Schädels zu geben, von welchem überhaupt nur BLAINVILLE (Ostéographie des Mammifères Paris 1849 bis 65 Rhinocéros Pl. IX) ein Bruchstück abbildet, das aber nur wenig erkennen lässt. Nach DUVERNOY ist nun die Höhe der Schädelhinterseite viel geringer (= 16,5 gegen 21), der Abstand des Nasenausschnittes und der Orbita aber ebenso wie bei meinem Stück (l. c. p. 33). Die Nasalia sind nach ihm glatt, es ist hier eine Medianfurchen vorhanden, der Nasenausschnitt endet ober dem vierten Backenzahn, die Schädeloberfläche steigt wenig an und ist oben schmal und die Hinterseite besitzt keine Mediankante (l. c. p. 34), alles Verhältnisse wie bei dem Niedernkirchner Schädel. Aber die Hinterseite ist bei dem ersteren rückgeneigt, die P sind von dem Cingulum wie von einem Kelch umgeben (l. c. p. 35), ihr Thal schliesst sich lingual beim Abkauen, und an den M wird eine Grube in der Mitte abgeschnürt (l. c. p. 37).

Diese Angaben werden durch diejenigen von FILHOL (l. c. p. 203, 204) ergänzt, darnach ist die Stirnbreite ebenso gross (= 21—22 cm), die Entfernung vom Ohrloch und Augenhöhlenrand ein wenig grösser (= 25—26 cm) als bei dem Niedernkirchner Schädel, und die Backenzähne sind ein wenig länger und viel breiter, wie die folgenden Maasse zeigen:

	Sansan		Niedernkirchen	
	lang	breit	lang	breit
P <sub>3</sub> . . . . .	3,1	4,5	3,0	—
P <sub>4</sub> . . . . .	3,3	5,5	3,35	4,5
M <sub>1</sub> . . . . .	4,0	5,5	3,5?	—

MERMIER (Étude complémentaire sur l'*Acerotherium platyodon*, Ann. Soc. Lin. de Lyon 43, 1896 p. 225 ff.) bemerkte von den Aceratherien (p. 231 ff.), dass die Höhe der Occipitalfläche zunehme, der Nasenausschnitt winkelig werde und ebenso wie der Orbitalrand zurückweiche, und dass deren Abstand kleiner und die Nasalia kürzer und schmaler würden, wonach sich der Schädel von Niedernkirchen gut in die Entwicklungsreihe einfügen würde. Der Autor legt aber zwar wenig Werth auf die Vorsprünge in dem Thal der Backenzähne (l. c. p. 237), betont dafür jedoch die Stärke des Cingulum speziell an den P. Nach den oben citirten Ausführungen und Abbildungen von KAUP und H. v. MEYER ist aber die Stärke des Cingulum so wechselnd, dass man darauf allein keine systematischen Unterschiede gründen darf.

OSBORN endlich in seiner bereits erwähnten Arbeit sucht Klarheit in die so verworrene Systematik der europäischen Rhinocerosse zu bringen. Es wird aber noch viele detaillirte Vorarbeiten bedürfen, bis ein solcher Versuch gelingen kann, und es ist zu fürchten, dass neben der Betonung der sicher höchst wichtigen Berücksichtigung der Dolicho- resp. Brachycephalie das Hauptresultat seiner kurzen Uebersicht ist, dass einige neue, nur ungenügend, d. h. nur kurz auf Gebissstücke begründete Arten aufgestellt sind. Bei der grossen Variabilität der Zähne in dieser Gruppe kann eben Klarheit erst erhofft werden, wenn eine grössere Zahl von Schädeln und sicher zugehörigen Skelettheilen beschrieben worden sind.



Was der Autor über die hier speziell in Betracht kommenden *Aceratherien* bringt, kann die Bestimmung des mir vorliegenden Stückes nur wenig fördern. Fig. 9 p. 246 ist übrigens recht ungenügend, man kann bei ihr die Stärke des Cingulum des hiesigen Originals nicht erkennen und nur schwer sehen, wie sich das Thal der  $P_{2-4}$  lingual eben schliesst. Gerade das unterscheidet aber diese und andere zu ihnen gehörige Zähne von Georgensgmünd von den Niedernkirchnern am meisten. OSBORN bildet jedoch Fig. 8D p. 242 ein Gebiss der Pariser Sammlung ab, wo davon nichts zu sehen ist, aber bemerkt auch bei diesem als Unterschied (p. 247), dass durch das Abkauen sich eine Grube abschnüre.

Als Resultat aller Vergleiche lässt sich also konstatiren, dass der Niedernkirchner Schädel in die Nähe von *Aceratherium tetradactylum* und *incisivum* gehört. Ob auch die p. 61 erwähnten Gebisse von Georgensgmünd hierher zu stellen sind, erscheint mir unsicher, erst ihre genaue Untersuchung, ein Vergleich mit grossem Material und vor Allem Funde von Schädeln, können da zu einem Resultat führen.

Mein Stück steht übrigens wie im geologischen Alter so in der Grösse dem *A. tetradactylum* näher, auch ist seine Nasen-Augenregion ihm besonders ähnlich. Aber seine Occipitalfläche ist viel höher, sogar eben höher als bei dem grösseren *A. incisivum* von Eppelsheim, und die Backenzähne unterscheiden sich durch die Schwäche des Cingulum und vor Allem dadurch, dass beim Abkauen weder das Thal sich schliesst noch eine Grube sich abschnürt. Hierin sind ja eben die erwähnten Zähne von Georgensgmünd und diejenigen von *Rh. austriacus* PETERS (wie in der Grösse) sehr ähnlich.

Vielleicht erweisen sich ja manche der betonten Unterschiede als unwichtig — über Rassen, Alters- und Geschlechtsdifferenzen bei Rhinocerotiden ist man ja noch zu wenig unterrichtet — aber erst wenn ähnliche Arbeiten wie diejenige TOULA'S sowie Studien an den Becken darüber Klarheit gebracht haben, darf man wagen, darüber zu entscheiden, sonst stiftet man, wie BLAINVILLE that, nur Verwirrung. Wie man also im Gegensatze zu älteren Autoren und FILHOL *A. tetradactylum* und *incisivum* trennt, unterscheide ich als weitere neue Art davon nach dem Niedernkirchner Schädel ein *Aceratherium bavaricum*.

---

## Tafel-Erklärung.

---

### Tafel I.

**Figur 1 und 2.** Schädel von *Aceratherium bavaricum* STROMER von oben und von der Seite.  $\frac{1}{4}$  nat. Grösse.

**Figur 3.** Rechter  $P_3$ ,  $P_4$  und  $M_1$  von unten. Nat. Grösse.

---

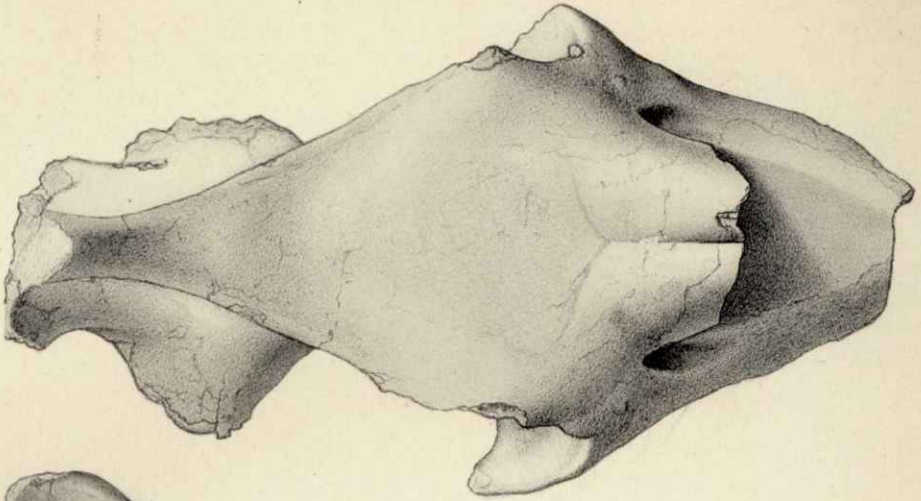


Fig. 1.  $\frac{1}{4}$  natürl. Grösse.

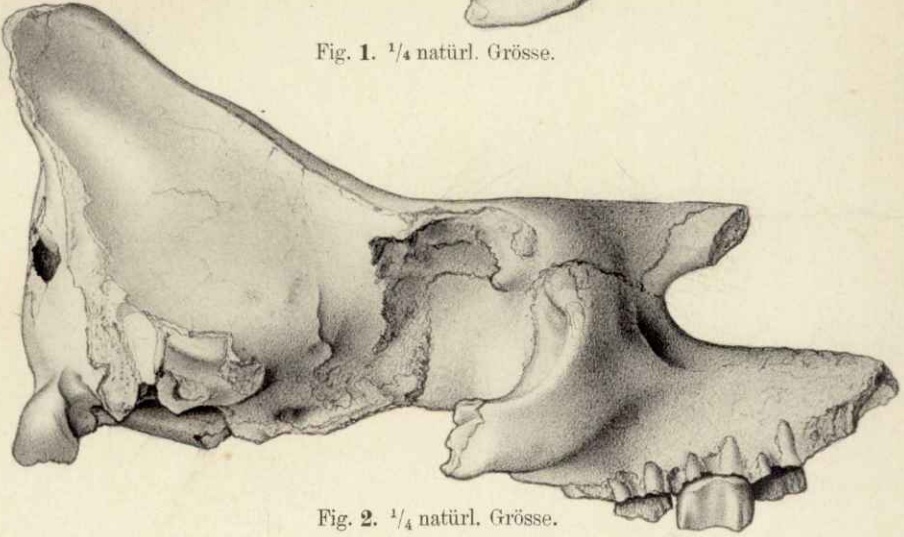


Fig. 2.  $\frac{1}{4}$  natürl. Grösse.

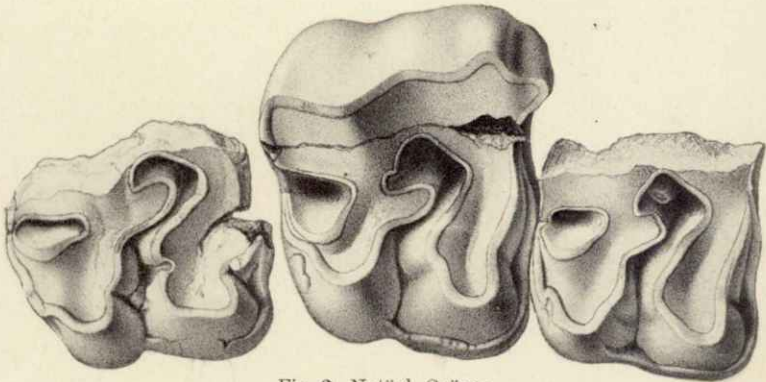


Fig. 3. Natürl. Grösse.



## Ueber die Eklogite des Münchberger Gneissgebietes.

Ein Beitrag zur Kenntnis ihrer genetischen Verhältnisse.

Von

Ernst Düll.

---

Die Anregung zu vorliegender Arbeit gab Herr Prof. Dr. E. WEINSCHEK, welchem ich für werthvolle Rathschläge bei der Fertigstellung dieser Studie zu Dank verpflichtet bin.

Zum Zwecke der Untersuchung der geologischen Verhältnisse fichtelgebirgischer Eklogite unternahm ich 1900 und 1901 je eine mehrwöchige Sommer-Exkursion in das Münchberger Gneissgebiet, Juli 1901 auch eine flüchtige Begehung der amphibolit-reichen Gneissregion zwischen Neustadt an der Wald-Naab und Wildenreuth in der Oberpfalz.

Die Zuwendung von Mitteln für diese beiden Exkursionen und für die Herstellung einer grossen Zahl mikroskopischer Schriffe verdanke ich dem Wohlwollen, welches der Kgl. Konservator der mineralogischen Sammlung des Staates, der hochverdiente Leiter des mineralogischen Instituts der Universität München, Herr Prof. Dr. P. v. GROTH, seit Jahren für meine wissenschaftlichen Bestrebungen bekundete. Ich erfülle eine angenehme Pflicht, wenn ich an dieser Stelle Herrn Prof. P. v. GROTH, M. A., innigsten Dank ausspreche für die vielfache materielle und geistige Förderung meiner Studien. Endlich habe ich dem Präsidenten der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Herrn Geheimrath Prof. Dr. K. A. v. ZITTEL, ehrerbietigst zu danken für die Bewilligung jener mir durch Herrn Prof. Dr. P. v. GROTH zugewandten Mittel, wie auch für das gütige Interesse, welches er von Anfang an meiner Arbeit entgegengebracht hat.

Das gesammelte Gesteinsmaterial, sowie die Schriffe sind Eigenthum der mineralogischen Sammlung des Staates.

Herrn Oberbergrath Prof. Dr. L. v. AMMON schulde ich grossen Dank für ein weitgehendes Entgegenkommen bei der Herstellung der Figuren und bei der Drucklegung dieser Arbeit.

---

## Chronologisches Verzeichnis der Litteratur über den Eklogit und seine Bestandtheile.

1. 1796. B. DE SAUSSURE: Voyages dans les Alpes. 1796. 5. § 1313 und 1362.
2. 1801. HAÜY: *Traité de Minéralogie*. 1<sup>e</sup> éd. 1801. 3. 126.
3. 1809. HAUSMANN: System der anorganischen Naturkörper. Cassel 1809.
4. 1810. KARSTEN: Tabellarische Uebersicht der mineralogischen einfachen Fossilien.
5. 1810. HAÜY: Sur le blättriger Augit des M. M. Werner et Karsten. *Leonhards Taschenbuch*. 1810. 4. 132 ff.
6. 1810. J. SCHNEIDER: Ueber Zoisit. *Leonhards Taschenbuch*. 1810. 4. 69.
7. 1812. HAÜY: Ueber Euphotide. *Leonh. Taschenb.* 1812. 6. 328.
8. 1815. WERNER: Handbuch der Mineralogie von Hoffmann und Breithaupt 1815. II. 2. 300. IV. 2. 15. 103. 125 ff.
9. 1817. WERNERS letztes Mineralsystem. Freiberg und Wien 1817. 3. 33. 34.
10. 1817. A. GOLDFUSS und G. BISCHOF: Physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirgs. Nürnberg 1817. 1. 166. 2. 178. 183. 184. 194. 267.
11. 1822. HAÜY: *Traité de Minéralogie*. II<sup>e</sup> éd. 1822. 2. 385—387. 452 ff. 4. 535. 548.
12. 1823. K. C. v. LEONHARD: Charakteristik der Felsarten. Heidelberg 1823. 1. 137—139.
13. 1823. W. HAIDINGER: Bemerkungen über die naturhistorische Bestimmung des Smaragdites Gilberts *Ann.* 1823. 75. 387 ff.
14. 1824. C. F. NAUMANN: Beiträge zur Kenntnis Norwegens. Leipz. 1824. 1. 205.
15. 1833. VIRLET: *Bulletin Soc. Géol. France*. [1.] 3. 201.
16. 1834. G. ROSE: Ueber das Verhältnis von Augit und Hornblende. *Poggendorfs Ann.* 1834. 31. 609 ff.
17. 1836—9. C. F. NAUMANN: Erläuterungen zur geogn. Karte von Sachsen 1. Heft 2. 100—102.
18. 1843. B. COTTA: Brief an v. LEONHARD. *N. Jahrbuch f. Min.* 1843. 178.
19. 1846. H. H. MÜLLER: Geognostische Skizze der Greifendorfer Serpentinpartie. *N. J. f. Min.* 1846. 257. 266.
20. 1846. FOURNET: Serpentine, euphotides et schistes talqueux grénatifères *Ann. Sci. Phys. Nat. Lyon.* 4. 114. Ref.: *N. J. f. Min.* 1846. 369.
21. 1847. BREITHAUPTS vollständiges Handbuch der Mineralogie. 1847. 3. 545.
22. 1850. C. F. NAUMANN: Lehrbuch der Geognosie. 1. 591. 2. 76. 89. 197. 442. 443.
23. 1853. F. VON ROSTHORN und J. L. CANAVAL: Geognosie von Kärnthen. *Jahrb. nathist. Landesmuseum v. Kärnthen. Klagenf.* 1853. 2. 15. 119. — Ref.: *N. Jahrb. f. Min.* 1855. 584.
24. 1855. M. V. LIPOLD: Die krystallinischen Schiefergesteine im nordöstlichen Kärnthen. *Jahrb. u. Verhandl. K. K. geol. R.-A.* 1855. 6. 415. — Ref.: *N. Jahrb. f. Min.* 1858. 222.
25. 1855. F. v. HOCHSTETTER: Geognostische Studien aus dem Böhmerwald. *Jahrb. K. K. geol. R.-A.* 1855. 6. 775—6. 802.
26. 1858. C. F. NAUMANN: Lehrbuch der Geognosie. 2. Aufl. Leipz. 1858. 1. 578.
27. 1859. ZOLLIKOFER: Die geologischen Verhältnisse des Draunthales in Unter-Steiermark. *Jahrb. K. K. geol. R.-A.* 1859. 10. 204.
28. 1859. M. V. LIPOLD: Beiträge zur geologischen Kenntnis des östlichen Kärnthen. Ref.: *N. J. f. Min.* 1859. 488; *Or.-Abh. Jahrb. K. K. geol. R.-A.* 1856 7. 332 ff.
29. 1859. A. KNOP: Beiträge zur Kenntnis der Steinkohlenformation und des Rothliegenden im erzgebirgischen Bassin. *N. Jahrb. f. Min.* 1859. 556.
30. 1860. H. FISCHER: Brieflicher Bericht an v. Leonhard. *Ibid.* 1860. 797.
31. 1860. C. F. NAUMANN: Lehrbuch der Geognosie. 2. Aufl. Leipz. 1860. 2. 83. 182.
32. 1860. RAMMELSBERG: Mineralchemie 1860. 27. 493.
33. 1861. C. W. GÜMBEL: Ueber das Alter der Münchberger Gneiss-Partie im Fichtelgebirge. *N. J. f. M.* 1861. 257 ff.
34. 1863. — — Bavaria 1863. 3. 27.
- 34a. 1863. REUSS: Geognostische Skizze der Umgebungen von Carlsbad, Marienbad und Franzensbad. *N. J. f. M.* 1863. 12.
35. 1864. IRGENS und HJORTDAHL: Om de geologiske Forhold paa Kyststræckningen af Nordre Bergenhus-Amt. *Christiania* 1864. 10.



36. 1865. A. BREITHAUPT: Mineralogische Studien. Berg- und hüttenmännische Zeitung. 1865. 24. 342. 365. 397. 428.
37. 1866. F. ZIRKEL: Lehrbuch der Petrographie. 2. 328. 329.
38. 1866. FIKENSCHER: Breithaupts mineralogische Studien. 1866. 48.
39. 1867. G. TSCHERMAK: Beobachtungen über die Verbreitung des Olivin in den Felsarten. Sitz.-Ber. Wiener Ak. Wiss. 1867. 56. I. 276.
40. 1867. F. SANDBERGER: Zirkon (Hyacinth) im Fichtelgebirge. Würzb. nat. wiss. Ztschr. 1866/7. 6. 128—130. Ref.: N. J. f. M. 1867. 476.
41. 1868. C. v. HAUER: Umwandlung von Granat in Chlorit. Jahrb. K. K. geol. R.-A. 1868. 505.
42. 1868. C. W. v. GÜMBEL: Geognostische Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges oder des bayerischen und oberpfälzischen Waldgebirges. Gotha 1868. 186. 346. 348. 520. 528. 530. 533. 541. 827.
43. 1871. G. TSCHERMAK: Ueber Pyroxen und Amphibol. Tscherm. min. u. petr. Mittlgn. (Anh. z. Jahrb. k. k. geol. k. A. 1871. 21.) 1871. 1. 17 ff. 25 ff. 39. 42. 44.
44. 1871. R. v. DRASCHE: Ueber die mineralogische Zusammensetzung der Eklogite. Tscherm. m. u. p. M. 1871. 1. 85—91. Ref.: N. J. f. M. 1872. 650.
45. 1872. F. SANDBERGER: Briefliche Mittheilung über Bestandtheile des oberfränkischen Eklogites. N. J. f. M. 1872. 302.
46. 1872. VOGELGESANG: Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Grossherzogthums Baden. 30. Heft. Geologische Beschreibungen von Triberg und Donaueschingen.
47. 1872. NIEDZWIEDZKI: Umwandlung von Granat in Chlorit. Tscherm. m. u. p. M. 1872. 3. 162.
48. 1872. J. MAUTNER: Analyse des Eklogit von Eibiswald in Steiermark. Ebenda 261.
49. 1874. E. v. GERICHTEN: Ueber den oberfränkischen Eklogit. Ann. d. Ch. u. Pharm. 1874. 171. 183. Ref.: N. Jahrb. f. Min. 1874. 434.
50. 1874. C. F. NAUMANN: Elemente der Mineralogie. 472.
51. 1875. H. CREDNER: Die granitischen Gänge des sächsischen Granitgebietes. Ztschr. d. d. geol. Ges. 1875. 27. 202.
52. 1875. F. ZIRKEL: Kurze Erwähnung des Eklogites. N. J. f. M. 1875. 628.
53. 1875. J. LEMBERG: Ueber die Serpentine von Zöblitz, Greifendorf und Waldheim. Ztschr. d. d. geol. Ges. 1875. 27. 539.
54. 1876. O. LUEDECKE: Der Glaukophan und die glaukophanführenden Gesteine der Insel Syra. Ebenda 1876. 28. 268.
55. 1876. E. DATHE: Olivinfels, Serpentin und Eklogit des sächsischen Granulitgebietes. N. J. f. M. 1876. 227. 230. 233. 341. 345.
56. 1876. LAUBE: Sogenannter Eklogit im böhmischen Erzgebirg. Geologie d. böhm. Erzgeb. Prag 1876. 1. 70.
57. 1876. F. SEELAND: Der Hüttenberger Erzberg und seine nächste Umgebung. Jahrb. K. K. geol. R.-A. 1876. 26. 67.
58. 1877. E. v. GERICHTEN: Ueber den oberfränkischen Eklogit. Ann. Ch. u. Pharm. 1877. 185. 209. Ref.: N. J. f. M. 1877. 419.
59. 1877. C. DOELTER: Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Augites. N. J. f. M. 1877. 806.
60. 1877. E. DATHE: Die Diallaggranulite der sächsischen Granulitformation. Ztschr. d. d. geol. Ges. 1877. 29. 274 ff.
61. 1877. MOEHL: Die Eruptivgesteine Norwegens. N. Magaz. f. Naturvid. Christiania 1877.
62. 1878. E. R. RIESS: Untersuchungen über die Zusammensetzung des Eklogits. Tscherm. min. u. petr. M. 1878. N. F. 1. 165 ff. 181 ff. Ref.: N. J. f. M. 1878. 877.
63. 1878. F. BECKE: Gesteine der Halbinsel Chalcidice. Tscherm. m. u. p. M. 1871. 1. 242.
64. 1878. F. SANDBERGER: Ueber Kaliglimmer und Zirkon (Hyacinth) in Eklogit. Briefl. Mitt. in N. J. f. M. 1878. 842.
65. 1879. AMUND HELLAND: Mikroskopische Untersuchung einiger Gesteine aus dem nördl. Norwegen. N. J. f. M. 1879. 422.
66. 1879. E. COHEN: Ueber einen Eklogit von Jagersfontein, Oranjefreistaat. N. J. f. M. 1879. 864.
67. 1879. A. SAUER: Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil. N. J. f. M. 1879. 569—576.
68. 1879. C. W. GÜMBEL: Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges. Gotha 1879. 144 ff. 313 ff.
69. 1880. A. COSSA: Rutil im Gastaldit-Eklogit von Val Tournanche. Briefl. Mitt. in N. Jahrb. f. M. 1880. I. 162.

70. 1880. A. SAUER: Titanminerale in Amphiboliten. N. J. f. M. 1880. I. 94.
71. 1880. F. ZIRKEL: Ueber den Zirkon als mikroskopischen Gesteinsgemengteil. Ebenda 89.
72. 1880. F. SCHALCH und A. SAUER: Erläuterungen zur Sektion Tschopau der geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen. Leipzig 1880. 15.
73. 1880. C. WHITMANN CROSS: Eklogit von Pontivy. Tsch. m. u. p. M. 1880/1. 3. 410.
74. 1881. F. SANDBERGER: Ueber das Vorkommen des Zirkons in verschiedenen krystallinischen Gesteinen. N. J. f. M. 1881. I. 258.
75. 1881. A. SAUER: Rutil als mikroskopischer Gemengteil in der Gneiss- und Glimmerschieferformation. Ebenda 227 ff.
76. 1882. F. BECKE: Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. Min. u. petr. M. 1882, N. F. 3. 189—265. 4. 189 ff. 285 ff. 312.
77. 1882. G. H. WILLIAMS: Glaukophangesteine aus Nord-Italien. N. J. f. M. 1882. II. 201 ff.
78. 1882. A. CATHREIN: Ueber Titaneisen, Leukoxen und Titanomorphit. Groths Zeitschr. f. Kryst. 1882. 6. 244.
79. 1882. A. VON LASAULX: Ueber einige spanische Gesteine. Sitz.-Ber. niederrhein. Gesellsch. Bonn 1882. 39. 143.
80. 1883. E. DATHE: Berichtigung. N. Jahrb. f. Min. 1883. II. 89.
81. 1884. H. THÜRACH: Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanminerale in den Gesteinen. Verhandl. physik.-medic. Ges. zu Würzburg 1884. 18. N. F. 1 ff. Ref.: N. J. f. M. 1885. II. 396.
82. 1884. P. LOHMANN: Neue Beiträge zur Kenntnis der Eklogite vom mikroskopisch-mineralogischen und archaeologischen Standpunkte. N. J. F. M. 1884. I. 83 ff.
83. 1884. A. SAUER und F. SCHALCH: Ueber die Verbreitung des Eklogites im südwestlichen Theile des Erzgebirges. Briefliche Mittheilung. N. J. f. M. 1884. II. 27.
84. 1885. C. DOELTER: Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung bei Pyroxenen. N. J. f. M. 1885. I. 43.
85. 1886. T. G. BONNEY: On a Glaucofane-Eklogite from the Val d' Aoste. Mineral. Magaz. July 1886. 7. Nr. 32. 1—8. Ref.: N. J. f. M. 1889. I. 35.
86. 1886. K. OEBBEKE: Ueber den Glaukophan und seine Verbreitung in Gesteinen. Ztschr. d. d. geol. Ges. 1886. 38. 634.
87. 1888. H. B. PATTON: Die Serpentin- und Amphibolgesteine nördlich von Marienbad in Böhmen. Min. und petr. Mitt. 1888. 9. N. F. 124.
88. 1889. H. TRAUBE: Ueber ein Vorkommen von Eklogit bei Frankenstein in Schlesien. N. J. 1889. I. 195.
89. 1889. A. CATHREIN: Eklogitgeschiebe aus der Sill, Tirol. Verh. K. K. geol. R.-A. 1889. 173.
90. 1890. A. MICHEL-LÉVY: Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-blanc. Bull. Serv. Carte Géol. France. 1890. Févr. 7 ff.
91. 1891. A. LACROIX: Etude pétrographique des éclogites de la Loire inférieure. Bull. Soc. Sci. Nat. del' Ouest de la France. Nantes 1891. 1. 81 ff.
92. 1892. J. A. IPPEN: Zur Kenntnis der Eklogite und Amphibolgesteine des Bachergebirges. Mittlgn. d. nat. wiss. Ver. f. Steierrn. 1892.
93. 1892. C. DOELTER: Bericht über die geologische Durchforschung des Bachergebirges. Ebenda.
94. 1893. — — Zur Geologie des Bachergebirges. Mittlgn. nat. wiss. Ver. Steierrn. 1893.
95. 1893. L. DUPARC ET L. MRAZEC: Note sur les roches amphiboliques du Mont Blanc. Arch. Sci. Phys. et Nat. Genève 1893. 30.
96. 1893. — — ET — — Sur les éclogites du Mont Blanc. C.-R. 1893. Nr. 23.
97. 1894. C. DOELTER: Ueber den Granit des Bachergebirges. Mittlgn. nat. wiss. Ver. Steierrn. 1894.
98. 1894. J. A. IPPEN: Zur Kenntnis einiger archaischer Gesteine des Bachergebirges. Ebenda 1894.
99. 1894. BARVIŘ: Ueber die Struktur des Eklogites von Neuhoř bei Rochowan im westlichen Mähren. Sitz.-Ber. K. Böhm. Ak. Wiss. nat. wiss. Kl. 1894.
100. 1894. L. DUPARC ET DELEBECQUE: Sur les gabbros et les amphibolites du massif de Belledonne. C. R. 1894. 118. Nr. 12.
101. 1894. L. DUPARC ET E. RITTER: Sur les éclogites et amphibolites du massif du Grand-Mont. Arch. Sci. Phys. et Nat. Genève 1894. 31. 402 ff. Auch: E. RITTER: Les massifs de Beaufort et du Grand-Mont. Thèse. Genève 1894. 45.
102. 1894. L. DUPARC ET MRAZEC: Le massif de Trient. Arch. Sci. Phys. et Nat. Genève 1894. 32. 357 ff.



103. 1896. H. ROSENBUSCH: Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 3. Aufl. Stuttg. 1896. 265. 329.
104. 1896. R. W. SCHÄFER: Ueber die metamorphen Gabbrogesteine des Allalingergebietes im Wallis zwischen Zermatt und Saasthal. Tsch. M. P. Mittlgn. 1896. 15. (N. F.) 115.
105. 1896. J. A. IPPEN: Amphibolgesteine der Niederen Tauern und Seethaler Alpen. II. Mittlgn. nat. wiss. Ver. f. Steierm. 1896.
106. 1896. E. WEINSCHEK: Die Minerallagerstätten des Grossvenedigerstockes in den Hohen Tauern. GROTHS Ztschr. f. Kryst. 1896. 26. 352.
107. 1897. D. H. NEWLAND: Notes on the eclogite of the Bavarian Fichtelgebirge. Transact. N. Y. Ac. Sci. 1897. 16. 24 ff.
108. 1898. L. DUPARC ET L. MRAZEC: Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du Mont Blanc. Mém. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève 1898. 33. 143. 150 ff.
109. 1898. — — ET — — Sur les phénomènes d' injection et de métamorphisme exercés par la protogine et les roches granitiques en général. Arch. Sci. Phys. et Nat. Genève 1898. 1 ff.
110. 1898. H. ROSENBUSCH: Elemente der Gesteinslehre. Stuttg. 1898. 518 ff.
111. 1898. — — Zur Deutung der Glaukophangesteine. Sitz. Ber. Akad. Wiss. Berlin 1898. 45. 706 ff.
112. 1900. M. KIŠPATIC: Die krystallinischen Gesteine der bosnischen Serpentinzone. Wiss. Mitth. aus Bosnien und Hercegowina 1900. 7. 407/8. 434/5. 457/60. 471. 473. 475.
113. 1902. S. FRANCHI: Ueber Feldspath-Uralitisirung der Natron-Thonerde-Pyroxene aus den eklogitischen Glimmerschiefern der Gebirge von Biella (Grajische Alpen). N. J. 1902. II. 113 ff.

## Historische Einleitung.

Die Bezeichnung Eklogit rührt von HAÜY [11] her, welcher sie folgendermassen begründet.

„Dans cette roche, la diallage est considérée comme faisant fonction de base et forme avec le grenat une combinaison binaire à laquelle sont censées s'unir accidentellement le disthène, l'épidote et l'amphibole laminaire. J'ai donné à cette roche le nom d'éclogite, qui signifie choix, élection, parce que ses composants n'étant pas de ceux qui existent communément plusieurs ensemble dans les roches primitives comme le feldspath, le mica, l'amphibole, semblent s'être choisis pour faire bande à part. Cette roche se trouve en Carinthie, dans le Saualpe et en Styrie.“

Als gelegentliche Gemengtheile nennt HAÜY noch besonders „épidote blanc vitreux“, Quarz und Magnetkies.

K. C. VON LEONHARD [12] definirt den Eklogit als „krystallinisch körniges Gefüge von Diallagon (Smaragdit, körniger Strahlstein, Omphacit) und Granat, entweder in gleichen Mengen oder aber Diallagon vorherrschend“ und nennt als accessorische Mineralien Glimmer, Disthen, Chloriterde, Quarz, Epidot, Hornblende, Eisenkies und Magneteisen. Schon damals waren zahlreiche fichtelgebirgische Fundorte [10], ferner solche in Steiermark (u. a. im Bachergebirge), Kärnthen, in Norwegen [14] und aus den Westalpen [1] bekannt, ebenso, dass der Eklogit Uebergänge in Hornblendegesteine bildet. — B. COTTA [18] nennt ihn ein Gestein von fester apfelgrüner Strahlsteingrundmasse mit rothen Granaten, welches in grösseren und kleineren Felskuppen, mit Hornblendeschiefer und Gneiss lagerartig durchschwärmt, in der NW.-Hälfte des Gneissgebietes im Fichtelgebirg zu Tage tritt.

In seinem grundlegenden „Lehrbuch der Geognosie“ [22] gibt C. F. NAUMANN folgende Definition des Eklogits, den er unter den krystallinischen Silikatgesteinen der Urgneissformation, sowie der sächsischen Granulitformation und schliess-

lich als ein in den Uebergängen und Associationen des Serpentin vorkommendes Gestein aufführt, folgendermassen:

„Eklogit (Omphacitfels). Ein schönes aus grasgrünem Smaragdit und rothem Granat bestehendes Gestein von grob- bis feinkörniger Struktur, häufig mit Kyanit und Glimmer, bisweilen auch mit Quarz gemengt. Den Namen entlehnte HAÜY von der schönen Auswahl der Gemengtheile, welche die Natur gleichsam bei der Bildung dieses Gesteins getroffen hat, und welche besonders dann recht auffallend wird, wenn zu dem grünen Smaragdit und rothen Granat noch blauer Disthen hinzutritt.“

Weiterhin beschäftigte sich eine ganze Reihe von Forschern mit einzelnen Eklogit-Vorkommnissen, so dass sich schon frühe die ziemlich weite Verbreitung dieses Gesteins offenbarte. Vor Allem wurden die zahlreichen Eklogite von den genannten alpinen Fundorten wiederholt untersucht. Dasselbe Gestein konnte auch am Mont Clermont bei Traversella, am Mont Jovet, am Lac Cornu [20], auf der Insel Syra [15], im Böhmerwald [25], in der Oberpfalz [42], im Schwarzwald [30], Erzgebirge [29] etc., nachgewiesen werden.

E. R. RIESS [62] fasste 1878 zum erstenmal in einer Monographie die bis dahin gemachten Erfahrungen zusammen. Seine Arbeit behandelt die meisten damals bekannten Eklogite. Er definirt dieses Gestein als eine „feldspathfreie“, rein krystallinische Felsart, bestehend im einfachsten Falle aus Omphacit und Granat; „kommen Hornblende (als Smaragdit und Karinthin), Quarz, Cyanit, Zoisit oder Glimmer als weitere wesentliche Gemengtheile hinzu, so entstehen dadurch nur besondere Varietäten von Eklogit. Zu diesen Mineralien treten noch accessorisch Zirkon, Apatit, Titanit, Epidot, Eisenkies, Magnetkies, Magnetit.“ Der Omphacit wurde als ein Augit festgestellt, der „seltene Smaragdit“ als ein grünes Hornblendemineral aufgefasst.

RIESS nennt Granat-Hornblendegesteine auch mit accessorischem Omphacitgehalt granatführende Amphibolite oder bei erheblicher Omphacitführung eklogitartige Amphibolite, nicht eigentliche Eklogite, weil jene nebenbei den „dem Eklogit ganz fremden Plagioklas“ führen und sich auch in solchen Gegenden finden, in denen es gar nicht zur Ausbildung von echtem Eklogit gekommen ist. „Die Eklogite sind erheblich härter“ (recte zäher) „und nie so ausgeprägt geschiefert, wie die granatführenden Amphibolite, in die sie besonders häufig übergehen“.

A. SAUER [67, 70] und A. COSSA [69] haben nachgewiesen, dass der „Zirkon“ der Eklogite und Amphibolite Rutil ist, nachdem schon früher [37] Rutil und „Iserin“ als Eklogitbestandteile festgestellt worden waren. Von späteren Arbeiten besitzt diejenige P. LOHMANN'S [82] hauptsächlich den Werth einer Litteraturzusammenstellung, während speciell die mikroskopische Kenntnis der in Betracht kommenden Gesteine von A. LACROIX [91], sowie L. DUPARC und L. MRAZEC [108] gefördert wurde, welche in grosser Zahl interessante und neue Beobachtungen an französischen Vorkommnissen aus dem Departement Loire-Inférieure, bezw. aus dem Montblanc-Massiv, ausführten.

Auch die geologischen Verhältnisse wurden, zumal in neuerer Zeit, mehrfach studirt, so dass von einigen Gebieten ziemlich eingehende Beschreibungen vorliegen, so namentlich von denjenigen der Steiermark [92—94, 97, 98], des Montblanc-Massivs [95, 96, 101, 102, 108, 109], des Grossvenedigerstockes [106] etc., während die in vorliegender Abhandlung zu betrachtenden fichtelgebirgischen Vorkommnisse in dieser Richtung seit den GÜMBEL'schen Aufnahmen [68] und seit RIESS' Arbeit [62] keine wesentliche Förderung erfahren haben [cfr. 107].



Die meisten Vorkommnisse von Eklogit treten den bisherigen Beobachtungen nach als linsenförmige Einlagerungen im Gneiss auf, welcher bald vorherrschend als Hornblendegneiss, bald als Glimmergneiss bezeichnet wird, an dessen Stelle auch eigentliche Glimmerschiefer treten können. Die enge geologische Verbindung mit Amphiboliten wird meistens betont.

In mineralogischer Beziehung zeigen die als Eklogit beschriebenen Gesteine [39, 43, 44, 45, 65, 90, 91, 107, 108] grosse Mannigfaltigkeit. Einzelne Autoren, z. B. F. v. HOCHSTETTER [25], zogen dabei die Grenzen des Begriffes „Eklogit“ etwas weit.

Die Strukturverhältnisse, welche besonders A. LACROIX [91], ferner L. DUPARC und L. MRAZEC [95, 96, 101, 102, 108, 109] eingehend studirten, bieten gleichfalls viele interessante Einzelheiten; namentlich scheinen centrische Strukturen weit verbreitet zu sein [98, 99].

Ueber die chemischen Verhältnisse endlich, speciell der fichtelgebirgischen Eklogite, liefern E. v. GERICHTEN'S Veröffentlichungen [49, 58] mannigfache Aufschlüsse, auf welche im Laufe dieser Abhandlung einzugehen sein wird.

Am besten gibt den bis in die letzten Jahre festgestellten Charakter des Eklogits die Definition von H. ROSENBUSCH [110] wieder, welcher Autor sich in allerneuester Zeit auch mit den chemischen Beziehungen eklogitartiger Gesteine zu älteren Tiefengesteinen beschäftigt hat [111]. H. ROSENBUSCH bezeichnet die Eklogite als

„Lagergesteine des krystallinen Schiefergebirgs, welche bei meistens grobem, seltener feinem Korn und bei meistens richtungslosem, seltener schieferigem Gefüge wesentlich aus grünem Omphacit und rothem Granat bestehen. Der Omphacit kann in wechselndem Betrag begleitet und ersetzt werden durch Smaragdit, durch Hornblende und durch Karinthin. Als Nebengemengtheile sind Rutil, Eisenerze und Apatit allgemein verbreitet; als Uebergemengtheile treten sehr häufig auf: Granat (?)<sup>1)</sup>, Muscovit, Quarz, Zoisit und Feldspath, seltener Bronzit, Olivin, Chlorit. Pyrit und Magnetkies kommen oft vor.“

Ueber die Genesis der Eklogite haben sich ausser H. ROSENBUSCH nur wenige Forscher bestimmter geäussert. D. H. NEWLAND [107] kommt zu dem Schluss, dass in chemischer Hinsicht der Eklogit mit gewissen Diabastypen identisch sei. „Uebergänge, welche die Zugehörigkeit näher beweisen, fehlen durchaus; die grossen mineralogischen Unterschiede können beim gegenwärtigen Stand der Kenntnis über das umgewandelte Gestein nicht völlig erklärt werden.“

In früheren Arbeiten fanden ganz vereinzelt die geologischen Beziehungen des Eklogits zu Gabbros Erwähnung, ohne dass weitere Konsequenzen gezogen wurden. So sagt F. SANDBERGER [45] von den oberfränkischen Eklogiten: „Tritt der Granat zurück, so entstehen aus den Eklogiten gabbroähnliche Gesteine.“ SANDBERGER findet „Saussurit im Eklogit vom Eppenreuth“. C. W. GÜMBEL macht in Form ganz kurzer Notizen wiederholt auf geologische Beziehungen zwischen Eklogiten und syenit- (recte gabbro-) artigen Gesteinen des Münchberger Gebietes aufmerksam [68: 321, 326.]

<sup>1)</sup> Ist wohl Schreibfehler für Disthen.

## I. Geologische Uebersicht.

Die eingehenden Schilderungen und Betrachtungen, welche den Lagerungsverhältnissen der oberfränkischen Eklogite in C. W. GÜMBEL'S geognostischer Beschreibung des Fichtelgebirgs, sowie in der Monographie von E. R. RIESS gewidmet sind, bilden eine werthvolle Grundlage für weitere Forschungen.

Im Folgenden soll versucht werden, zur näheren Kenntniss des eklogitführenden Münchberger Gneissgebietes einiges beizutragen, was auf eigenen Wahrnehmungen beruht.

Der Münchberger Gneiss<sup>1)</sup> wurde bisher meistens als ein normales Glied der archaischen Gruppe und zwar der Urgneissformation aufgefasst. Mit dieser Annahme sind aber verschiedene Thatsachen nicht gut vereinbar.

In seinem ganzen Umkreis überlagert der Münchberger Gneiss die angrenzenden palaeozoischen Schiefer, erscheint also jünger als diese.

Die Randzone desselben, ringwallartig gegen das eingeschlossene flachwellige Hügelland erhöht, besteht sehr allgemein aus Augengneissen, ein Verhalten, welches demjenigen von Granitmassiven entspricht, die gegen ihre Grenze hin eine porphyrtartige Beschaffenheit annehmen.

Nirgends kann eine unzweifelhafte Schichtung der Münchberger Gneisse konstatiert werden. An Stelle einer solchen ist freilich recht oft eine ausgezeichnet schöne plattige Absonderung oder Druckschieferung anzutreffen. Fast ebenso häufig aber findet die Zerklüftung in höchst unregelmässiger Weise am gleichen Gesteinsaufschluss nach mehreren Richtungen zugleich statt, oder es verliert sich jegliche Regelmässigkeit in der Orientirung des Glimmers, die vorwiegend jene Absonderungsformen bedingt. Alsdann ist das Gestein von einem richtungslos körnigen Granit nicht zu unterscheiden. Die äussersten Glieder dieser verschiedenartigen Ausbildungsformen sind durch Uebergänge verbunden.

Der Münchberger Gneiss wird von unzähligen Pegmatitadern durchschwärmt. Darunter sind einige von ganz beträchtlicher Ausdehnung.

Alle diese Umstände lassen kaum einen Zweifel aufkommen, dass nicht ein altkrystallinisches Produkt der Sedimentirung, sondern eine Eruptivmasse vorliegt. Das hat schon im Jahre 1863 C. F. NAUMANN vermuthungsweise ausgesprochen. Man kann den Münchberger Gneiss am einfachsten als einen granitischen Eruptivstock<sup>2)</sup> bezeichnen, welcher palaeozoische Schiefer durchbrochen und intrudirt, oft aufgeblättert und deren Bestandmassen, einschliesslich der eruptiven Glieder, in der verschiedenartigsten Weise resorbiert bzw. umkrystallisirt — oder ganz allgemein — mechanisch und chemisch verändert hat. Von diesem

<sup>1)</sup> Litteratur über den Münchberger Gneiss:

FR. HOFFMANN: Pogg. Ann. 1829. 16.

C. W. GÜMBEL: Ueber das Alter der Münchberger Gneiss-Partie im Fichtelgebirge. N. J. f. Min. 1861. 257 ff.

C. F. NAUMANN: Ueber die Münchberger Gneissbildung. N. J. f. Min. 1863. 1.

C. W. GÜMBEL: Ueber das Alter der Münchberger Gneissgruppe. N. J. f. Min. 1863. S. 318.

C. F. NAUMANN: Noch einige Bemerkungen über die Münchberger Gneissbildung. Ebenda S. 531.

E. R. RIESS [Ekl. Litt. 62].

C. W. GÜMBEL [Ekl. Litt. 68].

<sup>2)</sup> Vgl. C. DOELTER [93], ferner E. REYER: Geol. und geogr. Experim. II. Wien 1892.



Gesichtspunkt aus erschien eine Revision des ganzen bisher gewonnenen Beobachtungsmaterials über jenes Gebiet wünschenswerth. Ein erneutes Interesse gewannen vor allem die geologischen Beziehungen zwischen den als Einlagerungen im Glimmer- und Hornblendegneiss längst bekannten Eklogiten und Amphiboliten und dem einschliessenden Gestein. In dieser Hinsicht fand ich einerseits an den wenigen guten Aufschlüssen die alte Wahrnehmung bestätigt, dass jene zähen und meist dunkelfarbig-basisreichen Einlagerungen mehr oder weniger ausgeprägt die Gestalt von Linsen besitzen und in einer ziemlich regelmässig wiederkehrenden Weise durch eine Art von Uebergängen — d. h. Mischungen aus granitischem Material und Resorptionsprodukten — mit dem Granitgneiss verbunden sind. In einigen Schürfungen, die ich vornahm, traten saiger gestellte Linsen in einer Weise gangähnlich auf, dass es einiger Ueberlegung bedurfte, um sie nicht mit wahren Gängen zu verwechseln. Die Aehnlichkeit wird erhöht durch manche scheinbaren Analogien mit einem Diabasintrusivgang in der Nähe von Schlegel bei Münchberg.

Sehr allgemein ist die Streichrichtung derartiger Einlagerungen annähernd SW—NO. Das ist zugleich die Hauptfaltungsrichtung des Münchberger Gneisses.

In den zerklüfteten Wänden einiger durch Schürfung blossgelegter gangähnlicher Einlagerungen im Gneissande zeigte das stets ungemein zähe Gestein häufig eine ausgeprägte Neigung zu sphäroidal-schaliger Absonderungs- bzw. Verwitterungsform und war alsdann oft mit rutilführendem Quarz inkrustirt, stellenweise damit oder auch mit aplitartigem Material injicirt. Jene knollig-spindelförmigen oder abgeplattet-sphäroidalen, auch keilförmigen Kugelausschnitten ähnlichen Gebilde erwiesen sich bald als charakteristische, selten fehlende Grenzformen des Eklogits und seiner Uebergänge in Amphibolit. Meistens zeichnen sich dieselben durch grossen Reichthum an Magnetkies aus, dessen Verwitterungsprodukte das Gestein mitunter sehr intensiv braun färben. Jene Gebilde erwecken — insbesondere auch durch die Umrundung und Imprägnirung mit Quarz — den Eindruck, als handle es sich um Erstarrungsformen, vergleichbar den analogen Strukturen intrusiver Diabasgesteine. Ganz ähnlich wie bei solchen lösen sich unter dem Hammer von unregelmässig polyedrischen Stücken schalige Theile ab, so dass ein sphäroidaler Kern sich herauschält. Man könnte sich leicht vorstellen, dass umfangreiche Schollen eines Tiefengesteins, welche von dem empordringenden granitischen Brei gehoben, umschlossen und in den verschiedenartigsten Stellungen festgehalten worden sind, durch die Wärmeabgabe des erstarrenden Magmas in ihren peripherischen Theilen Veränderungen erlitten haben, die einer Umschmelzung nahe kommen.<sup>1)</sup> Es handelt sich wahrscheinlich um Erstarrungsprodukte aus einer wasserreichen schmelzflussähnlichen Silikatlösung.

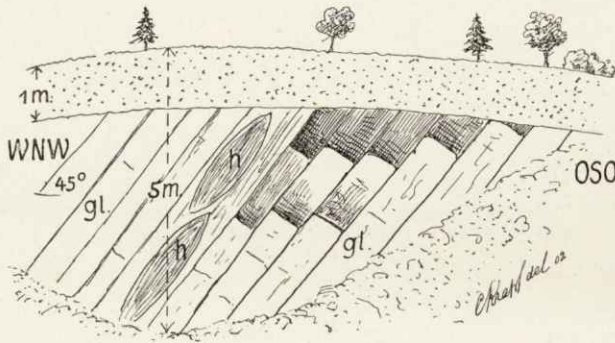
Im übrigen konnte bezüglich der Eklogit- und Amphibolit-Einlagerungen noch Folgendes als allgemein gültig festgestellt werden. Kleinere Einschlussmassen finden sich mehr oder weniger resorbirt und geben zu Uebergängen des Glimmergneisses in „Hornblendegneiss“ Anlass. Diese Resorptionschlieren sind mehr oder weniger in die Länge gezogen und gegen das granitische Gestein ganz unscharf abgegrenzt. Andererseits bilden Zoisitamphibolite — in ihrer Zusammensetzung jenen Resorptionschlieren ähnlich oder mit ihnen

<sup>1)</sup> Vgl. H. ROSEBUSCH [103. 1123].

identisch — die äusseren Zonen grösserer Eklogitlinsen und gehen unmerklich in den central gelegenen typischen Eklogit derselben über.

Eine Schichtung des Eklogites konnte nirgends wahrgenommen werden, wohl aber finden sich an vielen Stellen Granat oder Quarz oder Karinthin lagenweise angereichert. Die Zerklüftung der Eklogite erfolgt im allgemeinen regellos; die meist feinen, selten mehrere Centimeter mächtigen Kluft Räume pflegen mit Quarz und hellfarbigem Glimmer erfüllt zu sein, denen sich ziemlich selten blauer Disthen zugesellt.

Im Folgenden sollen markante Einzelbeobachtungen mitgetheilt werden, welche zur Illustration der eben in allgemeinen Zügen ausgeführten geologischen Charakteristik des Münchberger Gneisses und seiner Einlagerungen dienen können.



Figur 1.  
gl Glimmergneiss. h Amphibolitlinsen.

Prachtvolle Beispiele für Augengneisse mit riesigen Orthoklasen — meist Karlsbader Zwillingen — bietet die nächste Umgebung von Grafengehaig. Dasselbst sind manche „Augengneisse“ von porphyrischem Granit im Aussehen nicht zu unterscheiden. Mehrere Centimeter grosse spindelförmige Feldspathaugen wittern aus dem Gestein im Strasseneinschnitt Gefrees-Gottmannsberg aus, in ähnlicher Weise bei der Broncefarbenfabrik nächst Marktschorgast. Sehr schöne Augengneisse finden sich u. a. auf der Leite

zwischen Wölbattendorf und Eplasmühle, sowie zwischen Marienweiher und Wiersberg.

Plattige Absonderung des Glimmergneisses ist u. a. schön zu sehen am Karlesberg bei Förstenreuth, im Haas'schen Steinbruch an der NW.-Seite der Leite bei Markt Leugast (Fig. 1), im Hohenzellig bei Silberbach, bei Schallersgrün nächst Münchberg etc.

Unregelmässige Zerklüftung des Gneisses trifft man viel häufiger, z. B. im Steinbruch hinter der Leite bei Wölbattendorf, im Steinbruch Oberkotzau, im Eisenbahneinschnitt daselbst, im Steinbruch nächst der Rothenmühle bei Münchberg etc.

Richtungslos granitische Struktur nimmt der Glimmergneiss an vielen Stellen an, so zwischen Röhrigeinzel und Karlesberg, bei Mechlenreuth nächst Münchberg, auf der Leite bei Wölbattendorf, bei Neumühl nächst Leupoldsgrün, am Fusse des „Stein“ bei Konradsreuth etc., ganz abgesehen von dem grossen Granitvorkommen zwischen Waikenreuth und Förstenreuth.

Pegmatitgänge traf ich an vielen Stellen, den grössten zwischen Hollareuth und Glenzlamühl, in dessen Umgebung öfters Hornfelsbildung zu konstatiren ist, kleinere u. a. auf der Leite bei Wölbattendorf, im Oelsch und in der Kutten bei Silberbach, bei Unterbuch am Weissenstein, auf dem Felsengrat des letzteren den durch seine Zoisite bekannten Oligoklasgang, einen 2—5 m mächtigen glimmerreichen Feldspathgang bei Ober-Eiben nächst Münchberg, Quarzgänge zwischen Wulmersreuth und Schallersgrün (Münchberg), bei Autengrün u. a. m.

Resorptionsprodukte können im Münchberger Gneiss allenthalben in grosser Mannigfaltigkeit beobachtet werden; ich will hier als besonders wichtig hervorheben die Aufschlüsse am Goldberg bei Markt-Schorgast, an der Kirchhöhe bei Stammbach (mit kleinen Hornblendebiotitlinsen), im Gemeindesteinbruch „im Betzig“ bei Markt Leugast, im Strassensteinbruche „hinter der Leite“ bei Wölbattendorf. Der Uebergang von Resorptions-schlieren in Eklogitlinsen, näher beschrieben im petrographischen Theil, ist nirgends so ausgezeichnet schön zu beobachten, wie am Goldberg bei Marktschorgast, dessen Gesteine auch von mechanisch wirkenden Kräften stark beeinflusst — gefaltet und durchgeknetet —

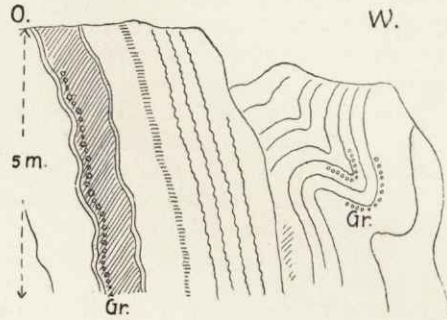


erscheinen. Die Resorption führt in dem genannten Steinbruch bei Markt Leugast zur Bildung eines gebänderten Paragneisses mit ausserordentlich schönen Faltungserscheinungen. Man hat den Eindruck eines durch dünnflüssiges Magma injicirten, aufgeblättern Schiefers, der zuweilen kleine Linsen metasomatischen Materials einschliesst.

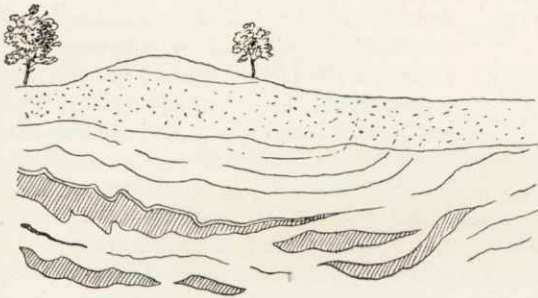
Der prachtvoll gefaltete Gneiss vom „Stein“ bei Konradsreuth zeigt (Fig. 2) auffällige Granatreihen in seinen Resorptionsbändern, die aber zu eklogitartigen Gesteinen keine erkennbaren Beziehungen haben.

Auch die gefalteten Bänder eines schwarzen Klinozoisit-Amphibolites im Gneiss des Steinbruches am Ottenberg bei Mussen (Fig. 3), welche merkwürdige Hornblendeknauer enthalten, zeigen bei genauerer Untersuchung keinen Zusammenhang mit Eklogit.

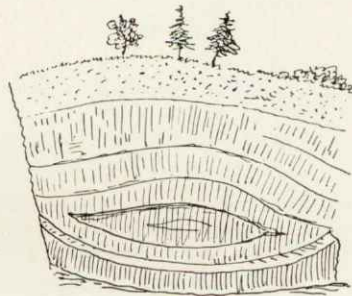
Dagegen sind die interessanten Granat-Zoisit-Amphibolite vom Schaumberg bei Oberkotzau dem Eklogit entsprechende Bildungen und gehen in diesen über. Dieselben treten als Linsen mit konzentrisch schaliger Absonderung auf (Fig. 4). Bis mehrere Meter grosse Theile einiger solcher deutlich unterscheidbarer Linsen sind durch einen kleinen, jetzt verlassenem Steinbruch aufgeschlossen. — Die gewaltige Eklogitmase des Weissensteins zeigt auf dem felsigen



Figur 2.  
Str.: SW—NO. Gr. = Granat.

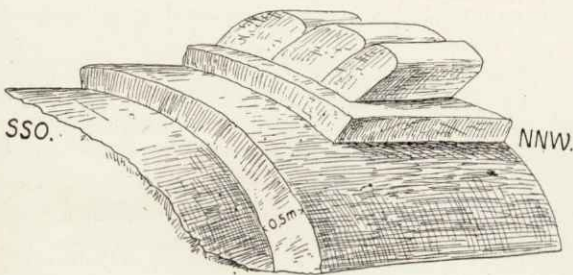


Figur 3.

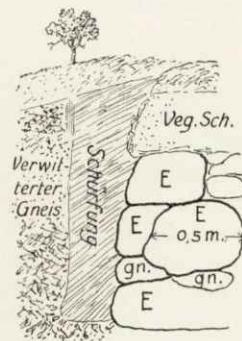


Figur 4.

Grate dieses Hügels dickplattige, flachgewölbeartige Absonderung, ähnlich auch der Eklogit im Rank'schen Steinbruch bei Silberbach, bei der Glenzlamühle, auf dem Beerberg bei Traindorf etc.



Figur 5.  
SSO—NNW = 25 m.



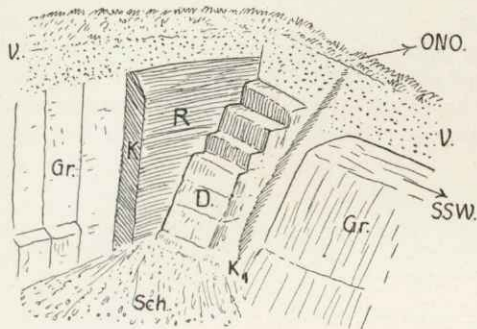
Figur 6.

Der Weissensteineklogit keilt nach ONO. in einem guten Aufschluss nächst dem Stammbacher Friedhof im Granitgneiss aus. (Fig. 5.)

Die äusseren Lagen sind dunkler Granatamphibolit, der aussieht, als ob er aus dem Schmelzfluss erstarrt wäre, und oft stark mit Quarz injicirt ist. Ich halte dieses Vorkommen für ein grossartiges Analogon jener sphäroidalen Erstarrungsformen kleiner Eklogit-

Amphibolmassen. Der Amphibolit geht gegen WSW. zu allmählich in Eklogit über. Einige an dieser Stelle gesammelte Stücke zeigen ungewöhnlich deutlich rutilhaltige Quarzinjektionen.

Bilden vertikal gestellte Wände die Abgrenzung des Eklogites und seiner amphibolitischen Grenzformen, dann kann das Auftreten der Gesteine sehr gangähnlich werden, so in einem Hohlweg bei Wölbattendorf, in je einem solchen von Wustuben nach Eppenreuth (Fig. 6) und von Unterpferdt nach Silberbach u. a. a. O. Von diesen theilweise durch Schürfung aufgeschlossenen Fundorten stammen die ausgeprägt sphäroidalen Verwitterungs- bzw. Absonderungsformen in meinen beiden Collectionen. Der Eklogit und seine Grenzfacies, verschiedenartige, oft stark mit Quarz injicirte Amphibolite, zeigen sich an solchen Stellen weit witterungsbeständiger, als der leicht zu einem hell bräunlichen, oft glimmerreichen Sand oder Mulm verwitternde Gneiss. Zwischen die wollsackartigen Eklogitblöcke finden sich oft Stücke ganz frischen granitischen Materials (Gn.) oder eines mit Quarz injicirten metamorphen Materials eingekleilt. — Im Hohlweg Unterpferdt sind eine ganze Anzahl solcher gangähnlicher, saiger gestellter Linsen in || Lagerung anzutreffen. Die Streichrichtung ist bei allen diesen Vorkommnissen annähernd SW—NO., oft SSW—NNO. Auffälligerweise findet sich an der NW-Seite solcher durch Steinbrüche aufgeschlossener Eklogitvorkommnisse häufig eine Rutschfläche am einschliessenden Gestein, ähnlich wie am Diabasgang bei Schlegel nächst Münchberg.



Figur 7.

V = Vegetationschicht. Gr = Granitgneiss. D = Diabasgang mit treppenförmiger Absonderung. K K<sub>1</sub> = Kontaktzonen. R = Rutschfläche. Sch = Schutt.

Die ansehnliche Eklogitmasse nächst Fattigau (am „Saal“ oder „Tanzstadel“) ist regellos zerklüftet, grenzt im Norden an Augengneiss an und ist daselbst umgeben von interessanten Zoisitamphiboliten, ausgewalzten Produkten der Resorption und Umkrystallisation des oberflächlich im Granitkontakt zergangenen ursprünglichen Gesteins, aus welchem der Eklogit hervorgegangen ist. Eine der interessantesten Glimmer und Cyanit führenden Quarzintrusionen wurde in dem Eklogitfels auf dem Buchanger bei Falls durch Sprengung blossgelegt. Sie ist im petrographischen Theil näher beschrieben.

Eklogite mit Anreicherungen von Granat, Quarz oder Karinthin in || Lager finden sich gelegentlich überall, besonders aber auf dem Weissenstein, bei Fattigau und im Walde des Beerhügels bei Traindorf.

Ab und zu trifft man im „Hornblendegneiss“ d. h. in dem an Resorptionsprodukten und umkrystallisirten Einlagerungen reichen Granit, kleine zähe Partien von ganz unscharfer Abgrenzung. Dieselben sind basisreiche Einschlüsse, meist auch erzeich und werden später noch Erwähnung finden. Einige derartige Vorkommnisse stammen vom kleinen Steinbruch nächst der Lübnitzmühle bei Gefrees und aus dem Steinbruch nächst der Rothenmühle bei Münchberg.

Die ausgedehnten Amphibolitmassen im SW. des Gebietes zwischen Gefrees und Berneck, im NW. — zwischen Markt Leugast und Grafengehaig — und im NO. — zwischen Schwarzenbach a/S. und Moschendorf — sind im allgemeinen schlecht aufgeschlossen. Sie zeigen an manchen Stellen, dass „Hornblendegneisse“ und „Amphibolitschiefer“ durch alle möglichen Uebergänge verbunden sind. Beziehungen der meisten dieser Gesteine zum Eklogit sind nicht zu erkennen. Dagegen sind die Amphibolite, welche konstant als Aussenzonen der Eklogite auftreten, unzweifelhaft gleichen Ursprungs mit diesen und nur Rand- oder Grenzfacies derselben, wie sich weiterhin ergeben wird.

Ein sehr interessantes gangförmiges Auftreten schwarzen feinkörnigen (ophitischen) Diabases findet sich bei Schlegel nächst Münchberg im Strössner'schen Steinbruch gut aufgeschlossen (Fig. 7).

Die parallelepipedischen Absonderungsprodukte zerfallen unter dem Hammer leicht in unregelmässige, äusserlich zersetzte Polyeder, und aus diesen schälen sich bei weiterer Bearbeitung äusserst zähe frische Kerne von kugeliger Gestalt heraus. Interessant ist dieses Vorkommen eines Intrusivgesteins, das unzweifelhaft jünger ist als der Granit, dadurch, dass GÜMBEL'S geologische Karte an jener Stelle Eklogit verzeichnet. Von einigen weiteren Diabasvorkommnissen wird im petrographischen Theil die Rede sein.



### Anhang.

Zum Vergleich mit den Verhältnissen in der Münchberger Gneissregion wurde eine flüchtige Begehung der Umgegend von Neustadt a. W. N. in der Oberpfalz vorgenommen, weil die geologische Karte von Bayern — Blatt Erbendorf-Freyung — vielfache Analogien zum Münchberger Gneiss annehmen lässt. Leider ist die ganze Gegend schlecht aufgeschlossen. Immerhin bestätigte sich im wesentlichen das, was die geologische Karte und einige Angaben in E. R. Riess Eklogitarbeit [62] hatten vermuthen lassen. Am Ostabhang des Calvarienberges bei Neustadt a. W. findet sich ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen einem hellfarbigen Granitgestein und einem dioritähnlichen Granat-Amphibolit. Viele Amphibolite zeigen äussere Aehnlichkeit mit fichtelgebirgischen. Mehrfach sind, z. B. bei Steinreuth und bei Windisch-Eschenbach, an Stellen, wo die geologische Karte Eklogit angibt, granathaltige Hornblende-Gabbros anzutreffen. Eigentliche Eklogite konnte ich bei meinem kurzen Aufenthalt in jener Gegend nicht finden. Herrn Lehrer Görz in Wildenreuth verdanke ich die Zusendung des merkwürdigen eklogitähnlichen Granatgesteins von dort, welches im petrographischen Theil näher beschrieben sein wird. Eine andere Probe des Wildenreuther Gesteins durfte ich mit freundlicher Erlaubnis des Herrn Dr. BRUNHUBER in Regensburg der Sammlung des dortigen naturwissenschaftlichen Vereins entnehmen.

## II. Petrographische und chemische Charakteristik.

### A. Gneiss und wenig veränderte Eruptivgesteine.

#### I. Gneisse.

Dieselben lassen sich eintheilen in Orthogneisse, welche neben rein granitischem Mineralbestand keine oder nur ganz untergeordnete metamorphe Beimengungen aufweisen, sowie in Paragneisse, welche innige Mischungen des Eruptivgesteins mit Resorptionsprodukten repräsentiren.

Von Orthogneissen habe ich einige Proben näher untersucht, die zum Theil der nächsten Umgebung eines jüngeren Diabasintrusivganges entnommen sind, zum Theil aber grösseren Eklogiteinlagerungen benachbart waren.

Ein Muscovitgneiss aus der Nähe von Schlegel bei Münchberg, welcher von einem ausgezeichnet gut aufgeschlossenen Diabas gangartig intrudirt wird, bildet aplitische, zuckerkörnige, doch ziemlich zähe Partien im Paragneiss. Farbloser Glimmer findet sich nur in unregelmässigen Lagen reichlicher. Das Gestein ist im Allgemeinen mittelkörnig, von richtungslos granitischem Gefüge. Im Schliff trennen einzelne feine Muscovitfasern kataklastische Quarzlagen. Hier und da liegen in regelloser Orientirung Schuppen einachsigen farblosen Glimmers im granitischen Gemenge, das im wesentlichen aus Quarz, Orthoklas und Oligoklas (Ausl.  $\angle$  a 85—89°, selten mit Gitterstruktur) besteht. Die Bildung des spärlichen Granates beginnt bei angrenzendem Glimmer und etwas Chlorit im Plagioklas. Der Granat schliesst hier und da ein Klinozoisitkorn mit Orthitkern ein. In seinem Bereiche finden sich Spuren von Titaneisen und Rutil. Durch Erhöhung des Granatgehaltes und stärkere Beimengung von Chlorit, Klinozoisit und Orthit, sowie ausgiebigere Umwandlung von Titaneisen in sehr dunkelfarbigen Rutil, endlich durch das Hinzutreten eines grünstichig braunen Biotits, grüner Hornblende und sehr kräftig pleochroitischen Epidots geht das Gestein in schieferigen Paragneiss über. Flaserung zeigt dieser nur undeutlich. Mehrere Millimeter dicke, grobkörnige Quarzlagen vom Habitus einer Injection durchsetzen ein makroskopisch dunkel graugrünes Gemenge, das bei feinkörnig granitischem Gefüge zu dem Mineralbestand eines Zweiglimmergranites eine Menge fremder Elemente aufgenommen hat. Im Bereiche der Quarz-

intrusion finden sich bis 8 mm grosse Granate,<sup>1)</sup> von denen einzelne aus Reihen sehr kleiner Körner bestehen, die mit ||laufenden Quarzstreifen alterniren, während andere Granate kompakter sind und einschliessreiche, dodekaederähnliche Gebilde darstellen. Am Rande der Quarzintrusion finden sich Plagioklas, Orthoklas und Muscovit besonders wohlkristallisiert. Biotit ist vielfach in blass meergrünen Chlorit mit anomalem Blau und Braun umgewandelt. Letzterer bildet stellenweise feine Fasern zwischen Quarzlagen und ist von Biotitresten, Epidot, Klinozoisit und Rutil begleitet. Epidot und Klinozoisit nehmen ihren Ursprung meist im Plagioklas. Der Granat schliesst Quarz, Rutil, Chlorit, Biotit, farblosen Glimmer mit kleinem Achsenwinkel und Epidot ein. Um Granat lagern sich gelegentlich Chlorit, Epidot und Karinthin. — Ein Kern von gelbrotem Orthit mit Klinozoisiteinschluss liegt vereinzelt in Klinozoisit; dieser geht randlich in Epidot über.

Zuckerkörniger Orthogneiss aus dem Hohlweg Unterpferdt-Silberbach zeigt makroskopisch vorwiegend mittelkörnigen bis dichten schneeweissen Feldspath mit Quarz und ist sehr porös wie Porzellanbisquit, mit ziemlich spärlichen || Lagen von grünlich-weissem Glimmer. Unter dem Mikroskop sieht man, dass die Schieferung des sonst richtungslos körnigen Granitmaterials durch die ungefähr gleichsinnige Lagerung der Glimmerschuppen bedingt wird. Der Orthoklas bildet rundliche Körner bis etwa 0,5 mm; meist rissig, etwas getrübt. Der Plagioklas ist Albit-Oligoklas und Albit, vereinzelt Bytownit ( $\underline{1}$  c 39%). Quarz bildet als Zwischenfüllmasse Körner, meist unter 0,5 mm, mit Druckerscheinungen. Der farblose Glimmer hat einen sehr kleinen Achsenwinkel; die Schuppen sind durchschnittlich 1 mm gross. Ganz vereinzelt findet sich in Berührung mit Glimmer eine kleine Granatkörnergruppe, hie und da ein Zoisitsäulchen im Glimmer; spärliche Klinozoisitkörner sind zwischen Glimmer und Feldspath eingeklemmt. Apatit ist ziemlich häufig.

Granatgneiss aus dem v. KOTZAU'schen Steinbruch in Oberkotzau nähert sich durch das Zurücktreten des Feldspathes (spärlicher trüber Plagioklas, dem Albit nahestehend) einem granatführenden Glimmerschiefer, in welchem mit etwas Glimmer untermengte, bis mehrere Millimeter dicke graulichweisse wellige Lagen fast reinen Quarzes getrennt sind durch ganz dünne Fasern silbergrauen Muscovites; letzterem ist häufig Biotit beigemischt (c = b tief schwärzlichbraun, a fast farblos.) Die 2—3 mm grossen, annähernd dodekaedrischen, unter dem Mikroskop blassbräunlichen Granate sind von dicht angeschmiegtten Glimmer- und Chloritschüppchen eingefasst. Mikrolithische Einschlüsse (Quarz, Titaneisenstaub, Rutilstaub) sind oft dicht geschart; grössere Einschlüsse bilden beide Glimmerarten und Quarz. Die meisten Granate haben konzentrische Wachstumszonen mit lückenhaften Quarzonen dazwischen. Ein Individuum von Granat zeigt excentrisches Wachstum, das auch auf seine Einschlüsse (Quarz und trüben Plagioklas) sich erstreckt. Chlorit mit anomalen tiefblauen Interferenzfarben erfüllt öfter Risse im Granat.

Als Nebengestein aus der unmittelbaren Umgebung einer ausgezeichnet scharf abgegrenzten grösseren gangähnlichen Eklogitlinse verdient noch Erwähnung ein kleinaugiger Granitgneiss aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle, der als Zwischenlagerung zwischen Eklogitschollen endogene kontaktmetamorphe Erscheinungen zeigt. Derselbe ist netzförmig von Sericitfasern durchzogen. Die Sericitbildung beginnt im Feldspath, besonders an dessen Peripherie. Das mittelkörnige Grundaggregat besteht aus Quarz, Muscovit, Oligoklas, Orthoklas, hie und da Oligoklas-Andesin und Albit.

Der Orthoklas bildet bis 3 mm grosse Körner (Augen). Der farblose Glimmer (Sericit) erfüllt in durchschnittlich 0,1 mm grossen, oft streng regelmässig orientirten Schüppchen und Leistchen grosse Feldspathkörner, oder er bildet ein zierliches Flasernetz, das Quarz und Feldspath in seinen Maschen einschliesst. Frische, sehr blass, etwas rissige, einschliessarme Granatkörner liegen zum Theil ganz unvermittelt in lagenförmigen Aggregaten verzahnter Quarzkörner. Häufiger aber stehen die Quarz, Rutil und spärliche Glimmerschüppchen einschliessenden Granate im Zusammenhang mit Glimmer, besonders da, wo zugleich Feldspath angrenzt. Vereinzelte Granate — vielleicht aus dem im Entstehen begriffenen Eklogit aufgenommen — enthalten Scharen gleichmässig orientirter Rutilmikrolithe. Ganz vereinzelt findet sich ein — vermuthlich auch von aussen her aufgenommenes — Körnchen Hornblende (c fleckig braun, theilweise grün, a blassgelb).

Die untersuchten Paragneisse stammen durchweg von Lokalitäten, die in C. W. GÜMBELS geognostischer Karte als Hornblendegneiss bezeichnet sind.

<sup>1)</sup> Vgl. MICHEL LÉVY: Contributions à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général. Bull. Serv. Carte géol. Franc. 1893/94. 5. 328. «Le granat semble remplacer l'élément feldspathique.»



Ihre sehr verschiedenartige Zusammensetzung erscheint bedingt durch die quantitativ und qualitativ wechselnde Beimengung metasomatischer Produkte zum granitischen bzw. aplitischen Material. Oft alterniren in den Handstücken mehr oder weniger unterscheidbare Lagen des einen mit dem anderen Hauptkomponenten.

#### Granatgneiss vom „Stein“ bei Konradsreuth.<sup>1)</sup>

Feinkörnige bis emailartig dichte quarzreiche Lagen von schmutzig weisser bis gelblichgrauer Farbe, 0,25—10 mm und darüber mächtig, wechseln in zierlicher welliger Fältelung mit meist weniger als 1 mm dicken Lagen von dunkler Farbe ab, die im wesentlichen aus sehr feinstengelliger Hornblende bestehen. Beide Aggregate enthalten häufig bis 1 cm grosse Einsprenglinge von almandinfarbigem Granat (bis 0,5 cm gross). In den quarzreichen Lagen sind winzige bräunlich-rothe Körnchen reichlich eingestreut.

Unter dem Mikroskop zeigt eine feinkörnige Partie von flaserig-gestreckter, feinvelliger Struktur Hornblende, Klinozoisit und Quarz, daneben untergeordnet Granat, Epidot, Rutil, Plagioklas. Kataklastischer Quarz bildet meist feinkörnige trübe Lagen, unterbrochen durch lockere Aggregate von Klinozoisit und Hornblende. Blassbräunlicher Klinozoisit ist in schlanken Säulchen bis 2 mm Länge, selten bis 0,6 mm Dicke, oft auch in rundlichen Körnern vertreten. Manchmal sehr angehäuft, geht er mitunter in eisenarmen Epidot über. — Hornblende mit dem Pleochroismus des Karinthins (c blaugrün, b schmutzig grünlichbraun, a blass bräunlichgelb) ist in hypidiomorphen, bis 2 mm langen schlanken Stengelchen oft zu dichten langgestreckten Zügen gehäuft. c : c = 17°. Spärlicher braungelber Rutil findet sich ganz allgemein in oder an Klinozoisit. Der vereinzelt auftretende Granat ist ziemlich lebhaft roth gefärbt und schliesst Hornblende, Quarz und Rutil ein. Eine kleine Gruppe von Plagioklaskörnern (Auslöschung  $\perp$  c 12°) fällt dadurch auf, dass die Individuen Scharen von rundlichen Klinozoisitmikrolithen einschliessen. (Piezokrystallisation E. WEINSCHENKS). Im Quarz schwimmen mitunter Klinozoisitkrystalle.

Paragneiss vom Markt Leugaster Gemeindesteinbruch. Das mittelkörnige bis dichte Gestein zeigt 1—2 mm dicke, stark gefaltete Lagen von weisser Farbe, gespickt mit grünlichen Schüppchen und kleinen schieferigen Einschlüssen. Damit wechseln ab dunklere Lagen, in denen schwärzlichgrüne Hornblende vorherrscht. Der meist feinkörnige granitische Theil ist verhältnissmässig quarzarm und reich an Orthoklas, sowie an etwas grösseren Körnern von Plagioklas, Albit und Albit-Oligoklas. Die Feldspathe sind meist durch Zersetzungsprodukte getrübt; die Plagioklase enthalten häufig Klinozoisit in Form grösserer Körner und durchschnittlich 0,2 mm grosser Kryställchen. Biotit (c = b schwarzbraun, a licht bräunlich), ist grossentheils in Chlorit ( $\perp$  c blaugrün,  $\parallel$  c blassgelblich) umgewandelt und damit  $\parallel$  verwachsen. Kleine Gruppen von blassröthlichen Granatkörnern (bis 0,5 mm) finden sich auch im granitischen Theil im unmittelbaren Zusammenhang mit Chlorit, Titaneisen und Klinozoisit. Dieselben sind rissig und arm an Einschlüssen (Klinozoisit). Titanit, oft mit Rutilkern, trifft man sowohl im granitischen Theil, als auch in den wenig scharf von diesem abgegrenzten mittelkörnigen, hornblendereichen Partien, die übrigens auch von granitischem Material durchdrungen sind. Die Hornblende (c blaugrün, b bräunlich blaugrün, a fast farblos; c : c = 25°) bildet bis 1 mm grosse Körner und Stengel. Dazwischen findet sich ausser Granat und theilweise chloritisirtem Biotit etwas Calcit, vor allem aber Klinozoisit, der bei zonarem Bau häufig in Epidot übergeht und oft auch nahezu sotropen Zoisit einschliesst. Vereinzelt trifft man mit Pyrit verwachsene Titaneisenkörnchen. Sehr viele Gemengtheile zeigen Druckerscheinungen.

## II. Diabase.

Von den im Bereich des Münchberger Gneisses auftretenden Diabasen wurden solche aus zwei Lokalitäten etwas eingehender untersucht, da sie einerseits — so viel ich weiss — noch nicht beschrieben worden sind, andererseits durch ihr Auftreten an Oertlichkeiten interessierten, an denen C. W. v. GÜMBELS geognostische Karte Eklogit angibt. Es hat sich aber ein mikroskopischer Befund ergeben, der auf nähere Beziehungen dieser Diabase zum Eklogit keinen Schluss gestattet.

<sup>1)</sup> Die nächste Umgebung ist sehr reich an Eklogit-„Findlingen.“

**Diabase von einigen Felsköpfchen am Leitenrangen bei Mühldorf** (v. von Hof a. S.). Dieselben sind vorwiegend sehr frische mittelkörnig ophitische Augit-Diabase. Die durchschnittlich 1 mm langen, 0,25 mm breiten Plagioklasleisten haben meist die optischen Charaktere von Labrador-Bytownit (Ausl. Sch.  $\perp c 30^\circ$ ,  $\perp a 58\frac{1}{2}^\circ$ ), vereinzelt die von Oligoklas-Andesin und von Anorthit. Sie enthalten nur sehr wenig Pyroxenstreifen und Pyritskelette, sehr spärlich auch Biotit, sodann als Zersetzungsprodukte mehr oder weniger blaugrünen Chlorit, Calcit und fein zertheiltes Eisenerz. Der weitaus vorherrschende Plagioklas erscheint seiner Form nach älter als der Pyroxen, welcher letzterer mehr den Eindruck einer Zwischenklemmungsmasse macht, aber viel reichlicher als der Plagioklas Erz einschliesst. Die selten über 1 mm grossen lichtbräunlichen Pyroxenkörner zeigen Druckerscheinungen und meist sehr unvollkommene Spaltrisse.  $c:c = 40^\circ$ . Auch der Pyroxen enthält Calcit und Chlorit. Letzterer bildet scheinbar homogene, sehr blassgrüne bis 1 mm grosse Flecke in Plagioklas und besonders in Pyroxen. Diese Flecke lösen sich bei genauerer Betrachtung in ein Gewirr feinsten Schüppchen und Leisten von sehr niederer Doppelbrechung auf, denen hie und da schmale Biotitleisten beigemischt sind. Der meist frische Pyrit ist skelettartig zertheilt und verästelt, z. B. zwischen die Plagioklaslamellen, sowie zwischen Plagioklas und Pyroxen eingeklemmt. Einzelne lückenhafte Körner sind bis 1 mm gross. Etwas weniger reichlich findet sich — meist im Pyroxen — schwarzer fast glanzloser Titanmagnetit, vorwiegend in Form kleiner Skelette. Oft sind die Schnitte rein quadratisch. Mitunter zeigen sie weisslichen Reflex.

**Diabas vom Strössner'schen Steinbruch bei Schlegel nächst Münchberg.** Die Proben dieses ausserordentlich zähen, schwarzen feinkörnigen Gesteins zeigen äusserlich sphäroidale Verwitterungsformen,<sup>1)</sup> die sich mit dem Hammer leicht aus dem treppenartig zerklüfteten Ganggestein (Fig. 7) herauspräpariren lassen. Die Struktur ist fein ophitisch. Es fehlt jegliche Spur einer sauren Infiltration. Die Zersetzungserscheinungen — Calcit- und Chloritbildung — halten sich in mässigen Grenzen. Durchschnittlich 0,5 mm lange, schlanke Leisten von Plagioklas zeigen kaum eine Tendenz zu porphyrischer Ausbildung und sind hie und da zonar struiert. Es handelt sich um Glieder der Reihe Labrador — Labrador-Bytownit (Ausl. Sch.  $\perp c 25-30^\circ$ ,  $\perp a 59^\circ$ ). Ein grosses ganz frisches Korn in Calcit ist anscheinend neugebildeter Albit ( $\perp c 20^\circ$ ). Die selten bis 1 mm grossen Körner des stark zerdrückten Pyroxens sind meist allotriomorph mit unregelmässigen Spaltrissen, violettbräunlich mit schwachen Absorptionsunterschieden, fast nicht pleochroitisch; sie werden ganz allgemein vom Feldspath durchsetzt und sind erzeicher als dieser.  $c:c = 43^\circ$ . Der meist frische Titanmagnetit, mit stahlblauem, metallischen Reflex, bildet feine Leisten bis höchstens 0,5 mm Länge, vielfach auch Oktaeder und Skelette. Aehnlich geformte winzige Gebilde mit Leukoxenreflex sind wohl grösstentheils Zersetzungsprodukt des Magnetits, vielleicht auch theilweise des titanhaltigen Pyroxens. Ausgeprägte Titanitkrümel finden sich besonders um Chlorit gehäuft. Letzterer tritt in kleinen unregelmässigen Partien häufig als Zersetzungsprodukt des Pyroxens auf. Einzelne rundlich-isometrische, bis über 1 mm grosse Concretionen bestehen aus winzigen Chlorit-Leisten. Diese blassgrünen Flecke sind erzfrei und von einer kelyphitähnlichen Zone radialer Fäserchen umgeben. Weiter umschliesst eine an Calcit- und Titanitkrümel reiche Zone solche Gebilde, welche mehr den Eindruck von Concretionen, als den von Pseudomorphosen nach isometrischen Krystallen machen. Ihre Zahl vermehrt sich mit abnehmender Frische des Gesteins.

Eine mehrere Millimeter grosse Partie von den Umrissen einer grossen zersetzten Plagioklasleiste besteht fast ganz aus Calcitkörnern und schliesst ein grosses frisches Albitindividuum ein. Im Uebrigen ist der Calcit nicht reichlich anzutreffen.

Ganz ähnlichen Charakter zeigt der Diabas von einem Felsköpfchen aus Markt Schoragast (an der Bahnhofstrasse). Die ganze Umgebung ist reich an Eklogit- und Amphibolit-Einlagerungen im Gneiss. Gleichwohl zeigt dieser Diabas keinerlei Annäherung an die Beschaffenheit solcher Gesteine.

Die durchschnittlich 1 mm langen Leisten und Tafeln des weitaus vorherrschenden Plagioklases sind Labrador-Bytownit ( $\perp c 25-27^\circ$  auf M,  $\rho > \nu$ ). Derselbe ist vollkommen frisch und zeigt die Wirkungen starken Druckes<sup>2)</sup> ebenso wie der als Zwischenfüllmasse auftretende, fast durchweg allotriomorphe monokline Pyroxen. Dieser ist blass graulichbraun und kaum pleochroitisch.  $c:c 40^\circ$ . Ganz spärlich findet sich rhombischer Pyroxen. Ersterer zeigt deutlich

<sup>1)</sup> Vgl. H. ROSEBUSCH [103. 1123].

<sup>2)</sup> Vielleicht eine Wirkung der Contraction bei der Verfestigung.



Absonderung nach (100). Eine Erhöhung seiner Doppelbrechung ist da zu beobachten, wo feinzerteilter, eingedrungener Titanmagnetit eine starke Trübung hervorbringt. Titanmagnetit ist im übrigen selten oktaedrisch, oft in Form kleiner, scharf eckiger Körner, meist aber skelettartig anzutreffen. Fein zerteilt drängt er sich zwischen Krystalle anderer Mineralien und in Risse derselben ein. Chlorit ( $\perp$  c blass blaugrün,  $\parallel$  c gelbbraunlich) mit normalen, ziemlich hohen Interferenzfarben, ist vorwiegend Pennin und bildet nicht selten ein Zersetzungsprodukt des Pyroxens. Spärlicher findet sich Calcit. Hie und da geht ein Pyroxenstengel terminal in braune Hornblende über.

**Gabbro-Diabas vom Schaumberg bei Oberkotzau.** (Loses Rollstück, 1 km nördlich vom Eklogitsteinbruch im Schaumbergholz.) Die Struktur ist grob ophitisch bei starkem Wechsel in Form und Grösse der meist ziemlich fein lamellirten Plagioklasleisten, deren Auslöschungswinkel auf Flächen  $\perp$  a und  $\perp$  c sehr nahe dem Andesin entsprechen. Von den Spalttrissen aus beginnt in sehr vielen Individuen des Feldspathes die Chloriteinlagerung, welche den Plagioklas weit allgemeiner und ausgiebiger modificirt, als die nur ganz andeutungsweise auftretende Saussuritisirung und die spärliche Calcitbildung.

Ganz vereinzelt finden sich im chloritisirten Plagioklas winzige farblose, kaum anisotrope, stark lichtbrechende Körnchen, die ich für Granat zu halten geneigt bin. Plagioklas ist anscheinend älter als der Pyroxen und durchsetzt oft sehr scharf den letzteren, der hie und da mit kleinen Plagioklasleichen erfüllt ist. Das erinnert an ähnliche Erscheinungen im Gabbro-Norit von Martinsreuth und im Eklogit von Wölbattendorf.

Chlorit bildet mitunter grosse Blätter mit scharfer Spaltbarkeit;  $\perp$  c blass blaugrün,  $\parallel$  c blass gelbgrün; Interferenzfarben anormal (blau, gelb); der Chlorit enthält hie und da Biotit-schüppchen.

Der blass violettbräunliche bis farblose Pyroxen, ganz ungewöhnlich stark durch Druck beeinflusst, (undulöse Anslöschung bei schwacher äusserer Deformirung) tritt gegen den Plagioklas sehr zurück. Durch die scharf ausgeprägte Absonderung nach (100) ist er dem Diallag sehr ähnlich und erinnert in der Spaltbarkeit, in der Grösse und Gestalt der Körner an den „Omphacit“ im Wölbattendorfer Eklogit. An Einschlüssen enthält er ausser Plagioklasleichen nur ganz spärliche Rutilmikrolithe. Randlich geht er mitunter in karinthianische Hornblende über.

Glanzlose Leistchen von Titaneisenerz, auch Nadeln und Skelette desselben, sind vielfach in Leukoxen verwandelt, zum Theil auch in Reihen und Häufchen von ausgeprägten Titanitkörnern umgebildet.

**Gabbro-Diabas von Moschendorf.** („Diorit, Moschendorf“ der Hofer Realschulsammlung.) Das mittelkörnige, ophitische Gestein enthält Plagioklas, monokline Pyroxen, Titanmagnetit, braunen und grünen Biotit, Granat, Chlorit, Titanit. Der weit vorwiegende Plagioklas, zum grossen Theil dem Bytownit nahestehend ( $\perp$  c Auslöschungsschiefe bis  $43^\circ$ ), zum Theil auch weit saureren Gliedern angehörig, bildet ein ophitisches Netz von Leistchen (bis höchstens 2 mm lang, 1 mm breit), mit Streifung, nie mit Gitterstruktur. Er gibt an einer Stelle, wo er mit Biotit und Titaneisenerz zusammentrifft, zur Bildung einiger kleiner farbloser Granatkörner Anlass. — Ungemein stark kataklastische Pyroxenkörner (meist nicht über 1 mm gross), sehr blass bräunlich-grau mit Stich ins Violette, füllen den Raum zwischen den Plagioklasleisten. Die Auslöschungsschiefe ist wegen der huschenden Auslöschung kaum bestimmbar, die Absonderung nach (100) undeutlich. — Biotit ist ziemlich spärlich vertreten in kleinen Blättchen, grössere, bis  $\frac{1}{2}$  mm, sind zerdrückt und zersetzt; hie und da enthält er pleochroitische Höfe und zeigt meist den Pleochroismus a farblos, b = c tief braun. Er geht stellenweise in grünen Biotit über (b = c blass lauchgrün, a ganz blass bräunlich). Letzterer zeigt eine viel niedrigere Doppelbrechung, als der braune, von dessen kleinen Lappchen er allgemein begleitet ist.

Es scheint sich dabei um einen Uebergang in Chlorit zu handeln, zu dessen niedriger Doppelbrechung der grüne Biotit aber nur an wenigen Stellen herabsinkt.

Das reichlich vorhandene Titaneisenerz bildet schmale Leisten bis 2 mm Länge, seltener Körner, die gern skelettartig ausgebildet sind. Sein Reflex ist dunkel graublau, vielfach weisslich (Leukoxen). Winzige Titanitkrümel sind allgemein verbreitet.

### III. Gabbroartige Gesteine.

#### a) Saussuritische Gabbro-Norite von Martinsreuth und Glenzlamühl.<sup>1)</sup>

Es handelt sich um mittel- bis grobkörnige Gesteine<sup>2)</sup> von ziemlich ausgeprägter ophitischer (Gabbro-)Struktur.<sup>3)</sup> In einem Grundgewebe aus wenig Quarz und weit vorherrschendem graulich-weissen trüben Feldspath, der selten makroskopische Zwillingstreifung erkennen lässt, liegen bis mehrere Millimeter grosse Körner und Leisten dunkelbraunen bis schwärzlichen blättrigen Diallags mit halbmetallischem Glanze auf den Flächen vollkommener Spaltbarkeit, ferner ähnlich geformte Individuen mit kupferigem Schimmer und feinsten Streifung auf Bruchflächen (Hypersthen). Kleinere Mengen schwarzen, schwach glänzenden Erzes und dunkelrothbraunen Glimmers können mit der Lupe eben noch unterschieden werden, ganz spärlich auch Körnchen eines sulfidischen Eisenerzes.

Unter dem Mikroskop zeigen die Feldspathleisten (bis höchstens 3 mm Länge und Breite) starken Wechsel in Form und Grösse. Als interessantester accessorischer Gemengtheil findet sich Granat; Hornblende tritt in mehreren verschiedenen Formen auf; ganz untergeordnet sind Zoisit, Klinozoisit, Apatit, Magnetkies. Rutil, äusserst spärlich ist Zirkon. Plagioklas, in einer mittelkörnigen Probe von Martinsreuth Labrador bis Bytownit, in den beiden anderen quarzreichen Proben dem Oligoklas nahestehend, zum Theil Oligoklas-Andesin, bildet hypidiomorphe bis idiomorphe Leisten, meist mit feiner Zwillinglamellierung, nicht selten mit feiner Gitterstruktur. Die wenigen klaren Stellen liegen in Form schmaler Säume meist peripherisch, besonders da, wo an geradlinig begrenzten Plagioklas Quarz anstösst. Der übrige, meist der centrale Theil, befindet sich in einem Anfangsstadium der Saussuritisirung.



Figur 8.

Die trübenden Einschlüsse des Plagioklases — in den quarzreicheren Proben massenhafter — sind a) unzählige, oft radial büschelig gruppirte Nadelchen, wahrscheinlich Strahlstein (ganz ähnlich wie im Saussuritgabbro von Wurlitz); b) nahezu isometrische Körnchen von hoher Licht- und Doppelbrechung; c) hie und da winzige Prismen und Körner von Klinozoisit und Zoisit; d) blassröthliche, fast farblose Körner und scharf begrenzte Dodekaederchen vom Granat, die besonders am Rande der Feldspathleisten reihenweise anzutreffen sind (Fig. 8).

Es beginnt also vom Rande her eine Umwandlung von Plagioklas in Granat, besonders da, wo Biotit den Feldspath berührt (Aufnahme von Fe und Mg) oder im Kontakt mit Titanerz (Aufnahme von Fe).

Die engen Beziehungen zwischen dem Granat und dem Titanerz sind in dem Gabbro-Norit von Martinsreuth in überraschend ähnlicher Weise ausgeprägt, wie

<sup>1)</sup> C. W. v. GÜMBEL: Geogn. Besch. d. Ficht. Geb. S. 153, 155, 318, 326.

<sup>2)</sup> Nach den Aufnahmeblättern des kgl. Oberbergamtes München entstammen die Martinsreuther Proben genau der gleichen Lokalität, an der ich 1900 die später zu beschreibenden sehr merkwürdigen, gängähnlich auftretenden Uebergänge zu Eklogit beobachtete. Die Probe mit der Etikette „Glenzlamühl“ entnahm ich der Hofer Realschulsammlung. Für die freundliche Ueberlassung dieser und einiger anderer, später noch erwähnten Proben spreche ich an dieser Stelle meinem Herrn Collegen, kgl. Reallehrer A. SCHNABEL in Hof, herzlichen Dank aus, den ich auch Herrn kgl. Oberbergrath Prof. Dr. v. AMMON schulde, welcher mir nicht allein eine Anzahl werthvoller Handstücke aus der geognostischen Sammlung des Oberbergamtes München zur Verfügung stellte, sondern auch sonst in jeder Weise ein freundliches Interesse an der vorliegenden Arbeit bekundete.

<sup>3)</sup> Vgl. H. ROSENBUSCH [103. S. 277—336.]



in einigen eklogitartigen Gesteinen, z. B. vom Schaumberg bei Oberkotzau, vom Goldberg bei Markt Schorgast, aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuth etc. Granate werden auch sowohl an der Peripherie des Biotits, wie in letzterem selbst angetroffen, stets aber da, wo dieser den saussuritischen Feldspath berührt. Granatkörnchen — oft der Dodekaederform genähert — bilden unter dieser Voraussetzung häufig einen zusammenhängenden Saum um Biotitblätter. Seltener enthält der Quarz Granate. Jener ist mitunter von einem Saum karinthinartiger Hornblende umgeben und enthält hie und da Biotit und Rutil. Von letzterem häufen sich mitunter Körnchen in der Nähe des Granates. Bisweilen finden sich daselbst Zoisitprismen. Gegen Biotit und namentlich gegen Pyroxen ist der Plagioklas durch Säume aus grüner Hornblende (Karinthin) abgegrenzt.

Von Krystallen rhombischen Pyroxens ist der saussurische Feldspath mitunter durch eine dreifache Zone getrennt. Zunächst schliesst sich an die Feldspathleiste ein gleichmässig breiter Karinthinsaum an, dann eine der Feldspathkante  $\parallel$  laufende Reihe winziger stark lichtbrechender Körnchen, alsdann eine Zone farblosen Amphibols.

Diallag und rhombischer Pyroxen<sup>1)</sup> treten in wechselndem Mengenverhältnis auf, ersterer meist in grossen Körnern, deren Form durchaus vom angrenzenden und eingeschlossenen Plagioklas bedingt wird. Diallag ist meist ohne dilute Färbung, hie und da blass violettbräunlich mit schwachen Absorptionsunterschieden. Er enthält als geformtes Pigment in regelmässiger Einlagerung zahllose länglichrunde bis fein nadelförmige opake Körperchen, die oft sagenitähnliche Netze bilden. Die gelegentliche Umwandlung derselben in Rutil lässt darauf schliessen, dass es sich um höchst fein zertheiltes Titaneisen handelt.

Die nadelförmigen Erze folgen in ihrer Orientirung den Flächen der prismatischen Spaltbarkeit und der pinakoidalen Absonderung. Bei sehr dichter Anhäufung des staubfeinen Erzes zeigt sich ein matt blaulicher Reflex. Der Karinthinsaum ist stets frei von solchen Einlagerungen. Bei der Berührung mit Quarz sammelt sich das im Diallag des Gesteins von der Glenzlamühle häufig russähnlich eingelagerte Titanerz in Form eines Nadelbüschels an der Peripherie des Pyroxens, der dann im übrigen frei davon ist. Aehnliches findet sich auch in der titanhaltigen Hornblende, in welche die Pyroxene häufig terminal übergehen.

Auf Schnitten nach (001) zeigt sich die für Diallag charakteristische feine Streifung nach (100).  $c:c$  auf (010) = 45°. Ganz allgemein bildet der Diallag gegen angrenzenden Plagioklas Karinthinzonen. Zahlreiche Plagioklasleistchen im Diallag bieten ein Bild dar, das ungemein grosse Aehnlichkeit hat mit demjenigen, welches Saussuritleistchen im diallagähnlichen Pyroxen eines Eklogites von Wölbattendorf präsentiren (Fig. 9).

In geringerer Deutlichkeit finden sich ähnliche Erscheinungen auch in Eklogiten von Martinsreuth, Markt Schorgast etc.

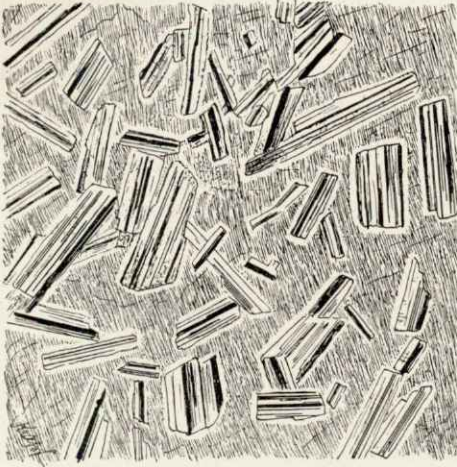
Um Titaneisenkörner herum und auch sonst nicht selten nimmt sowohl der kl- wie der o-Pyroxen terminal oder fleckenweise im Innern ganz abrupt sehr kräftigen Pleochroismus und eine Auslöschungsschiefe von 17° auf (010) an. Er geht offenbar in titanhaltigen Amphibol über, ohne seine äussere Form merklich zu ändern.

o-Pyroxen in durchschnittlich 1–2 mm grossen hypidiomorphen Körnern und Prismen ist überall reichlich vertreten bis zur Prävalenz über den Diallag. Der Gesamtheit der optischen Merkmale nach handelt es sich um Hypersthen. Auf (100), welche Fläche zwischen gekreuzten Nicols eine Art ungemein feiner und dabei etwas unregelmässiger Zwillingslamellirung aufweist, tritt  $a$  aus, auf (001)  $c$ . Die Doppelbrechung ist nicht erheblich höher, als die des Quarzes. Der Hypersthen ist von sehr verschieden intensiver diluter Färbung, mitunter kräftig pleochroitisch:  $c$  mehr weniger braunviolett,  $b$  blasser bis fast farblos,  $a$  meist farblos.

<sup>1)</sup> Im Nachstehenden werden — einer Anregung F. RINNE's folgend — für monoklinen und rhombischen Pyroxen die Abkürzungen kl-Pyroxen bezw. o-Pyroxen (Ortho-P.) gebraucht.



Die Pigmentirung ist im allgemeinen fleckig. Ausser der diluten Färbung kommt auch beim o-Pyroxen die Einlagerung geformter Pigmente in Betracht und zwar in unregelmässiger Vertheilung sehr kleine meist opake, seltener durchsichtige und dabei sehr stark lichtbrechende Körnchen und Nadelchen, ferner ungemein feine opake Nadeln, die in der Richtung der Absonderungs- und Spaltflächen eine Art Sagenitz bilden.

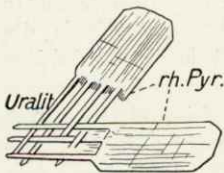


Figur 9.

Gabbro-Norit, Martinsreuth.  
Plagioklasleisten in einem grossen Diallagindividuum.  
Vergr. 30:1. Nic. +. Die regelmässige Einlagerung der  
nadelförmigen Interpositionen tritt erst bei stärkerer  
Vergrösserung deutlicher hervor.

mit tief braunem Biotit zusammenhängt, enthält mitunter auffallende, kleine kreisrunde pleochroitische Höfe — unter Erhöhung der Interferenzfarbe — um länglichrunde Körnchen mit opakem Kern oder um farblose Kryställchen von starker Lichtbrechung und mässig starker Doppelbrechung. Pleochroitische Höfe trifft man auch in grüner Hornblende.

Um kleine o-Pyroxen-Kerne finden sich da, wo Quarz angrenzt, breite Randzonen aus radial gestellten Hornblendestengelchen, welche dicht angehäuftes staubfeines Titaneisen enthalten. An solchen Stellen ist Biotit in feine Lappchen zertheilt. Aus o-Pyroxen gehen durch den Einfluss des Quarzes oft gitterförmige Gebilde aus Hornblendenadeln hervor, die noch mit Resten des Pyroxens verwachsen sind (Fig. 10). Eine derartige Umwandlung kommt der Uralitisirung des Pyroxens nahe. Sie betrifft alle Formen der Pyroxene und äussert sich u. a. als eine Neubildung feinsten Krümel und Fasern. An solchen Stellen geht auch der Biotit in wirrfaserige Aggregate über.



Figur 10.

Recht ähnliche Erscheinungen werden in Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten, z. B. in denen von Fattigau und Wölbattendorf, beobachtet.

Im Allgemeinen zeigt die Hornblende geradliniger verlaufende und schärfere Spalt- risse, als die Pyroxene. Das Pigment der ersteren ist oft fleckig vertheilt. Häufig tritt sie in Zwillingen auf. || Verwachsungen des Amphibols mit Biotit sind nicht selten.

Quarz, sehr ungleich betheiliget, fehlt fast ganz in einer der Martinsreuther Proben. Er ist im wesentlichen ein primärer Bestandtheil. Gegen Plagioklas grenzt er scharf und geradlinig ab. Pyroxen geht in seiner Berührung in kompakte Hornblende über, oder es bildet sich rings um einen isometrischen Pyroxenkern eine kelyphitähnliche Zone von Amphibolstengelchen. Im Quarz schwimmen spärliche Apatitsülchen, gegen den Plagioklasrand hin auch Zoisitprismen. An zahlreichen Stellen bildet kataklastischer Quarz kleine Zwischenklemmungsmassen.

Manche dieser Erscheinungen deuten darauf hin, dass ein Theil des Quarzes auf Pyroxene, Biotit und Titaneisen, kaum merklich aber auf Plagioklas modificirend eingewirkt hat.

Der Biotit tritt in regellos begrenzten Blättern auf, die gewöhnlich mit Titaneisen verwachsen sind. c = b tief fuchsig braunrot, a ganz blass bräunlich. Sehr selten enthält er sagenit-

<sup>1)</sup> Vgl. L. DUPARC: Notes sur les roches éruptives etc. Bull. Serv. Carte géol. France 1896/7. 8. 2 ff. „Hornblende geht aus dem Diallag durch Uralitisirung hervor.“



artige Netze feinsten opaker Nadeln. Winzige Biotitläppchen finden sich häufig der grünen Hornblende in den Karinthinsäumen beigemischt. Mit der Granatbildung steht der Biotit allenthalben im innigsten Zusammenhang. Kleine von Plagioklas ganz umschlossene Biotitschüppchen z. B. gehen fast restlos in Granat über.

Titaneisenerz ist gewöhnlich in regellos begrenzten Körnern, seltener in oktaederähnlichen Krystallen anzutreffen. Es handelt sich also, wenigstens theilweise, um Titanmagnetit. Das Titanerz zeigt schwach metallischen Glanz und bei völliger Undurchsichtigkeit bläulich-stahlgrauen Reflex. Sehr allgemein ist es in Biotitblätter eingeschlossen. Randlich geht das Titaneisen hie und da in bräunlichen Titanit über und ist daselbst mitunter von Granat eingefasst (Fig. 11).

Die Granatsäume des Biotits gehen häufig in solche um Titaneisen über.

An Stellen, wo Quarz Veränderungen hervorgebracht hat, ist das Titanerz in dichte Anhäufungen von Krümeln umgewandelt worden, z. B. gleichzeitig mit der Zerkräuselung des Biotits.

Die Beteiligung des Titanerzes an der Granatbildung zeigt sich u. a. häufig in folgender Mineralgruppierung. Um einen Kern von Titaneisen findet sich ein Saum von Rutil; beide sind in Biotit eingeschlossen, der besonders da, wo er an Plagioklas angrenzt, einen Saum aus Granaten besitzt.

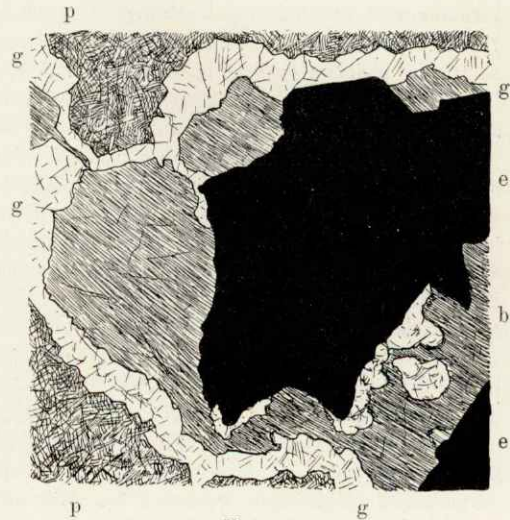
Aehnlichen Erscheinungen begegnet man nicht selten in Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten.<sup>1)</sup>

#### b) Norit vom Steinhügel zwischen Ziegenburg und Höflas bei Markt Schorgast.<sup>2)</sup>

Die mittel- bis grobkörnigen Gesteine, welche eine sehr grosse Aehnlichkeit mit den Gabbro-Noriten von Martinsreuth etc. besitzen, finden sich in grossen Blöcken, die anscheinend lose im Schutte des Glimmergneisses liegen. Gerölle desselben Gesteins finden sich im Schorgastbach bei Ziegenburg.

Makroskopisch treten graulichweisse Plagioklasleisten am stärksten hervor, ausserdem fallen glänzende dunkel rothbraune Biotitschüppchen auf. Pyroxen ist makroskopisch wenig bemerkbar. Unter dem Mikroskop unterscheiden sich diese ophitischen, sehr quarzarmen Norite von den eben beschriebenen Gabbro-noriten durch das fast völlige Zurücktreten des kl-Pyroxens gegenüber dem rhombischen, durch den Mangel an Granat und durch die weniger weit vorgeschrittene Saussuritisirung. Die Plagioklasen stehen zum Theil dem Anorthit nahe, lassen sich aber grösserentheils als Labrador erkennen. Sie überwiegen weitaus die übrigen Gemengtheile. Die nadelförmigen Einschlüsse zeigen die Merkmale eines schwach pleochroitischen Amphibols (Strahlstein).

Die Karinthinsäume zwischen Plagioklas und Pyroxen, ganz ähnlich denen in den beschriebenen Gabbro-Noriten, bedingen eine ganz feine randliche Zerfaserung beider Angrenzer, d. i. eine randliche Zerlegung derselben in winzige, radial zum Korn gestellte Nadelchen. Die



Figur 11.  
Gabbro-Norit, Martinsreuth.  
Titaneisenerz (e) in Biotit (b) mit Granatneubildungen (g) besonders da, wo saussuritischer Plagioklas (p) angrenzt.  
Vergr. 30 : 1.

<sup>1)</sup> Vgl. auch L. DUPARC: Notes sur les roches basiques et sur les amphibolites de la Chaîne de Belledonne. Bull. Serv. Carte géol. France. 1896/7. 8. 2 ff. — Nach C. W. GÜMBEL [68. S. 326] steht bei der Glenzlamühle der Eklogit mit einem syenitartigen Gestein (offenbar dem vorliegenden Gabbro-norit) in Verbindung. Der Gabbro-norit aus jener Gegend ist auf älteren Etiketten meist als Syenit bezeichnet.

<sup>2)</sup> a. a. O. [68]. S. 221. „Das syenitgranitartige Gestein vom Steinhügel bei Höflas bildet wahrscheinlich die Fortsetzung des lagerartigen auftretenden Eklogits vom Weissenstein.“

Herrn Lehrer WITTMANN in Marktschorgast bin ich für sein freundliches Entgegenkommen bei meinen Nachforschungen in der dortigen Umgebung zu Dank verpflichtet.

schmalen grünen Säume selbst, im || polarisirten Licht homogen aussehend, zeigen zwischen  $\times$  Nicols undulöse Auslöschung und lösen sich mitunter in annähernd gleich orientirte Hornblendenädelchen auf.

Der bisweilen fast idiomorphe o-Pyroxen ist von sehr schön ausgeprägter feinstengelliger Struktur und fleckiger Pigmentirung. Einschlussfreie Stellen sind farblos bis blass bräunlichviolett ohne merklichen Pleochroismus. Andere Stellen — voll mikrolithischer Einschlüsse — zeigen die gleichen Farbentöne intensiver und zugleich deutliche Absorption, stärker ||  $c = c$ .

Mitunter durchqueren saussuritische Feldspathleistchen den Pyroxen und erinnern dann sehr an die analoge Erscheinung im Eklogit von Wölbattendorf. (Vgl. Fig. 9 u. Fig. 19).

Der o-Pyroxen zeigt eigentümliche grau- bis roth- oder braunviolette Interferenzfarben  $\perp a$ , normale  $\perp c$ .  $Ch_m$  —. Die Einschlüsse — feinste opake Körnchen und Nadelchen — sind || zu einer pinakoidalen Fläche angeordnet und bilden eine Art Sagenitznetz. Ausserdem finden sich im Pyroxen grosse, unregelmässig begrenzte Titaneisen-Körner; ||  $c$  wird eine feine Streifung auch dadurch bewirkt, dass in abwechselnden Lamellen oder Stengelchen die dilute Färbung fehlt. Der sehr spärlich vertretene kl-Pyroxen zeigt ähnliche Einschlüsse wie der rhombische. — Biotit ist, ähnlich wie im Martinsreuther Gestein, durchaus allotriomorph. Braune Hornblende, im allgemeinen nicht so reichlich vertreten, wie im Gabbro-Norit, zeigt sehr häufig Zwillingsbildung; Zw.-E. (110).  $c : e = 15^\circ$ .  $c = b$  hellbraun, Stich ins Röthlich-Violette,  $a$  fast farblos. Mit der Färbung scheinen Mikrolithe in Zusammenhang zu stehen, die sich optisch wie Rutil verhalten und meist winzigste Nadelchen bis zur äussersten Grenze der Erkennbarkeit vorstellen. Ausserdem finden sich etwas grössere rundliche Mikrolithe im braunen Amphibol, wahrscheinlich Titaneisenerz. Mitunter ist ein Individuum von o-Pyroxen ganz unregelmässig von gleich orientirten Körnern brauner Hornblende durchwachsen. Titaneisen, längliche Körner und Leistchen, auch Oktaeder, ist oft in feinste Körnchen zertheilt. Hie und da ist es mit Magnetkies durchwachsen.

Primärer Quarz, sehr scharf abgegrenzt gegen die übrigen Bestandtheile, bildet eine sehr spärliche Zwischenklemmungssubstanz.

#### Saussuritgabbro von der Wojaleithe bei Wurlitz.<sup>1)</sup>

Um der Smaragditfrage etwas näher zu treten, wurde ein Schriff aus einer sehr grobkörnigen Probe mit stark überwiegendem apfel- bis smaragdgrünen Diallag unter dem Mikroskop geprüft.

Bis 1 cm grosse Pyroxenstengel, annähernd gleich lang und breit, bilden mit unregelmässig begrenztem Saussurit ein grobes, durch Kataklyse stark beeinflusstes Aggregat.

Pyroxen, unter dem Mikroskop fast farblos, kaum pleochroitisch, bis höchstens blass bräunlich mit Stich ins Grünliche, trüb, vielfach mit huschender Auslöschung und sehr allgemein in zarte Stengelchen zerdrückt, durch Verbiegung, Knickung und Torsion verändert, zeigt einen  $\sphericalangle c : e = 44^\circ$ . Die Pyroxenleisten sind öfters gespickt mit Körnchen von Granat, Klinozoisit, Titanit. Zermalmte Saussuritpartien ohne deutlich erkennbare Bestandtheile sind in die Lücken zerdrückter Pyroxenkörner hineingepresst, ganz ähnlich wie im Wölbattendorfer Eklogit. Die Trübung wird meist hervorgerufen durch sehr zahlreiche, regellos vertheilte, winzige blassgelbe Körnchen von Rutil, welcher aber bei weitem nicht in so dichten Mikrolithenscharen auftritt, wie sie der „blauliche Staub“ vorstellt, der in den Pyroxenen der Eklogite von Wölbattendorf, Martinsreuth und vom Goldberg bei Markt Schorgast auffällt. Die diallagartigen Pyroxene der genannten Eklogitvorkommnisse, wie auch der von Saualp-, „Smaragdit“, zeigen sonst, besonders auf Stengelquerschnitten, eine überraschende Aehnlichkeit mit dem Diallag des Wurlitzer Saussurit-Gabbros.

<sup>1)</sup> C. W. GÜMBEL: Geogn. Beschr. d. Fichtelgeb. 153—4. 334.

P. MICHAEL: Ueber die Saussurit-Gabbros des Fichtelgebirges. N. Jahrb. f. Min. 1888. I. 32. Ferner: Litt. 103. 330.



Der Mangel an Amphibol in der vorliegenden Partie des Saussuritgabbros, abgesehen von den winzigen Aktinolithnadelchen im Saussurit, — im Zusammenhalt mit ähnlichen Wahrnehmungen in Eklogiten — bringt mich zu der Ueberzeugung, dass zeisig- bis smaragdgrüne Aggregate in derartigen Gesteinen ihre Färbung nicht einem Amphibol (Smaragdit), der ja allenfalls in geringen Mengen vorhanden sein, ebenso gut aber auch fehlen kann, sondern einem Pyroxen (Diallag, „Omphacit“) verdanken, der reich ist an Schwärmen von staubfeinen Rutilmikrolithen, die bei starker Vergrößerung häufig unzweideutig bestimmbar sind.

Die sehr stark dynamisch veränderten Diallage von Wurlitz erinnern nur entfernt an die gekräuselten Pyroxene („Pyroxènes vermiculisés“) der Eklogite, erscheinen vielmehr in feinkörnige Aggregate zerdrückt. Auch diese enthalten viele Rutilmikrolithe.

Der Saussurit, welcher kaum mehr die ursprüngliche Leistenform der Plagioklase erkennen lässt, besteht allgemein aus trüben Aggregaten äusserst kleiner Individuen. Er enthält stellenweise viel Granat neben strahlig gruppirten Nadelchen und kurzen Stengelchen (Amphibol und Zoisit  $\alpha$ ).

Der Granat<sup>1)</sup> ist unter dem Mikroskop fast farblos, bildet optisch isotrope, rissige Körnchen, die oft zu ansehnlichen, unregelmässig begrenzten Aggregaten gehäuft sind und als Einschlüsse Fragmente von Pyroxen und nicht näher bestimmbare Körner (Plagioklas?) von schwacher Licht- und Doppelbrechung enthalten.

Einzelne solcher Granatgebilde erinnern durch die Art und Anordnung kleiner Interpositionen sehr an grosse Granatkörner in Eklogiten.

Zahlreiche kleine Granatkörnchen finden sich || der ehemaligen Plagioklas-Lamellirung in den Saussurit eingelagert und klemmen sich besonders häufig zwischen den Rand von Diallag und den Saussurit ein. Die ganz blass grünliche Färbung der Granatkörner scheint mit einer fleckweise eingelagerten, staubfeinen opaken Mineralsubstanz in Zusammenhang zu stehen.

An manchen Stellen sind im Saussurit sehr kleine Prismen von Zoisit und Amphibol strahlig gruppirt um Zoisit  $\alpha$ -Stengelchen von anomalen Interferenzfarben (braun und blau).

Zirkonkörnchen, vom Rutil durch die Höhe der Doppelbrechung und die blassröthliche Farbe unterscheidbar, sind zahlreich vorhanden. Stellenweise findet sich auch Titanit, im Saussurit ferner sehr kleine, kurze Prismen Klinozoisit, schwach pleochroitisch, farblos zu blassgelb.

Ein nicht geringer Theil des Saussurites besteht aus wasserklaren Partien von schwacher Licht- und Doppelbrechung, die im || polarisirten Licht auch bei starker Vergrößerung homogen aussehen. Zwischen gekreuzten Nicols zeigt sich ein büschelig-strahliges Schüppchenaggregat, das sehr an Chlorit erinnert.  $Ch_z$  der leistenförmigen Elementargebilde  $\perp$ ,  $Ch_m$  —. Es handelt sich wohl um ein sehr blass gefärbtes, dem Pennin ähnliches Mineral. — Auch derartige Partien schliessen Granatkörnchen, sehr kleine Diallagfragmente, Körnchen von Zoisit  $\alpha$  und spärliche winzige Rutil ein.

Im Ganzen ist — nicht der Individuenzahl, wohl aber der Quantität nach — der Gehalt an Titanmineralien gering.

Als weiteres Material zum Studium der Smaragditfrage diene eine als „Smaragdit, Saualpe“ bezeichnete, dem Wurlitzer Diallag in der Farbe sehr ähnliche Probe aus der Hofer Realschulsammlung. Dieselbe erwies sich als ein durch Druck beeinflusster, mittel- bis grobkörniger Saussuritgabbro, bestehend aus grossen, meist zerdrückten und randlich zerkräuselten, farblosen Pyroxenkörnern, zusammengeknetet mit fast farblosem Amphibol und Aggregaten von Zoisitstengelchen.

An den Pyroxenen wurden  $\angle c:c$  bis  $44^\circ$  gemessen. Jene sind durchaus diallagähnlich, besonders im Verhalten der Spaltrisse, zeigen aber hinsichtlich der Einschlüsse und des Aussehens auf Querschnitten den Charakter der Eklogit-Pyroxene; sie enthalten nämlich einzelne goldgelbe Rutilkörner und stellenweise eine Anzahl staubfeiner Rutilmikrolithe. Die Zerkleinerung längs der durch Druck verursachten Sprünge ist sehr zierlich und durchaus der „Vermiculation“ des Eklogit-Pyroxens, z. B. desjenigen vom Weissenstein bei Stammbach ähnlich.

Die smaragditartige Hornblende, an Menge dem Pyroxen mindestens gleich, tritt in Körnern und Stengeln mit sehr scharfen Spaltrissen auf.  $c=b$  ganz blass bräunlich,  $a$  fast

<sup>1)</sup> Nach P. MICHAEL fast reines Ca-Al-Silikat (a. a. O.)

farblos;  $c:c$  bis  $28^\circ$  auf (010). Die Interferenzfarben sind etwas höher als beim Pyroxen. Grosse Körner Pyroxen und Amphibol durchwachsen sich gegenseitig unter spitzen Winkeln (ca.  $60^\circ$ ). Zoisitaggregate sind anscheinend Umwandlungsprodukte grosser Plagioklasleisten. In solchen „Pseudomorphosen“ liegen kleine quergegliederte Prismen von Zoisit  $\beta$  gleichsinnig orientirt, derart, dass man lebhaft an den zonaren Aufbau von Plagioklas erinnert wird.

Wo die Zoisit-Aggregate an Pyroxen und besonders an Hornblende grenzen, findet sich in den Lücken zwischen den hier grösseren Zoisitstengelchen zerfaserte Hornblende in eine matt bräunliche Substanz von schwacher Lichtbrechung, wahrscheinlich Chlorit, eingebettet.

**Saussuritgabbro vom Steinhügel bei Traindorf** (westlich von Markt Leugast) ist ein grobes Aggregat<sup>1)</sup> aus kurzen, bis 1 cm dicken Plagioklasstengeln und ähnlichen, durch Quetschung und Biegung beeinflussten Stengeln von schwärzlicher bis hell lauchgrüner Farbe. Das hellgrüne Saussuritaggregat geht in einer Probe abrupt in ein mittelkörniges, schwärzliches Amphibolgestein über, welches sehr unregelmässig von dünnen, schmutzigweissen Lagen durchzogen wird und hie und da braunrothe Granatkörnchen, sowie grössere von Karinthin umgebene, granatähnliche Körner enthält. Unter dem Mikroskop zeigt sich ein Aggregat meist sehr grosser Körner von Andesin, noch häufiger von sehr fein lamellirtem Oligoklas-Andesin, nicht oder nur sehr wenig verbogen, wohl aber an vielen Stellen zerdrückt (mit Calcitauseilung). Zum grösseren Theil sind die Plagioklas erfüllt von Schaaren der Zwillingslamellirung entsprechend orientirter, blasser, karinthinähnlicher Hornblendekörnchen ( $c:c$   $13^\circ$ ). Der gleiche Amphibol findet sich auch in Form einzelner grösserer, hypidiomorpher Körner von unregelmässiger Einlagerung.

Calcitkörnchen trifft man in allgemeiner Verbreitung. Der Plagioklas ist stellenweise mit „Quartz vermiculé“ mikropertithisch verwachsen. Ausserdem zeigen sich wenig umfangreiche Aggregate kataklastischer Quarzkörner. Der gabbroartige Theil des Gesteins ist erzfrei; nur hie und da finden sich einzelne winzige Titanitkrümel. Anhäufungen von letzteren vermitteln den Uebergang zu dem granatführenden Amphibolit.

Ein solches titanerzreiches Hornblendegestein zeigt eine Art von grober Flaserstruktur. Die grossentheils recht kräftig gefärbten Amphibolstengelchen winden sich bei ungefähr gleichsinniger Lagerung um dichte Anhäufungen, die in ihren Umrissen, besonders aber durch ihre Karinthinsäume, makroskopisch an 2–3 mm grosse, verblasste Granatkörner erinnern, aber eine sehr bunte Zusammensetzung aufweisen.

Die „Flaserung“ wird mit bedingt durch den Verlauf feinkörniger Quarzaggregate, in welche die Hornblende eingebettet ist. Karinthin findet sich um die granatähnlichen Haufwerke — die nicht bestimmt als Pseudomorphosen anzusehen sind, wohl aber den Granat ersetzen — in ganz unregelmässiger Anordnung. Der Inhalt einer solchen granatähnlichen Anhäufung wird gebildet durch Körner und Krümel von Karinthin, meist schwach pleochroitische Epidotkörner, Klinozoisit, oft verwilligt, in Körnern und wirren Stäbchenaggregaten, dazwischen mitunter ein Granatkorn, sodann Körner und Stengelchen von Zoisit  $\beta$ , Titaneisen (zuweilen mit Klinozoisiteinschluss) und Rutil, spärlich Quarz. Reihen von Rutilkörnern und damit verbundenem Titaneisen ziehen ungestört durch grössere Karinthingebilde und umgeben in der Regel netzartig die granatkornähnlichen Concretionen. Der meist schwach pleochroitische Rutil ist bei gleichzeitigem Zurücktreten des Titaneisens oft von ansehnlichen Titanitsäumen umgeben. — Quarz bildet mit Plagioklas den „Fond“, in welchem Hornblende, Gruppen rundlicher Körner von Zoisit  $\beta$ , Klinozoisitkrystalle, Epidot und mitunter farbloser Glimmer liegen.

In wieweit der Quarz dem ursprünglichen Gestein eigen oder als injicirt anzusehen ist, entzieht sich der direkten sicheren Wahrnehmung. Jedenfalls besteht eine Aehnlichkeit der eben beschriebenen Partie des Gesteins mit veränderten „Dioriten“ bzw. quarzhaltigen Gabbros.

Grosses Interesse beanspruchen einige Gabbrogesteine aus der Gneisspartie zwischen Neustadt a. W.-N. und Windisch-Eschenbach in der Oberpfalz.

Granathaltiger Hornblendegabbro von einer Anhöhe östlich von der Strasse von Windisch-Eschenbach nach Püllenreuth (Eklogit der GÜMBEL'schen Karte), ein mittelkörniges, schwarzes Gestein, zeigt unter dem Mikroskop richtungslose Struktur, intensive Kataklase und chemische Veränderung, Modifikationen, die in erster Linie den Plagioklas betreffen. Weitaus vorherrschende Hornblende — ganz unregelmässig begrenzte Körner, selten bis 2 mm — ist || a blass gelbbraunlich, || b verschieden intensiv, etwas fleckig sepia Braun, || c bräunlich oliv, fleckig; an den Rändern und längs Sprüngen geht die Farbe in das Grün des Karinthins

<sup>1)</sup> Vgl. H. ROSENBSCH [103. 334].



über. Sehr häufig finden sich pleochroitische Höfe um farblose Körnchen in Hornblende.  $c:c=15^\circ$ . Die braune Hornblende ist meist kataklastisch, an vielen Stellen fein zerrieben. Sehr häufig schliesst sie rundliche Titanitkörner ein, die augenscheinlich aus Titaneisen hervorgegangen sind, von welchem Körner und zerstäubte Reste noch ziemlich reichlich angetroffen werden; auch enthält sie viele Magnetkieskörnchen. Braune Hornblende ist stellenweise mit Plagioklas mikropegmatitisch verwachsen.

Aggregate aus Plagioklaskörnchen — an Menge weit geringer als die Hornblende — treten zum Theil in unregelmässigen, streifenförmigen Partien auf, derart, als ob grössere Plagioklasleisten völlig zerdrückt und grösstentheils chemisch umgewandelt worden seien. Einzelne trübe, an Zersetzungsprodukten reiche Körner zeigen noch die Merkmale von Labrador; die meisten der kleinen, wirr durcheinander liegenden Individuen sehen aber frisch aus und gehören saureren Feldspathen an.

Auffällig ist ein mehrere Millimeter langer, schmaler Streifen aus dicht ineinander gekeilten kleinen kl-Pyroxenkörnern. Dieselben sind ganz unregelmässig begrenzt und enthalten Titaneisen in Körnerform und staubfein zertheilt, auch geringe Mengen feinsten Rutilmikrolithe. Die Merkmale des unter dem Mikroskop farblosen Pyroxens sind im Allgemeinen die eines schwach gefärbten Eklogit-Pyroxens.  $c:c=44^\circ$ ; Absonderung nach (100) sehr deutlich ausgeprägt.

Hie und da tritt Granat in Plagioklas als Neubildung auf. An einer Stelle findet sich eine Gruppe bis 1 mm grosser Granatkörner, in deren Bereich die Hornblende in Karinthin umgewandelt ist. Diese Partie gewährt — besonders durch die Art der Verwachsung des Karinthins mit Feldspath — dasselbe Bild, das man so häufig in jenen Amphiboliten trifft, die den Eklogit allgemein als äussere Zone einschliessen. Der rissige Granat schliesst Karinthin, Rutilmikrolithe und Plagioklas ein. — An stark veränderten Stellen findet sich spärlich Klinozoisit als Neubildung. Alles deutet auf ziemlich weit vorgeschrittene Metasomatose des Hornblendegabbros hin, der in seiner jetzigen Beschaffenheit einen Uebergang zu Granatamphibolit darstellt.

Granatreicher Hornblendegabbro mit Feldspathintrusion von Steinreuth bei Windisch-Eschenbach, Oberpfalz.<sup>1)</sup> Aeusserlich dem vorigen Gestein recht ähnlich, mittel- bis grobkörnig, schwarz, enthält dieser Gabbro sehr viele rothbraune Granatdodekaeder von durchschnittlich 1 mm Durchmesser. Eine mehrere Millimeter starke Injection von albitischem Habitus besteht aus Albit.

Die ziemlich grosskörnige Hornblende ist || c düster grünlichbraun, b düster braun, a hell gelblich braun.  $c:c=24\frac{1}{2}^\circ$ . Sie schliesst Titanit und spärlichen Orthit ein. Da, wo der intrusive Plagioklas angrenzt, ist die braune Hornblende terminal ohne Aenderung der Auslöschungsschiefe in fast farblosen Amphibol umgewandelt. — Albit bildet in grossen allotriomorphen Körnern mit feiner Zwillingstreifung und meist gleichsinnig orientirten trübenden Partikeln eine bis 5 mm breite Intrusion; er ist öfters verbogen und schliesst Hornblende, Eisenerzleisten und Titanit, sowie grosse Granate ein. Der vom Albit vollständig umschlossene Granat bildet kompakte Krystalle und Perimorphosen, welche Albit, sehr kräftig pleochroitische Hornblende und Titaneisen einschliessen. — Die in Lücken des im Gabbro vorherrschenden Hornblende-Aggregates enthaltenen Granate haben um sich Zonen aus albitähnlichem Plagioklas und wenig Quarz. Zwischen der Hornblende des Gabbros ist öfters Plagioklas anzutreffen, der meist mit Zersetzungsprodukten, besonders auch Granat, erfüllt und deshalb in der Regel nicht sicher zu bestimmen ist. Einzelne klare Körner — offenbar Neubildung — gehören zum Albit bzw. Albit-Oligoklas. Auch hier hat sich anscheinend der Granat vor der Verfestigung des Plagioklases<sup>2)</sup> ausgeschieden und enthält Quarz, Rutilmikrolithe und Schwärme von Titanitkörnchen, die mitunter Rutil einschliessen. Zwischen benachbarten dodekaederähnlichen Granatkörnern, die bis 2 mm gross werden und in diesem Fall aus kleineren rutil- und titanithaltigen Körnern und Dodekaedern zusammengefügt sind, finden sich häufig Plagioklas und Hornblende eingeklemmt. Im Granatbereich — besonders innerhalb der grösseren Granatkörner — trifft man hie und da Biotit, zum Theil in Chlorit umgewandelt. Solche complicirtere Granatgebilde, sehr ähnlich denen in eklogitartigen Gesteinen, enthalten ausserdem noch frische Albitkörner, trüben Plagioklas, Titaneisen, Titanit, Hornblende.

<sup>1)</sup> Hohlweg zwischen Lenkermühle und Steinreuth. [Eklogit der GÜMBEL'schen Karte.] [Litt. 42.]

<sup>2)</sup> sc. des neugebildeten Plagioklases.

Das fast glanzlose Titaneisen tritt öfters in Skeletten auf. Quarz findet sich nur vereinzelt zwischen Albit eingeklemmt. Innerhalb des Albittrums fällt eine Gruppe farbloser Prismen und Körner eines anscheinend rhombischen Minerals auf. Die Lichtbrechung ist etwa die eines Amphibols,  $\gamma - \alpha = \text{ca. } 0,026$ .  $\text{Ch}_z -$ ,  $\text{Ch}_m +$ ;  $c = c$ . Gut ausgeprägt ist eine ungefähr rechtwinklige Spaltbarkeit. Die Auslöschung erfolgt ziemlich genau  $\parallel$  der Prismenkante. Gruppen von Körnern und meist kurzen Stengelchen dieses Minerals fanden sich, begleitet von vereinzelt Quarzkörnern, zwischen Hornblende und Albit eingeschlossen. Es scheint sich um Prehnit zu handeln.

#### IV. Dioritähnliche Gesteine.

Von den untersuchten granathaltigen Hornblendegesteinen zeigten sowohl einige aus dem Münchberger Gneissgebiete, wie auch etliche aus der Gegend von Neustadt a. W.N. in der Oberpfalz Eigenthümlichkeiten, die auf nahe Beziehungen zu Dioriten schliessen lassen.<sup>1)</sup>

Granathaltiges Hornblendegestein von Gottmannsberg, aus den an das Strässchen nach Gefrees angrenzenden Feldern, ist richtungslos struirt, mittel- bis grobkörnig, meist von kataklastischer Beschaffenheit. Dasselbe ist von Quarz-injectionen durchdrungen, die von saussuritähnlichen Aggregaten begleitet sind. Der Mineralbestand ist im Uebrigen folgender: Klinozoisit, Zoisit  $\alpha$ , Chlorit, Titaneisen, Titanit, Magnetkies, Spuren von Rutil und Plagioklas. Die meist in durchschnittlich 1 mm grossen Körnern auftretende Hornblende ist durch fein zertheiltes Titaneisen reichlich erfüllt, dem sich nur ganz spärlich Rutil beigesellt. Die dilute Färbung wird durch Titan stark beeinflusst.  $c$  blaugrün an einschlussfreien Stellen, bräunlich-oliv da, wo Titanerz reichlich eingeschlossen ist,  $b$  blassgrün mit Stich ins Bräunliche, sonst hellbraun,  $a$  blass bräunlich. In grossen Hornblendekörnern zeigen sich öfters neben schlanken Titaneisenleisten scharf begrenzte Schaaren schwarzer Mikrolithe von ähnlichen Umrissen wie das Titaneisen. Der ziemlich reichliche Granat, unter dem Mikroskop ganz blass röthlich, annähernd dodekaedrisch, bildet bis mehrere Millimeter grosse Individuen, welche reich an Einschlüssen und mit grüner und brauner Hornblende, sowie Chlorit durchhäutert sind. Um den Granat herum finden sich beträchtliche Anhäufungen sehr kleiner Zoisitstengelchen im Zusammenhang mit kleinen Quarz-lacunen, die den Granat gewöhnlich begleiten. Dieser enthält zahllose Titaneisenkrümel mit schwachem Metallglanz und bläulichgrauem Reflex, sowie ungemein viel Titanit. Der Quarz, grossentheils injicirt, besteht aus klaren Körnern und ist in seinem ganzen Bereich begleitet von feinkörnigen Saussuritaggregaten, die im Allgemeinen reich sind an Klinozoisit und Zoisit, die sich aber auch da, wo letztere fast fehlen, vom Quarz durch andere Licht- und Doppelbrechung deutlich unterscheiden. Mitunter lassen sich zwischen Klinozoisiten und Zoisiten Spuren von Plagioklas erkennen. Im injicirten Quarz schwimmen Hornblendefragmente und Zoisitsäulchen. Klinozoisit, mitunter auch Epidot, und Zoisit erscheinen öfters gegen die Hornblende hin zurückgedrängt und an deren Rand angehäuft. Titanitkörner von ziemlicher Grösse und blassbräunlicher Farbe finden sich reichlich, Magnetkies nur in geringer Menge.

Das Gestein erinnert an den Hornblendegabbro von Windisch-Eschenbach.<sup>2)</sup> Durch den nicht unerheblichen Gehalt an anscheinend primärem Quarz nähert es sich mehr einem Diorit mit fast vollständig saussuritisirtem Feldspath. Zahlreiche Neubildungen — vor allem Granat — zeigen, dass das Gestein bei Gelegenheit saurer Injectionen chemisch stark modificirt worden ist.

Im Uebrigen bildet das Gestein einen Uebergang von den verhältnismässig wenig veränderten Tiefengesteinen zu den in einem späteren Abschnitt beschriebenen eklogitähnlichen Feldspath-Zoisit-Amphiboliten des Gebietes.

Granathaltiger Diorit von Neustadt a. W.N. in der Oberpfalz. (Ost-Abhang des Calvarienberges.) Das mittelkörnige Gestein ist richtungslos struirt und besteht aus Plagioklas, Orthoklas, brauner Hornblende, Granat, Quarz, Titanmagnetit, Rutil, Apatit und sehr spärlichem Biotit. Es stellt einen Uebergang zu Granat-Oligoklas-Amphibolit dar.

<sup>1)</sup> Vgl. Litt. 103, 300.

<sup>2)</sup> Vgl. auch A. MICHEL-LÉVY: Note sur la prolongation vers le Sud de la Chaîne des Aiguilles rouges etc. Bull. Serv. Carte géol. France 1891/2. 3. 436 ff.



Oligoklas-Andesin und Andesin, vereinzelt auch Labrador, bilden Körner und kurze Leisten und sind vielfach durch Zersetzungsprodukte getrübt. Die Granatbildung beginnt allgemein im Plagioklas, ausnahmsweise in Hornblende. Die blässröthlichen Granate erinnern durch die Art ihres Auftretens lebhaft an das analoge Vorkommen im Saussuritgabbro von Wurlitz. Sie bilden sich im Plagioklas ganz frei als unregelmässige Körnchen oder Randleisten kleiner unvollkommener Dodekaeder. Oft gruppieren sie sich um Titaneisen und enthalten mitunter Einschlüsse von Hornblende oder Titaneisen. In Berührung mit Quarz nehmen sie Krystallbegrenzung an. — Orthoklas bildet nicht reichlich trübe Körner. In sehr losem Zusammenhang stehen unter einander bis 1,5 mm grosse Körner und Stengel bräunlicher Hornblende.  $c:c 17^\circ$ .  $c$  blass-bräunlich,  $Stich$  ins Graugrüne,  $b$  bräunlich-oliv,  $a$  blass gelblichbraun. Hie und da enthält dieselbe staubfein zertheilten Rutil in einer gewissen Regelmässigkeit angeordnet, die an die Interpositionen in den Pyroxenen der Gabbroerite erinnert. — Zwischen den Plagioklaskörnern, welche dem lockeren Hornblendeaggregate eingelagert sind, liegt hie und da ein Quarzkorn, meist kataklastisch, selten mit Hornblendeinchluss. Titanmagnetit bildet durchweg sehr frische, selten annähernd oktaedrisch begrenzte Körner, bisweilen mit Plagioklas- und Hornblende-fragmenten als Einschluss.

[Etwas weiter nach Norden steht am Fusse des schroffen Steilhanges des Calvarienberges Granitgneiss von frischester Beschaffenheit und fast rein weisser Farbe an.]

Diorit von Windischeschenbach (Hohlweg Lenkermühl—Steinreuth, Eklogit der GÜMBELschen Karte).

Das sehr gleichmässig mittel- bis feinkörnige, schwärzlichgraue Gestein enthält Hornblende, Quarz, Plagioklas, Titaneisen, Titanit, Rutil. Die Hornblende, durchschnittlich 1 mm gross, hypidiomorph, ist karinthinähnlich,  $c$  tief blaugrün,  $b$  bräunlich graugrün,  $a$  bräunlich grün,  $c:c 24^\circ$ ; mitunter etwas fleckig pigmentirt, alsdann mit einem Stich ins Bräunliche. Hie und da finden sich um farblose Körnchen pleochroitische Höfe. Sie schliesst fast nur spärliche Titanitkörner ein und stellt ein zusammenhängendes, ziemlich dichtes Aggregat dar, in dessen Lücken die übrigen Bestandtheile sich einfügen. Quarzkörner, sehr selten über 0,5 mm gross, bilden kleine Aggregate bis 2 mm Durchmesser. Der Quarz ist frisch und nicht durch Druck beeinflusst, auch da, wo die Umgebung in feine Körnchen zerdrückt erscheint. Plagioklas, soweit noch erkennbar, bildet in mässiger Menge kleine allotriomorphe Körner, bis höchstens 1 mm gross. Die wenigen einigermaßen frischen Körner zeigen Lamellirung und Gitterstruktur, Auslöschungswinkel  $\perp a 55^\circ$ ,  $\perp c$  bis  $37^\circ$ ; demnach dem Bytownit nahe. Der meiste Plagioklas ist mit glimmerartigen Zersetzungsprodukten, ferner mit Amphibolnadeln und Fragmenten grüner Hornblende, besonders aber mit Titanitkörnern erfüllt.

Zahlreiche Körner und Stengelchen Titaneisen, mitunter etwas skelettartig, bis höchstens 0,5 mm lang, finden sich in Hornblende, Plagioklas und Quarz. Ziemlich viele rundliche Titanitkörner, bis  $\frac{1}{3}$  mm gross, auch rundliche Aggregate davon, hängen mit Titaneisen oft zusammen, mitunter auch mit sehr spärlichen Rutilkörnern. Titanit und Rutil liegen in Hornblende und Feldspath, fast nie im Quarz.

Ophitischer Quarz-Glimmer-Diorit<sup>1)</sup> von Gottmannsberg, am Rande des Strässchens nach Gefrees, ist mittelkörnig und besteht aus Plagioklas, Biotit, Quarz, monoklinem Pyroxen, Hornblende und Orthoklas; dazu kommen untergeordnet Titanmagnetit, Titanit, Chlorit, Zoisit, Apatit, Granat. Makroskopisch treten nur Plagioklas, Biotit und Quarz deutlich hervor. Labrador, weniger häufig durch Oligoklas vertreten, bildet bis 4 mm lange Leisten, ist meist sehr frisch und schliesst öfters  $\parallel$  seiner Lamellirung oder  $\perp$  dazu eingelagerte Biotit-schüppchen ein. Wo Plagioklas den Biotit berührt, stellen sich zahlreiche Zoisitkörner, seltener Spuren von Granat ein. Biotit, älter als Plagioklas, bildet bis 1 mm grosse Blättchen;  $c=b$  fleckig pigmentirt, tief kastanienbraun bis schwarzbraun unter Erhöhung der Doppelbrechung,  $a$  ganz blass gelbbraun. Ein kleiner Theil davon ist in schwach pleochroitischen Chlorit (Pennin) umgewandelt, zum Theil damit  $\parallel$  verwachsen. Primärer Quarz in grossen kataklastischen Körnern und Aggregaten ist gegen Biotit etc. scharf abgegrenzt. Hornblende,  $c:c 15^\circ$ ,  $c$  schmutzigrün,  $b$  fleckig düsterbraun,  $a$  fast farblos, bildet mit Biotit vermengt grünliche Aggregate und ist oft mit Biotit  $\parallel$  verwachsen. Sie wird öfters von Titanit begleitet und bildet um denselben pleochroitische Höfe. Mitunter schliesst sie Zoisit ein. — Der kl-Pyroxen, nicht sehr reichlich in Form blass bräunlicher Körnchen, kaum pleochroitisch,  $c:c 43^\circ$ , nach Spaltbarkeit und

<sup>1)</sup> A. LAUROUX: Le granite des Pyrénées etc. I. Bull. Serv. Carte Géol. France. 1898/99. 10. Tfl. II, Fig. 1.



pinakoidaler Absonderung dem Pyroxen der Eklogite sehr ähnlich, geht vielfach in Hornblende über. Grosse Orthoklaskörner enthalten oft farblosen und dunklen Glimmer. Bisweilen ist ein Orthoklaskern von verschiedenartigen Plagioklaszonen umgeben. Titanmagnetit ist in Form von Skeletten, Körnchen und Oktaedern allgemein verbreitet. Häufig hat er einen feinen Titanitsaum, selten geht er in dunkelbraunen Rutil über. Titanit, ziemlich reichlich vertreten in mitunter keilförmigen Körnern, zeigt bisweilen Lamellirung (Gleitung) und ist öfters in engem Zusammenhang mit Biotit anzutreffen. Apatit findet sich ab und zu in Quarz und Plagioklas.<sup>1)</sup>

**Anhang.** Herr Oberbergrath Prof. Dr. L. von AMMON hatte die Güte, mir während der Drucklegung dieser Arbeit einen Schriff zur Verfügung zu stellen, dessen Beschreibung ich nachstehend bringe, da sich darin interessante Analogien zu fichtelgebirgischen gabbroiden Gesteinen zeigen.

Das Handstück, aus welchem der Schriff stammt, wurde im Flussbette des Pindi am Weg von Bafilo nach Semere im N.O. des Togogebietes gefunden<sup>2)</sup> und von C. W. v. GÜMBEL als „mittelkörniger, undeutlich geschichteter Gneiss mit schwarzem Glimmer und Hornblende, Hornblendegneiss,“ bezeichnet.

Der Schriff zeigt richtungslos körnige Struktur und ziemlich stark kataklastische Beschaffenheit der Gemengtheile. Letztere sind: Plagioklas, braune Hornblende, Omphacit, Hypersthen, grüner Amphibol, Orthoklas, Quarz, Granat, Biotit, Titaneisen, Rutil, Spuren von Zoisit und Apatit.

Plagioklas, als weit vorwiegender Gemengtheil, bildet ein Aggregat durchschnittlich 1 mm grosser, meist allotriomorpher, lamellirter Körner, häufig mit Gitterstruktur. Viele davon stehen dem Labrador nahe (Ausl.  $\underline{1}$  a 62 $\frac{1}{2}$ °), einzelne nicht lamellirte nähern sich dem Bytownit (Ausl.  $\underline{1}$  c 39°), manche gehören zum Oligoklas. Eine Anzahl stark kataklastischer Feldspathindividuen, ohne Lamellirung, Achsenebene || den scharfen Spaltrissen, dürften Orthoklas sein. Im Plagioklas beginnt die Granatbildung. Sämmtlicher Amphibol ist anscheinend aus Pyroxen hervorgegangen; er findet sich durchweg in allotriomorphen Körnern. Braune Hornblende trifft man stets im Bereiche von Titaneisen; anscheinend verdankt sie ihre bräunlichen Farbentöne einem Ti-gehalt. Der etwas variable Pleochroismus ist folgender: c grünlichbraun (oliv), b düster grünlich graubraun, a ganz blass gelblich, oft mit Stich ins Grüne. Karinthin tritt da als Umwandlungsprodukt der Pyroxene auf, wo kein Titaneisen angrenzt. c tief grünlichblau, b grünlich graubraun, a blassgrünlich. c:e = 18°.

Pyroxene sind sehr häufig von Karinthin umsäumt; zwischen dem Pyroxenkern und dem mehr oder weniger zusammenhängenden Karinthinsaum findet sich häufig eine Zone wurmähnlich gekräuselten (vermiculisirten) Karinthins. Der Omphacit, dem entsprechenden Gemengtheil der Eklogite durchaus ähnlich, bildet bis mehrere Millimeter grosse Körner und Stengel; unter dem Mikroskop erscheint er blass blaugrün, kaum pleochroitisch. c:e bis 44°. Bisweilen ist er mit Hypersthen || verwachsen. Dieser bildet meist Körner, oft auch Stengel, und ist im kl. Pyroxen mitunter fleckenweise vertheilt. Er schliesst Erzkörner ein; die regelmässig gelagerten mikrolithischen Interpositionen der Gabbropyroxene fehlen durchaus. Die Auslöschung ist im Allgemeinen || den prismatischen Spaltrissen, nur hie und da durch Torsion der Stengel scheinbar etwas schiefwinkelig. Die feinstengelige Struktur der o-Pyroxene ist ziemlich versteckt. c blass bläulichgrün, b röthlichgelb, a rosenroth.

Quarz findet sich zwischen den Plagioklaskörnern, besonders in stark veränderten Partien. Granat bildet an einer Stelle ein 6 mm grosses Körneraggregat, untermengt mit Pyroxen, Amphibol und vor Allem Biotit. Einzelne Granatkörner treten im Plagioklas auf. In der Umgebung des Granates ist dem Körneraggregat saurer Plagioklase viel Quarz beigemengt. Biotit, anscheinend streng einachsigt, enthält öfter Titaneisenkörner, besonders, wenn er in grösseren Blättchen auftritt. Schmale Blättchen davon finden sich an stärkst veränderten Stellen, vor Allem im Granatbereich. Er macht durchweg den Eindruck eines Umwandlungsproduktes der Hornblende. a blassbräunlich, c = b schwarzbraun. Im Biotit und auch sonst in intensiv umgewandelten Partien finden sich mitunter Körner und Krystalle gelbbraunen Rutils. Apatit und Zoisit trifft man nur in Spuren. Es liegt demnach ein ziemlich weitgehend veränderter Hypersthen-Gabbro vor.

<sup>1)</sup> Es liegt nahe, die eben beschriebenen dioritähnlichen Gesteine als Grenzfacies von Gabbros aufzufassen, welche unter dem Einflusse des Granites mehr oder weniger modificirt worden sind.

<sup>2)</sup> Lieutenant Freiherr von SEEFRIED: Beitrag zur Geologie des Schutzgebietes Togo. Mittheilungen von Forschungsreisenden und Gelehrten aus den deutschen Schutzgebieten. Wissenschaftliche Beihefte zum Deutschen Kolonialblatt. Berlin 1898. 11. 4. Heft. 233.



## B. Hornblendegesteine und Eklogite.

### 1. Allgemeine mineralogische Beschaffenheit.

#### Granat

ist nicht allzu häufig der überwiegende Gemengtheil der oberfränkischen Eklogite und verwandten Amphibolite, noch seltener aber tritt er gegen die einzelnen der begleitenden Mineralien quantitativ erheblich zurück. Seine Bedeutung für den Habitus und die Genesis der genannten Gesteine gibt Anlass, ihm bei der Beschreibung der in Betracht kommenden Hauptbestandtheile den Vorrang einzuräumen.

Makroskopisch erscheinen die Granate in allen Uebergängen von zartem Rosenroth oder Fleischfarbe zu kräftig braunrother, selten violettrother Färbung. Unter dem Mikroskop sind sie meist ganz blass röthlich bis farblos; eine nicht häufige grössere Farbenintensität — mit Neigung zu bräunlichen Farbentönen — ist mitunter die Begleiterscheinung von Zersetzungs Vorgängen, besonders in stark mit Quarz injicirten Eklogiten. Stets ist der Granat isotrop. Als grosse Seltenheit weisen die Granate im Silberbacher Eklogit milchstrassenähnlich verlaufende breite Streifen mit scheinbarer optischer Anomalie auf, die sich aber bei starker Vergrösserung theilweise in Züge winzigster Interpositionen von schwacher Doppelbrechung auflösen.

Die Grösse der Granate hat nach unten keine andere Grenze, als die Erkennbarkeit bei stärkster Vergrösserung; das andere Extrem bilden in dem vorliegenden Material mehr oder weniger isometrische Gebilde von etwa 10 mm Durchmesser. Doch sind bekanntlich in Sammlungen nicht selten fichtelgebirgische Eklogite mit viel grösseren Individuen anzutreffen. Am verbreitetsten sind Eklogite mit durchschnittlich 2—3 mm grossen Granaten, deren Durchmesser oft in ganzen Serien von Proben aus der gleichen Lokalität nur geringen Schwankungen unterworfen ist — z. B. bei denen von Fattigau. Selbstverständlich haben ausser den chemischen die Druck- und Bewegungsverhältnisse während und nach der endgiltigen Verfestigung die grösste Ungleichheit der Granatdimensionen — oft auf engem Raum — bewirkt.

Die Granate sind meistens isometrische Körner, sehr oft mit Annäherung an die ausschliesslich beobachtete dodekaedrische Krystallform. Gewöhnlich finden sich Körner und Krystalle in einem Schliff beisammen. Sehr scharf abgegrenzte Krystalle in den Eklogiten z. B. von Wölbattendorf und von Silberbach lösen sich ungemein leicht aus ihrem Verband.

Während viele Granate durchaus intakte, geschlossene Formen aufweisen, erscheinen andere korrodirt oder stellenweise resorbirt, oder zeigen tief eingreifende Buchten, erfüllt mit Gesteinsmaterial, das noch Beweglichkeit besass, als der Granat schon der Hauptsache nach ausgeschieden war.

Perimorphosen, oft von ausgezeichneter Schönheit, finden sich als Produkte gestörter Krystallbildung in einigen eklogitartigen Gesteinen mit auffälliger Differenzirung in eine feinkörnige Grundmasse und grosse Granatgebilde. Wenig veränderte Fragmente, Bestandtheile des ursprünglichen Gesteins, wurden von dem sich ausscheidenden Granat eingeschlossen und fanden dadurch einen Schutz gegen nachfolgende Prozesse, welche auf die ausserhalb solcher Perimorphosen befindlichen Materialien stark verändernd eingewirkt haben.

In eklogitähnlichen Gesteinen vom Schaumberg bei Oberkotzau haben die Perimorphosen bis 5 mm Durchmesser bei 0.1—0.3 mm Wandstärke. Die Wandung enthält gewöhnlich fast keine Einschlüsse, ausser etwa Spuren von Rutil. Den Inhalt bilden grosse Individuen farblosen, einachsigen Glimmers, ferner von Quarz, karinthinähnlichem Amphibol mit Rutil Einschlüssen, Plagioklas, Magnetkies und Titaneisen; dazwischen liegen rutilreiche Granatkörnchen, mitunter von Hornblende umschlossen, ferner kleine Partikel von Biotit und Zoisit. Letzterer schliesst hin und wieder Granat- und Rutil-Mikrolithe ein. Mitunter trennt eine dünne Zone aus diesen Mineralien die fast einschlussfreie Granatwandung von einem an Einschlüssen, besonders an Rutil, weniger an Quarz, reichen Granatkern, so dass letzterer gewissermassen auch zu dem centralen Aggregat derartiger Perimorphosen gerechnet werden kann. — Lose Granatkörner und Pyroxen finden sich in sonst ganz ähnlichen Gebilden in den Eklogitgrenzformen



aus dem Aufschluss im Hohlweg Wustuben—Eppenreuth. Bis 5 mm grosse Perimorphosen in Eklogiten vom Goldberg bei Marktschorgast repräsentiren die gleiche Paragenesis, wie die vom Schaumberg und von Wustuben, nur löst sich bei ihnen die Granatwandung in ganz locker aneinander gereihte oder || mit einander verwachsene rissige Körner und Dodekaeder auf.

Die Granateinfassung erinnert in solchen Fällen, wo vorwiegend Glimmer eingeschlossen wird, an die Granatkörner-Säume um Titanerz einschliessenden Biotit im Martinsreuther Gabbro-Norit. Die Hornblende in den Perimorphosen zeigt gern bräunliche Töne: c blass grünlich-braun, b licht braun, a farblos.  $c:c=20^{\circ}$ . Der farblose Glimmer ist in den Perimorphosen — wie auch sonst gewöhnlich — von Biotitläppchen umgeben oder mit Biotit || durchwachsen. Wo Pyroxen an Glimmer angrenzt oder in demselben eingeschlossen ist, zeigt ersterer an der Berührungsstelle Zerfaserung, und auch der Glimmer ist daselbst aufgekräuselt und mit Biotitläppchen durchwachsen.

Vergleicht man mit dem Aufbau der Perimorphosen die Beschaffenheit vieler grosser Granatkörner oder dodekaederähnlicher Gebilde in den Eklogiten und verwandten Amphiboliten der verschiedensten Lokalitäten, so gelangt man häufig zu dem Eindruck, dass viele Granate, streng genommen, nicht Individuen, sondern mehr oder weniger dichtgedrängte bis innig verschmolzene Aggregate darstellen. Zur allgemeinen Charakteristik derartiger Gebilde kann gesagt werden, dass in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine nahezu oder ganz einschlussfreie Randzone sich scharf abhebt gegen ein complicirtes centrales Aggregat. Erstere erscheint oft aus dichtgedrängten Körnern zusammengesetzt oder stellt Platten oder Leisten dar. Dieselben sind mitunter scharf von Mikrolithenstreifen durchsetzt. Das centrale Aggregat besteht aus einschlussfreien bis einschlussreichen Granatkörnern, innig gemengt und durchwachsen mit denselben Mineralien, welche den Inhalt der Perimorphosen bilden, ausserdem mit Neubildungen, jüngeren Produkten, wie Klinozoisit, Epidot, Chlorit, Karinthin. Es ist nicht immer leicht, einschlussreiche Granatindividuen von derartigen Komplexen zu unterscheiden. Beide Extreme scheinen durch Uebergänge verbunden zu sein.

Mitunter ist ein excentrisches Wachsthum des Granates zu konstatiren, z. B. derart, dass einschlussfreie, excentrische Kerne von der einschlussfreien Randzone durch einschlussreiche Partien getrennt sind. — Die Abgrenzung des centralen Theils vom peripherischen geschieht öfters, in ähnlicher Weise wie bei den Perimorphosen vom Schaumberg, durch eine dünne Quarz- oder Amphibolzone. Die Beimengungen zum Granat in centralen Aggregaten bezw. die Einschlüsse in den analogen inneren Partien unzweifelhafter Individuen sind mitunter dieselben, wie man sie in sogenanntem Saussurit beisammen findet, vor Allem Strahlstein oder Karinthin, Zoisite, Plagioklas, ausserdem häufig Quarz, Pyroxen, Disthen, einachsiger farbloser Glimmer und Biotit, vom Glimmer bis 0,5 mm grosse Schuppen, ferner dunkler Rutil, Titanerz. Die meist sehr kleinen Plagioklaskörner, gewöhnlich lamellirt, selten gegittert, sind hie und da Albit; in einem typischen Eklogit aus der Gegend von Wustuben enthält Granat bis 0,5 mm grosse Körner, deren optische Merkmale auf Oligoklas deuten; in einem eklogitähnlichen Amphibolit vom Hohlweg Unterpferdt-Silberbach zeigen Plagioklaskörner am und im Granat die Charaktere von Labrador-Bytownit. — Sehr einschlussreiche Stellen im Innern von grossen Granatkörnern sind mitunter von feinstengeligen Saussuritaggregaten nicht zu unterscheiden. — Rutilkörner und Rutilmikrolithe finden sich in der Regel ausserhalb solcher saussuritischer Gemenge im reinen Granat als echte Einschlüsse. — Hornblende in Granat enthält nicht selten Orthit mit pleochroitischem Hof. Quarzlacunen machen meist den Eindruck von Injectionen in Lücken des verfestigten Granats und enthalten Zoisit, Hornblende-fragmente u. dgl. Davon unterscheiden sich deutlich einerseits scharf durchsetzende, jüngere, trümerartige Quarzinfiltrationen und die unzweifelhaft älteren, meist mikrolithischen Quarzeinschlüsse von rundlicher, mitunter gelappter oder langgezogener, oft auch bipyramidaler Gestalt. Letztere enthalten mitunter Flüssigkeitseinschlüsse, auch Rutil. Eigentliche Einschlüsse, die im reinen Granat einzeln oder, falls mikrolithisch, schaarenweise auftreten, sind ausser den beiden schon genannten und auch verbreitetsten Mineralien, Quarz und Rutil, noch Titaneisen und Magnetkies. Letzterer begleitet im Granat nicht selten Titaneisen und Rutil und ist auch



in Perimorphosen nicht selten anzutreffen, meist auffällig durch schlackig poröse Beschaffenheit. Titaneisen findet sich im Granat meist nur noch in spärlichen Resten; das Meiste davon ist augenscheinlich in Rutil umgewandelt worden. Letzterer ist alsdann oft tief dunkelbraun, meist mit einem Pleochroismus von Graubraun zu Grauviolett. Oft zeigt solcher Rutil einen schwach stahlblauen, metallischen Reflex, ähnlich dem des Titaneisens. Sehr häufig ist der mikrolithische, oft zu Staub zertheilte Rutil im Granat in scharf abgegrenzten, meist leistenförmigen Gruppen anzutreffen, die daneben grössere Rutilkörner und bisweilen Titaneisenreste enthalten und nicht selten in ihrer Gesamtheit einen mattweissen Reflex geben. Der aus winzigen, meist vollkommen krystallographisch begrenzten, oft regelmässig orientirten Individuen bestehende Rutilstaub in Granaten ist geradezu ein Charakteristikum der Eklogite von Wölbattendorf, Martinsreuth und vom Goldberg bei Markt Schorgast.

In einigen oberpfälzischen eklogitähnlichen Amphiboliten sind die im Granat enthaltenen Titanminerale ausschliesslich durch fein zertheiltes Titaneisen vertreten, dem sich mikrolithischer Rutil nur ausnahmsweise beimengt.

Schmale Reihen von kleinen Rutilen und Rutilmikrolithen finden sich in Granat sehr allgemein; in einzelnen Fällen durchsetzen sie intakte Granate in Wellenlinien, so dass hiebei die Lagerung des Rutilis älter als der Granat erscheint. In einem Eklogit vom Goldberg alterniren zu einer länglichen, krystallähnlichen Gruppe vereinigte Granatkörner-Reihen mit Rutilkörner-Streifen. Ein eklogitähnlicher Amphibolit vom Schaumberg enthält in einem lückenhaften Granatkorn eine grosse Rutilkörnergruppe, welche im Zusammenhang mit Glimmerschuppen, Limonitfetzen, Titaneisenerz und Magnetkies lebhaft an die mit Granat umsäumten Titaneisenkörner und Glimmerblätter in den Gabbro-Noriten von Martinsreuth und Glenzlamühle erinnert. Der den Granat begleitende Karinthin zeigt an dieser Stelle eine Erhöhung der Auslöschungsschiefe auf  $30^\circ$  und violette Töne ( $c = b$  bräunlichgrün mit Stich ins Violette,  $a$  fast farblos.) Bezeichnender Weise enthält gerade diese Stelle kleine, ziemlich kräftig gefärbte Granate in Reihen, die völlig an das erwähnte Vorkommen in den Gabbro-Noriten erinnert. Analoge Erscheinungen finden sich auch in einem andern Gestein vom Schaumberg, ferner in einem Eklogit aus der Gegend von Neumühle. In Eklogiten vom Goldberg tritt Rutil in ähnliche Beziehungen zum Granat.

Mikrolithische Zoisitprismen finden sich sowohl in den erwähnten saussurischen Aggregaten im Granat, wie auch schaarenweise, z. B. in geradlinig verlaufenden Streifen, die mitunter an Saussuriteleisten erinnern, im reinen Granat. Eine bemerkenswerthe Paragenesis älterer Einschlüsse des Granats ist Plagioklas, Biotit, Titaneisenerz oder: bräunliche Hornblende, Titaneisen, Magnetkies, Rutil in Körnern und gleichmässig orientirten Mikrolithen, Zoisit, Apatit.

Apatit ist hier nur ganz selten mit einiger Bestimmtheit optisch nachzuweisen.

Die Umsäumung der Granate durch karinthinartige grüne Hornblende gehört zu den verbreitetsten Erscheinungen. Der Kürze wegen bezeichne ich im Folgenden die Hornblende, welche den Granat in der verschiedenartigsten Weise umschliesst, als Karinthin, auch dann, wenn sie makroskopisch nicht das glänzende Rabenschwarz dieser Varietät und unter dem Mikroskop nicht immer  $\parallel c$  deren intensives Blaugrün, sondern blassere, mitunter etwas ins Bräunliche gehende Färbungen zeigt. Ganz allgemein färbt sich der Amphibol der Grundmasse im Bereiche des Granates intensiver, wenn es sich um stark mit Quarz injicirte Eklogite handelt. In andern Fällen trifft man auch in unmittelbarer Berührung mit Granat ganz blass gefärbten Amphibol.

Sehr intensiv gefärbte Karinthinsäume um Granat finden sich in Eklogiten aus der Nähe von Wölbattendorf, von Neumühl bei Leupoldsgrün, vom Weissenstein bei Stammbach, in Eklogiten mit Karinthinlagen von Fattigau etc., lauter Vorkommnisse, in denen das Gestein besonders ausgiebig mit Quarz injicirt worden ist. In solchen Fällen zeigt der Granat eine ungewöhnlich intensive, mitunter um Rutilkörner bräunlich-fleckige Färbung. Unverkennbar haben saure Injectionen, die häufig auf ebenen Klufflächen eingedrungen sind, Anlass zur Bildung von Karinthin gegeben, dem vor Allem der Granat als Unterlage zur Krystallisation gedient hat. Jüngere Injectionen haben in Rissen zerdrückter Granate u. a. Karinthin abgelagert. Anscheinend haben in allen Fällen der Granat oder dessen Ursubstanzen (Feldspath, Glimmer, Pyroxen etc.) irgendwelches Material, vermuthlich Alkalisilikat, für die Karinthinbildung geliefert; wenigstens beeinflusst jener unzweideutig die Farbenintensität des Karinthinbildung



thins. — Die Form der Karinthinsäume um Granat ist äusserst verschieden. Ganz feine und schwach gefärbte Säume finden sich u. A. in Eklogiten vom Geesterer Berg bei Wölbattendorf, ferner aus der Gegend von Silberbach; sehr wechselnd in Form und Farbenintensität sind sie in Eklogiten bei der Neumühle. Die selten mit Biotit untermengten Karinthinstengelchen gewähren häufig das Bild eines einseitigen Fransensatzes an Granat, oder sie schmiegen sich theilweise tangential an letzteren an, während ein anderer Theil radial gestellt ist, oft vermengt mit gleichsinnig gelagerten Klinozoisitstengelchen; auch kommt das Alles mitunter in einem Schliff beisammen vor. In vielen Fällen wachsen die Karinthinprismen zu Hornblendekörnern an, die den Granat an Umfang übertreffen, oder ihn mitunter völlig einschliessen. Das ist öfters der Fall in Gesteinen vom Schaumberg, in denen der blasse Karinthin ganz allgemein breite Säume bildet auch um gänzlich zersetzte Granate, an deren Stelle wirre Anhäufungen von Chlorit und karinthinartiger Hornblende, farblosem Glimmer, Klinozoisit, Epidot, Calcit, Eisenerzstaub und Titanit getreten sind, so dass der Umriss des ehemaligen Granatkrystalloids noch an dem erhalten gebliebenen Karinthinsaum erkennbar ist. Mitunter erinnert die Beschaffenheit schmaler Karinthinsäume lebhaft an die grünen Grenzzonen zwischen Plagioklas und Pyroxen bzw. Amphibol in den gabbroiden Gesteinen des Gebietes.

Die genannten Zersetzungsprodukte finden sich ganz allgemein in Rissen von Granaten, deren beginnende Zersetzung oft, z. B. in Fattigauer Eklogiten, in deutlichster Beziehung zu sauren Injectionen<sup>1)</sup> steht. Im Eklogit zwischen Neumühl und Neudorf ist Granat theilweise vertreten durch wirre Klinozoisitaggregate von augenähnlicher Gestalt, an welche Rutil angrenzt. Im gleichen Gestein trifft man auch anscheinend äquivalente Gebilde aus Granat, Rutil, Titanit, Titaneisen und Karinthin. Titanit findet sich im Granatbereich ganz allgemein nur als Umwandlungsprodukt des Rutils, insbesondere da, wo deutliche Infiltrationen sauren Charakters in die Risse von Granat erfolgt sind.

Die Vertretung des Granates durch Chlorit ist etwas ungemein Häufiges. Man kann diesen partiellen oder totalen Ersatz, der ausser in Gesteinen vom Schaumberg und vom Westabhang der Epplasleite auch z. B. in dem typischen Eklogit vom alten Steinbrüchlein zwischen Wustuben und Glenzlamühle beobachtet wird, meistens, aber nicht immer mit Sicherheit, auf eine Zersetzung des Granates zurückführen.

Für eine jüngere Umwandlung spricht in Amphiboliten von der Epplasleite der Umstand, dass der in grösseren isometrischen Butzen auftretende Chlorit in Risse eindringt, die das Gestein scharf durchsetzen, während in anderen Fällen sich Chlorit um ganz frischen Granat lagert, so in Gesteinen vom Goldberg und vom Schaumberg. Alsdann erscheint er als ein dem Granat an Alter gleiches Produkt.

Gerade da, wo letztere Annahme nahe liegt, begleiten saussuritische Materialien in auffälliger Weise den Granat, nämlich Zoisite und Plagioklas nebst strahlsteinähnlicher Hornblende, freilich in der Regel nicht in den winzigen Dimensionen, in denen sie gewöhnlich im Saussuritgabbro u. dgl. auftreten, sondern meist deutlich erkennbar in Körnern, Nadeln und Leisten.

Beispiele dafür finden sich im Eklogit von Neumühle-Neudorf, wo Zoisite, Klinozoisit, Epidot und Plagioklas, mitunter eine Art Fortwachsung des Granates, auch Bindeglieder (Brücken) von einem Granat zum andern bilden.

Gleiches trifft man, ausser in manchen Gesteinen vom Westabhang der Epplasleite, in den Schaumberggesteinen, bei denen ganz ähnlich wie in manchen dem Eklogit nahestehenden Amphiboliten vom Goldberg und von Fattigau von einer Vertretung des Granates durch Zoisite (besonders Zoisit  $\beta$ ) gesprochen werden kann, nicht im Sinne einer Pseudomorphose von Zoisit nach Granat, sondern einer äquivalenten Bildung.

Sehr allgemein bilden Granat und saussuritische Materialien ein mehr oder weniger deutliches Netz, dessen Maschen oft sehr lebhaft an das ophitische Feldspathleisten-Gewebe (Fig. 12) bzw. die divergent-strahlige Gruppierung (Fig. 13) der Plagioklasleisten in Gabbros und Diabasen erinnert.

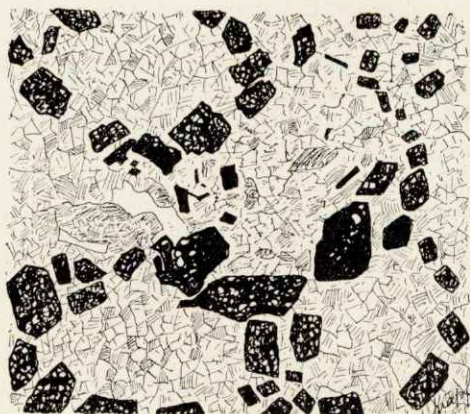
In einem eklogitähnlichen Amphibolit vom Steinbruch „hinter der Leite“ bei Wölbattendorf sind an einem solchen ziemlich deutlichen Netz ausser den Granaten strahlsteinähnliche

<sup>1)</sup> Vgl. Litt. 91.



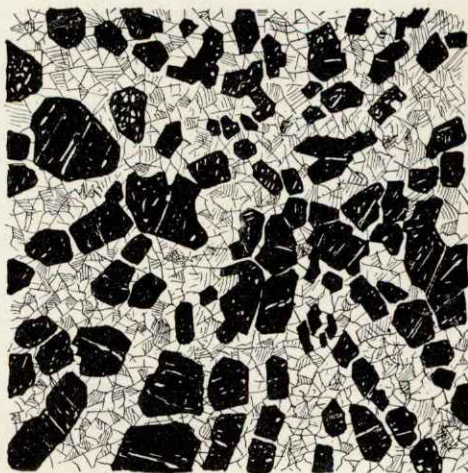
Hornblende, Zoisit  $\alpha$  — auffällig durch prachtvoll blaue Interferenzfarben — und Zoisit  $\beta$ , letzterer ausgesprochener prismatisch, als Zoisit  $\alpha$ , beteiligt, indem sie theils für sich, theils mit Plagioklas, selten letzterem allein diese Funktion überlassend, „Brücken“ zwischen aufeinanderfolgenden Granaten bilden.

Zoisit  $\beta$ , weit seltener Zoisit  $\alpha$ , formiren in einigen Goldberg-Gesteinen sehr auffällige dichte Körneraggregate (Individuen etwa 0,1 mm gross), denen auch kurze quergegliederte Säulchen beigemischt sind. Meist streifenförmig in die Länge gezogen, bilden diese Aggregate mitunter ein recht deutliches Netz und erinnern an die Feldspathleisten eines mittel- bis grobkörnigen ophitischen Gabbros, ganz direkt aber an ähnliche Gebilde in einem Saussuritgabbro von der Saualpe. Dem Rand solcher Zoisitstreifen entlang finden sich Reihen von Granaten und deren Zersetzungsprodukte — Chlorit und Klinozoisit — eingelagert. Auch im Uebrigen zeigen



Figur 12

Granatnetz in einem Martinsreuther Eklogit. Aehnlichkeit mit der ophitischen Struktur eines mit dem Eklogit verbundenen gabbroiden Gesteins. Vergr. 12 : 1. Nicols +.



Figur 13.

Granat in einem Martinsreuther Eklogit. Divergent-strahlige Gruppierung der Granatkörnerreihen. Vergr. 12 : 1. Nicols +.

sich die öfters Rutilmikrolithe einschliessenden Zoisite der Goldberggesteine allermeist im Granatbereich. Sie füllen Lücken im Granat aus und bilden mit Klinozoisit eine Art Fortwachsung desselben, sind häufig Gemengtheile im Innern der Granatkrystalloide und bilden, wie sonst öfter zu beobachten, „Brücken“ zwischen Granaten. So wie kleinere Granate sich gern in leistenförmige Reihen gruppiren,<sup>1)</sup> so zeigt sich bei grösseren Krystalloiden häufig die Tendenz zu langgestreckten Verzerrungen. Auch grössere Granatgebilde legen sich gern in Reihen, die nicht zu verwechseln sind mit den granatreichen Lagen in Eklogiten mit Lagenstruktur, wie man sie auf dem Weissenstein, im Beerhügel bei Traindorf und im Aufschluss beim Tanzstadel nächst Fattigau findet.

Die Bildung grosser Granate modificirt die ganze Configuration des Gesteins in tief eingreifender Weise. Pyroxen, Zoisit, Smaragdit und Disthen legen sich dann flaserig um die beiderseits „geschwänzten“ Granate, deren Ausläufer in der Regel aus denselben Mineralien nebst Quarz und besonders Zoisit bestehen, also Gebilde, in denen sowohl uralitische, wie saussuritische Elemente eine wesentliche Rolle spielen. Das für die genetische Erklärung der eklogitartigen Gesteine wichtige Auftreten von meist kleinen Granaten in Plagioklas oder Saussurit oder auch in Amphibol und Pyroxen wird durch folgende Beispiele illustriert:

In dem dichten Saussuritfilz eines schieferigen, glimmerreichen Eklogits von der Epplasmühle liegen 0,16 mm grosse Granatdodekaederchen. — Aehnliches ist der Fall in den vorwiegend aus winzigen Zoisitindividuen bestehenden Saussuritleisten, welche den Pyroxen in Wölbatten-

<sup>1)</sup> Vgl. Litt. 108, Nr. 514. [L. DUPARC und L. MRAZEC.]



dorfer Eklogiten scharf durchsetzen. — In einem Eklogit aus der Höhe der Epplasleite enthält Plagioklas, der mit grüner Hornblende in  $\parallel$  Verwachsung ziemlich grobe mikropegmatoiden Gebilde erzeugt, kleine lose Granatkörner. Der hiebei anzutreffende Oligoklas umschliesst kleine Partien Labrador. — Zieht man in Betracht, dass in vielen der beschriebenen gabbroiden Gesteine Amphibol und besonders Pyroxen häufig von Plagioklas bezw. Saussurit durchsetzt sind, so sind hier auch die zahlreichen Vorkommnisse zu erwähnen, in welchen Hornblende und Pyroxen kleine Granate einschliessen. Solche liegen z. B. in einem Goldbergeklogit und auch anderswo öfters in grossen Körnern blass grünlichbrauner Hornblende, in einem sehr interessanten Eklogit aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuth im Pyroxen. — Saussuritbutzen und Plagioklas in den Resorptionsschlieren von der Epplasleite zeigen die Bildung kleiner Granate.

Spuren von Granatbildung in Plagioklas finden sich in einem rutilarmen Klinozoisit-Amphibolit von Fattigau. Sehr reichlich trifft man Granat in trübem Plagioklas in einem titanitreichen, sonst dem Fattigauer Amphibolit sehr ähnlichen Hornblendegabbro aus der Gegend von Windisch-Eschenbach in der Oberpfalz. — Kleine Granate entstehen im trüben Saussurit (zersetzten Leisten eines basischen Plagioklases) einer Resorptionsschliere im Granit-Eklogitkontakt im Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle. Das mikroskopische Bild erinnert lebhaft an die Granatbildung im Wurlitzer Saussuritgabbro. Vom gleichen Aufschluss stammt ein Schriff mit zwei aplitischen Intrusionen in ein metamorphes plagioklasreiches Gestein. Darin enthält eine grosse gänzlich zerdrückte Plagioklasleiste ausser zahlreichen anderen winzigen Zersetzungsprodukten Granatkörnchen in geradlinigen Streifen. Diese Granate enthalten häufig Rutileinschlüsse. Ein grosses Rutilkorn im gänzlich zermalmen Plagioklas ist mit einem lückenfreien Kranz winziger Granate eingefasst. In dem Saussurit von jenem Aufschluss ist die Granatbildung an das Zusammentreffen von Plagioklas, Titanerz und Sericit gebunden. In Resorptionsschlieren von Wölbattendorf (Epplasleite) ist Aehnliches zu beobachten, desgleichen in den analogen Gesteinen vom Goldberg, wo kleine Granate ganz allgemein im Bereich der Saussuritstreifen und von Resten älterer Feldspathe auftreten.

Eine Tendenz zu centrischen Strukturen um Granat drückt sich in mannigfaltiger Weise aus. Sehr oft ist Granat von der Hornblende- oder Pyroxen-Grundmasse getrennt durch eine schmale, aus Klinozoisit, Quarz und Plagioklas bestehende Zone, in welcher Quarz bis zur völligen Verdrängung seiner Begleiter die Vorherrschaft erlangen kann. Selbstverständlich gehört auch die Umrandung durch Karinthin zu derartigen Gebilden. Karinthin kann durch Prismen blassbräunlichen oder farblosen Amphibols theilweise ersetzt sein, so dass im mikroskopischen Bild der von regelmässig orientirten Hornblendequerschnitten eingefasste Granat einem Zahnrade gleicht. — Hie und da ist eine Klinozoisitzone zwischen Granat und Karinthinsaum eingelagert. Farbloser, meist einachsiger Glimmer, seltener Biotit, legen sich ausserordentlich häufig an die Peripherie des Granates an. Ihnen gesellt sich sehr oft Plagioklas bei, der zum Theil dem Albit nahesteht. In Gesteinen vom Schaumberg finden sich mitunter Titanitkörnchenaggregate an der Granatperipherie.

Pyroxen berührt ohne Zerfaserung und Karinthinbildung den Granat nur in den reinsten Eklogittypen, die frei sind von merklichen Quarzinjektionen.

In einem Eklogit von der Höhe der Epplasleite sind einige complicirte Granatgebilde, die auch viel von dem gleichen Pyroxen einschliessen, mit blass blaugrünem Omphacit ringsum eingefasst und lagenweise durchwachsen. An anderen Stellen des gleichen Schriffes wird aber der Pyroxen bei der Berührung mit Granat zum Theil vermiculisiert, zum kleineren Theil in Karinthin umgewandelt.

Was die rein mechanischen Veränderungen des Granates betrifft, so erzeugt Druck sehr allgemein eine scharfe Ablösung  $\parallel$  den Dodekaederflächen im peripherischen Theil. Das einschliessreiche Centrum der Granate ist gewöhnlich von Rissen regellos durchzogen. Oft setzen  $\parallel$  laufende Risse — mitunter in zwei verschiedenen Systemen — scharf durch das ganze Gestein, in gleicher Weise durch die Körner der Grundmasse, wie durch die Granate. Nur wenige Granat-



körner sind frei von Rissen, so dass sich der Granat nächst dem Quarz als das gegen Druck empfindlichste Mineral in den Gesteinen des eklogitartigen Formenkreises erweist.

### Die Pyroxene

bilden allgemein die richtungslos körnige Ausfüllung der Maschenräume in dem Granatnetz der untersuchten eklogitartigen Gesteine, oder sie liegen mehr oder weniger gleichsinnig orientirt und umziehen alsdann flaserig die Granate oder deren Aequivalente, oder endlich sind die in der einen oder andern Weise gelagerten Pyroxene in verschiedenem Grade vom Rande her durch saure Injectionen zerfasert oder wurmförmig zerkräuselt. In letzterem Falle bilden Quarz und Plagioklas den „Fond“, d. i. die farblose Grundmasse, welche in die veränderten Pyroxene eindringt und die Zerfaserungsprodukte umgibt. Letztere gehen sehr häufig ohne jede erkennbare Abgrenzung in krümelige Aggregate ganz blassen Amphibols über, oder im Granatbereich in Karinthin, dem der Granat als Krystallisationsunterlage dient, der aber auch wie geflossen in die Granatrisse eindringt. Sehr allgemein zeigen die nicht völlig zerdrückten, zerfaserten oder gekräuselten monoklinen Pyroxene recht vollkommen die Spaltrisse nach (110) und auf Querschnitten allermeist auch die Absonderung nach (100). Der Winkel  $c:c$  ist auf Schnitten  $\parallel (010)$  in der Regel  $> 40^\circ$ , oft bis  $45^\circ$ . Selten ist (100) als Krystallfläche zu beobachten. Die Körner und Stengel des Pyroxens — stets mehr oder weniger durch chemische und mechanische Einflüsse modificirt — sind hypidiomorph bis völlig regellos begrenzt; ihr grösster Durchmesser ist meist beträchtlich kleiner als 5 mm. Dieselben erscheinen makroskopisch glasglänzend, lauchgrün, meist in hellen Tönen, unter dem Mikroskop meist farblos bis ganz blass grünlich, in vielen Fällen aber ganz ausgesprochen licht bläulichgrün, so in den Eklogiten vom Weissenstein, von Wölbattendorf und von Fattigau. Häufig übertrifft der Pyroxen an Quantität die übrigen Gemengtheile.

Nicht selten hat der Pyroxen noch den feinstengeligen Bau des Diallags und erscheint alsdann im Schriff an Stellen starken Drucks in schlanke Stäbchen zerlegt, so in Eklogiten von Oberpferdt, aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuth, von Fattigau, vom Hohlweg Unterpferdt-Silberbach,<sup>1)</sup> von Wölbattendorf.

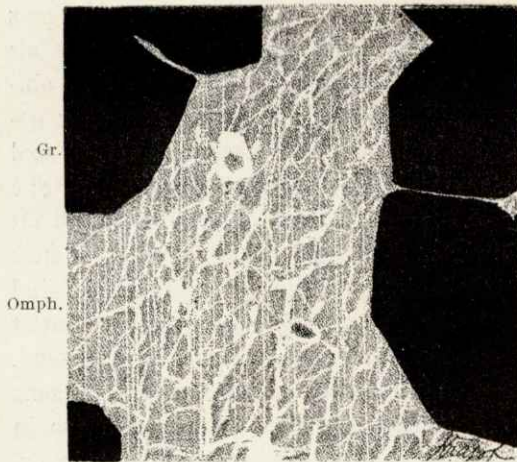
Ein Eklogit aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle wird besonders dadurch sehr gabbroähnlich, dass die bis 5 mm grossen kataklastischen Pyroxenkörner, die in Berührung mit Granat Karinthinsäumchen bilden, ihren Diallag-Charakter noch ziemlich gut beibehalten haben. Die feinen geradlinigen Spaltrisse stehen sehr dicht; statt der Titanerzinterpositionen finden sich meist zahlreiche dunkle Rutilkörner. Ausserdem enthält der Pyroxen in dieser Probe Granatkörner, Titaneisen, Magnetkies. Die Zerfaserung und Zerkräuselung, sowie die Auslaugung und Concentration der Titanerzinterpositionen durch injicirten Quarz ist in diesem Schriff in besonderer Mannigfaltigkeit und Schönheit zu sehen. Man könnte solche Pyroxene als Diallag bezeichnen, der durch Auslaugung der Titanerzinterpositionen gebleicht wurde. Analoge Erscheinungen sind vor Allem in Wölbattendorfer Eklogiten und in einer Probe von Oberpferdt zu beobachten. Der diallagähnliche Pyroxen in den auffällig grünen Körneraggregaten einiger Wölbattendorfer Eklogite enthält ungemein viele Rutilmikrolithe, zum Theil regelmässig nach zwei sich kreuzenden Richtungen orientirt. Die Mikrolithenschaaren sind gegen einschussfreie Randzonen, sowie gegen ebensolche Streifen im Innern der Pyroxenkörner schärfstens abgegrenzt. [Vgl. mineralogische Beschreibung des Plagioklases.]<sup>2)</sup> Der Zusammenhang zwischen der Färbung solcher grüner Pyroxen-Körneraggregate und dem Reichthum an orientirten Rutilmikrolithen ergibt sich deutlich aus Pulverpräparaten. Rutilreiche Körner von Pyroxen, spär-

<sup>1)</sup>  $\gamma - \alpha$  (nach MICHEL-LÉVYS Tableau des Biréfringences bestimmt) = 0,024.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Fig. 9 und Fig. 19.

licher von Amphibol, erscheinen in solchen Präparaten unter dem Mikroskop grün, rutilfreie farblos. Die Rutilinterpositionen bewirken bei schwacher Vergrößerung eine Trübung der Körner. Typischer Eklogit vom Hohlweg bei Wustuben enthält in Pyroxen vom gewöhnlichen Omphacit-habitus (blass bläulichgrün,  $c:c 44^\circ$ ;  $\gamma-\alpha = 0,020$ ; deutliche Absonderung nach [100]), nadel-förmige Rutilmikrolithe, mitunter in regelmässiger Orientirung, ausserdem Quarz, Amphibol und grössere Rutilkörner als Einschlüsse. Solche Pyroxenkörner sind durch Quarz nur sehr unbedeutend vom Rande her und von Rissen aus zerfasert.

Es lässt sich beobachten, wie aus dem feinstengeligen ausgebleichten Diallag durch Druck der gewöhnliche Omphacit<sup>1)</sup> wird (Fig. 14). Dieser zeigt zwar noch die Absonderung nach (100) meist recht deutlich, seine prismatischen Spaltrisse sind meist grob und in ihrem Verlauf oft sehr gestört. Dass der Omphacit zu den ältesten Eklogit-Bestandtheilen gehört, zeigt sich u. a. darin, dass er mit unveränderten Eigenschaften im Granat als Einschluss, besonders auch in den



Gr = Granat.

Figur 14.

Gebleichter Diallag zu gemeinem Omphacit zerdrückt.  
Eklogit vom Steinhügel bei Traindorf.  
Vergr. 30 : 1. Nicols +.

Perimorphosen desselben vorkommt, Lücken desselben ausheilt und denselben mitunter scharf durchsetzt. Der diallagähnliche Pyroxen und der aus ihm — wesentlich nur durch mechanische Einflüsse — hervorgegangene Omphacit sind unzweifelhaft älter als der Granat.

Der zu Omphacitstengelchen zerdrückte, ausgelaugte und in einen Krystallbrei verwandelte Pyroxen hat sich oft — anscheinend einem gleitenden Druck folgend — ungefähr gleichsinnig gelagert. Eines der schönsten Beispiele hiefür bildet der prachtvolle Eklogit vom Rank'schen Steinbruch bei Silberbach.

Gegen den Quarz zu nehmen die Pyroxenkörner mitunter Krystallform an. Die verbreitetsten Einschlüsse der Pyroxene sind ausser Rutil und Quarz, Amphibol, Erze, Granat und Saussurit.

Die vom Rande oder von Rissen her erfolgte faserige oder feinstengelige Zertheilung der Pyroxene ist eine bei injicirten Eklogiten so verbreitete Erscheinung, dass sie nur in ganz wenigen Schlifften nicht beobachtet werden konnte. Zu den seltenen Ausnahmen gehört ein Eklogit, der vom Weissensteingrat stammen soll.

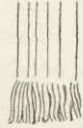
Selbst die reinsten Eklogittypen von Silberbach und Fattigau zeigen schon eine wenig ausgiebige derartige Veränderung, welche ihr Maximum erreicht in gewissen Eklogit-Grenzformen, z. B. in denen vom Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle, von der Höhe und vom Westabhang der Epplasleite, oder da, wo grössere Eklogitmassen auf Klüften starke Quarzinjectionen zeigen, wie in den Gesteinen vom Aufschluss nächst dem Aussichtsturm auf dem Weissenstein.

Ganz allgemein erfolgt von dem in verschieden starke Risse oder linsenförmig injicirten Quarz her — ringsum oder terminal oder nur an einzelnen Punkten — eine Zertheilung des Pyroxens in gerade oder gekräuselte Leistchen oder feine Fasern, die alsdann oft den-

<sup>1)</sup> Zuerst von R. v. DRASCHE bestimmt als Augit-Varietät bezeichnet [44].

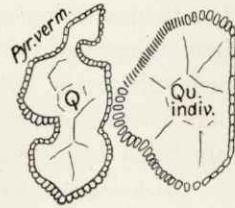


dritisch verästelt sind.<sup>1)</sup> Diese Umwandlung, welche zunächst anscheinend nur die Form betrifft, kann entweder nur ganz schmale Randzonen ergreifen, oder sie kann den grössten Theil des Kornes aufarbeiten, so dass nur ein kleiner Kern unverändert bleibt; oder das ganze Pyroxen-individuum löst sich in Fasern oder Stengelchen auf, welche alle möglichen Lagen in Bezug auf die noch erkennbaren früheren Umrisse einnehmen. Dieselben können annähernd  $\parallel$  zu einander liegen, besonders bei terminalem Angriff des Pyroxens — alsdann  $\parallel$  zu den Spalt-rissen (Fig. 15). Die Kerne zeigen häufig die regelmässige feine Spaltbarkeit des Diallags. Die Fransen und Fasern stehen oft radial um den Kern; oder dieser ist der Länge oder Quere nach förmlich zerquetscht zu gekräuselten Stengelchen. Löschen dieselben mit dem unversehrten Pyroxen gleichzeitig aus, so ist ihre Pyroxennatur ausser allen Zweifel gestellt. Weiter weg vom Kern wird diese Konstatirung immer schwieriger, und schliesslich fehlt jede sichere Abgrenzung gegen jene chemisch veränderten Produkte der Vermiculisation, welche unzweifelhaft blassgrüne Amphibolkrümel sind.



Figur 15.

Eine echte Uralitisirung des Pyroxens kommt im Bereich jüngerer Quarzinfiltrationen zuweilen vor, doch tritt sie ganz in den Hintergrund gegen die Vermiculisation, welche sich von jener durch die Form der Neubildungen und durch das Auftreten von Plagioklas als „fond“ unterscheidet.<sup>2)</sup> Zieht man die Grenzen des Begriffs „Uralitbildung“ etwas weiter, so dass man darunter jede Umwandlung des Pyroxens in Amphibol versteht, so sind wohl die meisten Aggregate blassgrüner Hornblendekrümel und deren Umkrystallisationsprodukte — wie grössere Hornblendekörner, mit Feldspath verwachsene Amphibolnadeln und auch ein grosser Theil des Karinthins — als Uralit zu bezeichnen.<sup>3)</sup> Unter Umständen liegen Pyroxenkerne in blasser Hornblende, die wie geflossen aussieht. Wo äusserst fein zerfasertes Pyroxen vorliegt, kann die farblose Substanz, in welcher die Fasern eingebettet liegen, nicht bestimmt werden. Handelt es sich aber um wurmförmlich gekräuselte Leistchen von Pyroxen, so ist als „fond“ sehr häufig Quarz zu erkennen, der sich von Lacunen aus hineinzieht. Oft ist aber im „fond“ Plagioklas nachzuweisen.



Figur 16.

In sehr vielen Fällen sind die Quarzlacunen — d. i. ein zweifeilos injicirter Quarz — gegen den gekräuselten Pyroxen durch winzige Strahlsteinkörnchen oder ebensolche Pyroxenindividuen in der zierlichsten Weise scharf abgegrenzt (Fig. 16). Jenseits solcher „Randsteinchen“ ist der „fond“ von anderer Licht- und Doppelbrechung wie der Quarz und alsdann wohl immer Plagioklas, der manchmal auch ohne die bezeichnete Abgrenzung über die Produkte der Vermiculisation hinausreicht und sich bei guter Beleuchtung scharf vom Quarz abhebt.

Alles dies deutet darauf hin, dass die Zerfaserung oder wurmförmige Zerkräuslung kein rein mechanischer Vorgang war, sondern vielfach Hand in Hand ging mit einer Abspaltung von Plagioklas<sup>4)</sup> (nach A. LACROIX Albit-Oligoklas) aus natriumhaltigem Pyroxen.<sup>5)</sup>

Die mikropegmatoide Verwachsung des Pyroxens mit dem Plagioklasfond ist meist eine sehr zierliche; sehr schriftgranitähnlich werden diese Gebilde in der Regel nur da, wo der zerkräuselte Pyroxen in Amphibol umgewandelt ist, oder wo es sich allenfalls um eine kontakt-metamorphische Umwandlung ursprünglicher Hornblende handelt, so in vielen Amphiboliten. In Fattigauer Eklogiten bewirken saure Injektionen nur in geringem Umfang eine blosse Zerfaserung des Pyroxens, sondern meist Karinthinbildung. In Gesteinen vom Goldberg ist der Pyroxen öfters in der Berührung mit Granat zerfasert oder randlich gekräuselt ohne Karinthinbildung.

In den fichtelgebirgischen Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten finden sich Pyroxen und Amphibol sehr häufig in  $\parallel$  Durchwachsung. Eine besondere Erwähnung verdienen die lebhaft grünen Körneraggregate in Eklogiten vom Goldberg, Weissenstein, Hohlweg Unterpferdt-Silberbach, Martinsreuth und Wölbattendorf. Diese Aggregate erscheinen makroskopisch als 1—2 cm

<sup>1)</sup> Vgl. A. LACROIX [91], der zuerst derartige Gebilde ausführlicher beschrieben hat.

<sup>2)</sup> <sup>3)</sup> <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> l. c.

grosse körnige Partien von zeisig- bis smaragdgrüner Färbung und unterscheiden sich in keiner Weise wesentlich von ähnlich gefärbten Diallagen und Gemengen aus Diallag und grüner Hornblende in Saussuritgabbros von Wurlitz und der Saualp.

Es sei hier auf die petrographische Beschreibung der einschlägigen Gesteine verwiesen. Generell lässt sich über derartige Vorkommnisse mit Bestimmtheit sagen, dass es sich in allen Fällen um kontaktmetamorphisch veränderten Diallag — allenfalls im Gemenge mit blassgrünem Amphibol<sup>1)</sup> — handelt, deren Titanerzinterpositionen im wesentlichen ihre Lage beibehalten haben, also noch nicht zu Rutilkörnern konzentriert, wohl aber in Rutilmikrolithe umgewandelt worden sind. Der Reichthum an letzteren bedingt die Abänderung der sonst lauchgrünen Färbung des Omphacits in die makroskopisch auffällige gras- bis smaragdgrüne Färbung solcher Partien. Dies wird durch die Untersuchung von Pulverpräparaten bestätigt.

Rhombischer Pyroxen (blassbräunlich, mit niederen Interferenzfarben,  $Ch_z +$ ,  $b = a$ ) ist sehr selten. Zersetzte Reste davon sind durch ihre streng  $\parallel$  zu den Spaltrissen erfolgende Auslöschung zu erkennen und zeigen bezüglich ihrer Einschlüsse und Veränderungen Uebereinstimmung mit dem monoklinen Pyroxen.

### Amphibole

treten in den Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten in äusserst verschiedenartiger Weise auf. Man kann sie der leichteren Uebersicht wegen in folgende Typen ordnen: 1. bräunliche Hornblende, 2. grüne Amphibole: a) farblose, meist hypidiomorphe Stengel und Nadeln, b) schwach pleochroitische Hornblende, oft mit einem Stich ins Bräunlich-Violette, c) Karinthin.<sup>2)</sup>

Bräunliche Hornblende ist im Ganzen nicht häufig und kommt mitunter jener in Hornblendegabbros nahe, ohne im Allgemeinen deren rein braune Töne zu erreichen. Sie findet sich vorzugsweise als Einschluss in Granat und in dessen unmittelbarer Angrenzung, z. B. in den eklogitähnlichen Amphiboliten im Hohlweg Unterpferdt-Silberbach. c bräunlichgrün mit Stich ins Bläuliche, b graulichbraun, a fast farblos.  $c:c 20^\circ$ .  $\gamma - \alpha = 0,030$ . Hie und da enthält sie pleochroitische Höfe; manchmal zeigt sie (100) neben (110) als Krystallfläche.

Aehnlich tritt sie in einigen Eklogiten aus dem Hohlweg bei Wustuben auf, daselbst öfters mit einem Stich ins Violette; auch in einigen Schaumberggesteinen. Mitunter zeigt die gesammte Hornblende eines Eklogites bräunliche Farbentöne; [ $c:c 16^\circ$ ]. Sie schliesst alsdann gelbe Rutilkörnchen, Pyroxen und Glimmer ein und hat um Orthit pleochroitische Höfe. In einem granatfreien Amphibolit von der gleichen Lokalität (Steinbrüchlein bei Wustuben) ist die bräunliche Färbung fleckig zertheilt in den schmutzigrünen Hornblendekörnern, deren kleinere oft regelmässig mit Plagioklas verwachsen sind;  $c:c$  auf (010)  $23^\circ$ ; Einschlüsse: Rutil. Im Allgemeinen sind die Gesteine mit bräunlicher Hornblende arm an Titanmineralien. So sind letztere in einem Klinozoisitamphibolit (Grenzform des Fattigauer Eklogites) nur durch spärlichen Titanit vertreten. Die Hornblende zeigt daselbst c matt blaugrün mit Stich ins Bräunliche, b grünlich-graubraun, a licht bräunlich;  $c:c = 20^\circ$ . Die Amphibole angrenzenden Zoisit-Amphibolits, sowie der reinsten Eklogittypen von Fattigau zeigen bei meist sehr blasser Färbung bräunliche Töne mit Stich ins Violette;  $c:c = 21^\circ$ . Bräunliche Hornblende findet sich auch im Eklogit vom Goldberg, sowie in eklogitähnlichen Gesteinen von Wildenreuth (Ob.-Pfalz).

Die unter dem Mikroskop farblosen Varietäten der grünen Hornblende finden sich in der Mehrzahl der Fälle in typischen Eklogiten, z. B. von Silberbach und Wölbattendorf, regellos dem Pyroxen beigemischt oder als Einschlüsse in demselben, und unterscheiden sich

<sup>1)</sup> Dass es sich bei der „grünen Diallage“ im Allgemeinen um Gemenge von Pyroxen und Amphibol handelt, hat schon HALDINGER ausgesprochen [13].

<sup>2)</sup> Zuerst erwähnt Litt. 23, „glänzende dunkelgrüne Hornblende“.



von dem Omphacit durch ausgeprägtere Stengelform, sowie durch die meist regelmässiger verlaufenden Spaltrisse, schliesslich durch die Lage der optischen Achsen. Im Wölbattendorfer Eklogit (vom Geesterer Berg) fallen einzelne grosse farblose Amphibolkörner dadurch auf, dass die regelmässig gelagerten Interpositionen durch Quarz ausgelaugt sind, welcher alsdann rundliche Einschlüsse bildet. Diese Quarzinterpositionen, denen sich spärlich Rutil und Titanerz beimengt, zeigen dieselbe scharfe Abgrenzung ihrer regelmässig gelagerten Gruppen, z. B. gegen einschliessfreie Randzonen, wie die Rutilinterpositionen in den Pyroxenen jener Eklogite. In letzteren finden sich häufig auch kleinere, oft scharf prismatisch begrenzte Stengelchen fast farbloser Hornblende [ganz blass smaragdgrün  $\parallel c$ , blass bräunlich  $\parallel b$ ] im Umkreis der Granate. Die Beimengung solcher smaragditaartiger Hornblende zum Pyroxen in lebhaft grünen Körneraggregaten findet bei der mineralogischen Beschreibung der Pyroxene und im petrographischen Abschnitt mehrfache Erwähnung.

Bezüglich der nicht seltenen Anlagerung farbloser Amphibolprismen an die Granatperipherie, sowie des Vorkommens nahezu farbloser Hornblendenadeln im Bereich jüngerer saurer Infiltrationen kann gleichfalls auf den petrographischen Theil dieser Arbeit verwiesen werden.

Die farblosen, bis 5 mm grossen Amphibolkörner in dem karinthinfreien Eklogit von Silberbach sind dem Omphacit regellos und reichlich beigemischt;  $c:c 19^\circ$ . Sie sind besonders reich an Einschlüssen: Disthen, Quarz, Glimmer und erinnern sehr an die einschliessreichen grossen Amphibolkörner im Wölbattendorfer Eklogit. Kleine, unregelmässig begrenzte Hornblende-einschlüsse in Pyroxen zeigen die gleiche krystallographische Orientierung wie dieser. Die Beimengung schwach pleochroitischen bis farblosen Amphibols zum Pyroxenkörneraggregat ist eine sehr verbreitete Erscheinung und kann bis zum Ueberwiegen des Amphibols führen.

Für das Auftreten der Amphibole in Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten sind einige Gesteine aus der Schürfung vom Hohlweg Unterperferdt-Silberbach charakteristisch.

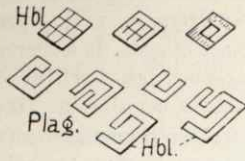
Ausser den zahlreichen Einschlüssen bräunlicher Hornblende im Granat finden sich in der Grundmasse grosse Körner und Stengel von Amphibol, öfters mit Pyroxen  $\parallel$  verwachsen, farblos bis sehr kräftig karinthinartig pleochroitisch (bei Annäherung an den Granat).  $c:c$  auf (010)  $18^\circ$ ;  $\gamma - \alpha = 0,027$ . Die Spaltrisse sind ganz allgemein schärfer und geradliniger als beim Omphacit. Vereinzelt umschliessen farblose Amphibolprismen, mit (010) als Krystallfläche, perimorphosenartig farblosen Pyroxen. Mitunter sind Amphibolstengel folgendermassen begrenzt: (100), (110), (010). Der vermiculisirte Pyroxen geht unmerklich in quantitativ überwiegenden krümeligen Amphibol von blasser Farbe über. Amphibolstengel zeigen mitunter die gleiche randliche Zerfaserung wie der Pyroxen. In stark zerdrückten und injicirten Amphiboliten von der genannten Lokalität sind die Lücken der feinkörnigen Hornblende-Grundmasse durch Quarz und Plagioklas erfüllt. Die optischen Charaktere des Amphibols bleiben die gleichen, der Pleochroismus ist sehr konstant  $c$  blass blaugrün mit Stich ins Bräunliche,  $b$  hell bräunlichgrau,  $a$  ganz blass gelblichbraun. Häufig finden sich um Orthit und Titanit pleochroitische Höfe mit Erhöhung der Interferenzfarben. Die oft sehr grossen, blass gefärbten Amphibolkörner erinnern in ihrem äusseren Habitus (feinstengelige Struktur, spärlich grosse Rutileinschlüsse), zum Theil sehr lebhaft an veränderten Diallag im Saussuritgabbro von Wurlitz. Die nicht in allen Proben von Unterperferdt gleich reichliche, meist sehr spärliche Karinthinsubstanz dringt öfters in ziemlich breiten, aus Nadeln zusammengesetzten Streifen in den Granat ein und bildet mitunter typische Karinthinsäume um denselben. Die Säume bestehen aus schmalen Leisten, welche sowohl tangential als radial zum Granat liegen und unmerklich in die äusserst schwach pleochroitische Hornblende übergehen, die in der Grundmasse Körner bis 5 mm Durchmesser bildet. Typischer Karinthin in einem Eklogit vom Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle zeigt folgenden Pleochroismus:  $c$  intensiv blaugrün,  $b$  grünlichbraun,  $a$  blass gelblichgrün.  $c:c 20^\circ$ .

In einem Eklogit aus der Nähe der Glenzlamühle finden sich ausser der gewöhnlichen ganz blass graulichgrünen Hornblende ( $c:c 23^\circ$ ,  $\gamma - \alpha 0,027$ ) strahlsteinähnliche Stengelchen und Nadeln sehr oft  $\parallel$  mit Plagioklas verwachsen. Ein Theil der Zerfaserungsprodukte des Pyroxens zeigt deutlich amphibolartigen Pleochroismus.

In einem eklogitähnlichen Amphibolit aus der Gegend von Silberbach ist ähnliche blasse Hornblende ( $c:c 18^\circ$ ,  $\gamma - \alpha 0,027$ ) gitterförmig mit Plagioklas und Spuren von Orthoklas verwachsen, wobei es mitunter den Anschein hat, als stelle der Plagioklas Reste grösserer Leisten dar. Derartige recht häufige Vorkommnisse, die zum Theil eine eigenartige Form der Saussuritirung von Plagioklas repräsentiren, finden in der petrographischen Beschreibung solcher Gesteine



mehrfach Erwähnung, die einen Uebergang von Saussuritgabbros zu eklogitähnlichen Amphiboliten bilden, oder die stark injicirte Eklogitgrenzformen darstellen.<sup>1)</sup> Wo in unmittelbarer Nachbarschaft einer Lacune injicirten Quarzes der zerkrümelte Pyroxen in schwach pleochroitische Hornblende umgewandelt ist, erscheint diese mit dem Quarz-Plagioklas-fond in mehr oder weniger



Figur 17.

regelmässiger, oft sehr zierlicher Weise granophyrisch verwachsen (Fig. 17). Die Rutileinschlüsse der Hornblende zeigen in solcher Umgebung gewöhnlich Titanitsäume oder sind ganz in Titanitkörnchen umgewandelt, um welche sich dann mitunter pleochroitische Höfe finden. An solchen Stellen, wo Quarzinjektionen stärkste Kataklyse bewirkt haben, sind dem Hornblende-Plagioklas-Aggregat häufig Chlorit mit normalen Interferenzfarben, Zoisit  $\beta$  und Strahlsteinnadelchen beigemischt. Solche Stellen entsprechen dem Begriff des „Amphibole dentelliforme“ (LACROIX).

Die verbreitetsten Einschlüsse in Amphibolen sind Rutil, Titanit, Titaneisen<sup>2)</sup> (oft staub- oder russförmig zertheilt), Magnetkies, Orthit; weniger allgemein finden sich im Amphibol Einschlüsse von Granat und Pyroxen. Der Quarzeinschlüsse in Hornblende als Zeugen einer Auslaugung der Titanerzinterpositionen wurde schon gedacht. Zwillingsbildung am Amphibol ist nicht gerade häufig zu beobachten, am öftesten nach (100). Aussergewöhnlich schöne Zwillingslamellen — ganz wie in basaltischen Augiten — finden sich in einem eklogitähnlichen Granatfels von Wildenreuth in der Oberpfalz.

Nicht selten sind die mit Quarzinfiltrationen erfüllten, ebenflächig begrenzten Klufträume, besonders in den stark zerdrückten Grenzformen der Eklogite, z. B. am Weissenstein-Abhang bei Stammbach, mit strahlsteinartiger Hornblende durchwachsen, derart, dass diese oft an Menge den Quarz überwiegt. Der in Granat eindringende, oft rutilhaltige Karinthin ist häufig mit Quarz untermengt und zeigt nicht selten eine Art Fluidalstruktur.

### Chlorit,

in der Eklogit-Litteratur einer der am frühesten genannten Gemengtheile, fehlt ausser in den reinsten Typen des Gesteins, in keinem der untersuchten Eklogite und verwandten Amphibolite gänzlich. In manchen bildet er einen sehr erheblichen Bestandtheil, besonders in solchen, deren Granate im Zusammenhang mit späteren Injektionen ganz oder grossentheils chloritisirt wurden. In diesem Falle pflegt der Chlorit lebhaft anomale Interferenzfarben (blau, auch braun) zu zeigen und von Klinozoisit und Epidot begleitet zu sein. Weniger häufig ist der Chlorit augenscheinlich aus Biotit<sup>3)</sup> oder Amphibol hervorgegangen. Schliesslich finden sich in Amphibolitschliefen oft ansehnliche Chloritmengen, deren Herkunft nicht ohne Weiteres angegeben werden kann. In solchen Fällen tritt er als Begleiter von Mineralien auf, deren Paragenesis für saussuritisches veränderten Feldspath charakteristisch ist, und unter welchen Zoisite die vorherrschende Rolle spielen.

Derartige Chloritvorkommnisse finden sich in den Amphibolitschliefen vom Goldberg in Gestalt kleiner fächerförmiger Gruppen und unregelmässiger Schuppenaggregate. Soweit er sich im Hornblendebereich findet, erscheint er fast farblos,  $Ch_m$  und  $Ch_z$  —, Interferenzfarben graulich oder anomales Braun; er ist dann vielfach zu scheinbar homogenen Blättern aggregirt und enthält mitunter pleochroitische Höfe um winzige Einschlüsse.

In den gleichen Proben findet sich Chlorit in isometrischen Butzen, die auch in den Resorptionsschliefen im „Hornblendegneiss“ vom Westabhang der Epplasleite auffallen. Solcher von Zoisit  $\alpha$ , Klinozoisit und Rutil begleiteter Chlorit, unter dem Mikroskop  $\perp c$  blassgrün,  $\parallel c$  farblos, zeigt normale graue Interferenzfarben;  $Ch_z$  —,  $Ch_m$  +. In ähnlicher Weise tritt Chlorit, mit Zoisiten, Klinozoisit, Epidot und Biotit gemengt, in einem Amphibolit (Eklogit-Grenzform) aus

<sup>1)</sup> A. LACROIX [91] nennt solche zierliche Amphibol-Plagioklasgitter „Amphibole dentelliforme“. Seiner Beschreibung nach sind dieselben in den Eklogiten der Loire inférieure dieselben, wie in den fichtelgebirgischen Gesteinen. Auch L. DUPARC und L. MRAZEC erwähnen ganz gleiche Gebilde [108].

<sup>2)</sup> Vgl. L. DUPARC [95].

<sup>3)</sup> Vgl. L. DUPARC und E. RITTER [101].



der Nähe von Wustuben auf. Der Chlorit enthält daselbst pleochroitische Höfe um winzige Körnchen von schwacher Doppelbrechung und steht im innigsten Verband mit Biotit. In einem Amphibolit aus der Silberbacher Gegend finden sich bis 2 mm grosse Schuppen Chlorit ( $\perp$  c ganz blass graulichgrün,  $\parallel$  c farblos,  $Ch_z -$ ,  $Ch_m +$ , scheinbar einachsigt,  $\gamma - \alpha$  0,003), auch kleinere Schüppchen zu Butzen angehäuft in und zwischen Hornblende-Individuen.

Die Umwandlung grüner Hornblende in Chlorit erfolgt in manchen Amphiboliten — z. B. von Fattigau — an Stellen stärkerer mechanischer Beeinflussung.

Zwillingslamellirter Chlorit,  $\perp$  c meergrün, grau- oder bräunlichgrün,  $\parallel$  c farblos,  $Ch_z -$ ,  $\gamma - \alpha$  0,003, mit anomalen braunen oder tiefblauen Interferenzfarben dringt sehr allgemein in die Risse von Granaten ein und ist ein sehr verbreitetes Zersetzungsprodukt der letzteren. Schöne Beispiele dafür bieten die stark injicirten Gesteine von Fattigau und vom Schaumberg. Daselbst ist Chlorit gewöhnlich von Karinthin, Klinozoisit und Epidot begleitet. Innerhalb der Granatkrystalloide in Goldberggesteinen tritt er mit Zoisit, Klinozoisit, Quarz und Biotit zusammen auf; ausserdem bilden grosse blassgrünliche Chloritschuppen mit Zoisitstengeln wirre Aggregate, die in eine Grundmasse aus Plagioklas eingebettet sind. In letzterem Falle scheint der Chlorit ein Produkt der Saussurisirung von Feldspath zu sein.

In der Berührung mit tiefbraunem Rutil nimmt der Chlorit mitunter braune Färbung an.

### Klinozoisit.

Derselbe tritt in allen Abstufungen der Doppelbrechung bis zu derjenigen eisenarmer Epidote, meist aber in Folge ausnehmend starker Achsendispersion mit anomalen blauen und gelben Interferenzfarben auf. Eine ältere Generation lässt auf ihren Ursprung aus Plagioklas schliessen;<sup>1)</sup> eine jüngere gehört zu den gewöhnlichsten Zersetzungsprodukten des Granats in stark injicirten Eklogiten. Auf alle Fälle steht Klinozoisit in besonders engem Zusammenhang mit dem Granat, indem er entweder als ein gleichaltes Aequivalent desselben oder als sein Umwandlungsprodukt erscheint.

Beispiele für die erstgenannte Erscheinungsform des Klinozoisits bieten die an diesem Mineral sehr reichen Amphibolite von dem peripherischen Theil des Fattigauer Eklogites. Ein 2 mm grosses Prisma mit vielen  $\parallel$  Spaltrissen enthält einen ansehnlichen Plagioklaseinschluss. Auf sechseckigen Stengelquerschnitten zeigt sich oft Zwillingsbildung nach T, ferner unregelmässig zonarer Bau bezw. fleckenweise Einlagerungen von Epidot.

Klinozoisit ist sehr häufig in den saussuritähnlichen Partien innerhalb der Granatkrystalloide anzutreffen. Mitunter enthält er Rutilmikrolithe. Schöne Krystalle bildet er in den Grenzformen des Eklogits vom Aufschluss nächst dem Stammbacher Friedhof.

Sehr oft schwimmen kleine Klinozoisitprismen in den Quarzonen um Granat. Klinozoisit zeigt alle Uebergänge zu

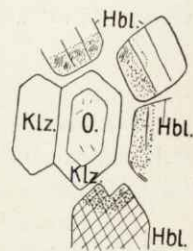
### Epidot (Pistazit),

welcher sich in Form meist stark pleochroitischer Körner und Stengel nur im Bereich solcher Granate findet, die durch saure Injections verändert worden sind. In Fattigauer Eklogiten lässt sich eine direkte Umwandlung der Granatsubstanz in Epidot öfters beobachten.

### Orthit

ist sehr verbreitet, aber überall nur in wenigen, winzigen Körnchen und Stengeln anzutreffen, besonders in Hornblende, in welcher er pleochroitische Höfe unter Erhöhung der Interferenzfarben um die Hälfte erzeugt. Das Maximum der Absorption ist  $\parallel$  b des Orthites.

Orthitstengelchen, schwach pleochroitisch in röthlichgelben Tönen, zeigen oft Zwillingsbildung und sind hie und da von Klinozoisitstengeln umgeben (Fig. 18). Der Orthit ist stets von sehr niedriger Doppelbrechung. Die Pigmentirung ist hin und wieder rosenroth bis orange, in fleckiger Vertheilung, ohne ausgesprochenen Pleochroismus. Klinozoisit in Granat enthält an



pleoch.Hof.  
Figur 18.

<sup>1)</sup> „Primärer Epidot“ von A. LACROIX [91].

einer Stelle ein Orthitkorn mit ansehnlichem pleochroitischen Hof. In einem andern Fall zeigt ein Orthitstengelchen im Klinozoisit eine Auslöschungsschiefe von  $40^\circ$ , Pleochroismus blass gelbroth  $\perp b$ , kräftig braunroth  $\parallel b = b$ . Auslöschung der Zwillingsebene  $\parallel$ .

### Carbonate

sind nicht sehr verbreitet und meist nur spärlich zu finden. Braunspath und Calcit kommen in den Grenzformen des Eklogites am Weissenstein aus dem Aufschluss bei Stammbach vor. Calcit wird als Infiltrationsprodukt in mehreren Goldberggesteinen angetroffen (hie und da durch Erzstaub getrübt), oder er findet sich im Bereich von Quarz- und Plagioklas-Infiltrationen, meist im Hornblendeaggregat, selten in Granat.

### Zoisite.

Von den Zoisiten ist Zoisit  $\beta$  in Eklogiten und verwandten Amphiboliten die häufigste Form. Besonders reich daran sind die Resorptionsschlieren im Hornblendegneiss, welche Produkte der Metasomatose von kleineren Bruchstücken plagioklasreicher Tiefengesteine durch Granit darstellen. Ausserdem findet sich Zoisit  $\beta$  neben Zoisit  $\alpha$  und Klinozoisit in den verschiedenartigen, meist flaserigen Zoisitamphiboliten, die als Produkte besonders intensiver chemischer und thermischer Einwirkung, sowie gleichzeitiger Auswalzung grössere Eklogitlinsen umgeben.

Die Zoisitamphibolite, z. B. vom Schaumberg, von Fattigau und aus der Gegend von Wustuben und Silberbach, enthalten bis mehrere Millimeter lange, mitunter verbogene, oft quergegliederte Säulchen von Zoisit  $\beta$ , gut charakterisirt durch die Lage der Achsenebene  $\perp b$ , den meist sehr kleinen Winkel der optischen Achsen und die normalen grauen Interferenzfarben ( $Ch_m +$ ,  $Ch_z -$ ); weniger häufig findet sich daneben Zoisit  $\alpha$  in meist rundlichen Körnern. Die sehr starke Achsendispersion des letzteren bedingt bei sehr niedriger Doppelbrechung graubraune bis tiefblaue anormale Interferenzfarben. Oft findet sich Zoisit  $\alpha$  fleckig vertheilt in Zoisit  $\beta$  mit unregelmässig zonarem Bau. Gewöhnlich sind die Säulchen von Zoisit  $\beta$  beiderseits zugespitzt, spindelförmig und meist quergegliedert, bisweilen mit versteckter Zwillinglamellirung. [Schaumbergamphibolite.] Die Zoisite enthalten oft mikrolithischen Rutil.

Oft bilden die Zoisite Ausläufer oder Fortsetzungen der Granate oder lückenhafte Brücken von einem Granat zum andern, besonders in der Richtung der Flaserung, ferner äquivalente Bestandtheile der Granatkörnergruppen. So ergänzen sie häufig das Granatnetz in vielen Eklogiten und Schlieren. Mitunter ist Zoisit  $\beta$  im Hornblendeaggregat der Grundmasse eingeschlossen und bildet darin hie und da Zwillinge oder Drillinge.

Zoisite sind meist Vertreter des Granates und in vielen Fällen unverkennbare Umwandlungsprodukte der Plagioklase. (Vgl. den Abschnitt Feldspathe, speciell Plagioklase.) Ausgezeichnet schöner Zoisit  $\alpha$  findet sich in den Resorptionsschlieren von der Epplasleite.

### Feldspathe und Saussurit.

Orthoklas spielt in keinem der untersuchten Gesteine aus dem Formenkreise der Eklogite eine erhebliche Rolle und ist nur in verhältnismässig wenigen mit Sicherheit nachweisbar.

In einem Zoisitamphibolit von Fattigau keilt sich ein etwa 6 mm langer frischer Orthoklaskrystall in kurze „Schwänze“ von Quarzkörnern aus, denen nur wenige Plagioklaskörner beigemischt sind. Das Ganze ist ein richtiges Orthoklas-„Auge“.

Plagioklase<sup>1)</sup> dagegen sind allverbreitet in den eklogitähnlichen Amphiboliten; aber auch in typischen Eklogiten, z. B. aus der Umgegend von Wustuben, betheiligen sie sich in einem gar nicht unbedeutlichen Maasse. Bei der kataklatischen Beschaffenheit der meisten plagioklasreichen Stellen und bei der Klein-

<sup>1)</sup> Die optische Bestimmung der Plagioklase habe ich durchweg nach der Methode von F. Fouqué vorgenommen. (Bull. Soc. Franç. Minéral. 1894, 17, 283. Ref. Groth's Ztschr. f. Krystallogr. 26, 300—316.)



heit der Plagioklasfragmente lässt sich im Allgemeinen keine Entscheidung darüber treffen, ob man es mit veränderten Resten älterer Plagioklase zu thun hat, die mit Strahlsteinspiessen || durchwachsen sind, oder ob es sich um kataklastisch veränderte Plagioklas-Amphibol-Gemenge handelt, welche aus vermiculirtem bzw. uralitisirtem Pyroxen hervorgegangen sind, deren „fond“ sehr allgemein sauren Plagioklas enthält.<sup>1)</sup>

Innerhalb der Granate sind auch in echten Eklogiten Plagioklaseinschlüsse nicht selten. Der Gedanke liegt nahe, in den nicht gerade auslöschenden prismatischen oder körnigen Mikrolithen in Granat, welche von sehr niederer Licht- und Doppelbrechung sind, Plagioklas zu vermuthen. Neben Quarz umgeben Plagioklaskörner in farblosen Zonen Granate; Quarz und Plagioklas bilden auch das Material von Infiltrationen, besonders in jüngere Risse und Klüfte des starren Gesteins.

Unverkennbare Pseudomorphosen nach Plagioklas sind die Saussuritleistchen im Diallag des Eklogits vom Geesterer Berg bei Wölbattendorf. Dieselben gleichen in der Art ihres Auftretens im Pyroxen durchaus den in beginnender Saussuritisirung begriffenen Feldspathleistchen in den Gabbro-Noriten von Martinsreuth und Glenzlamühl. (Fig. 19, vgl. Fig. 9.)

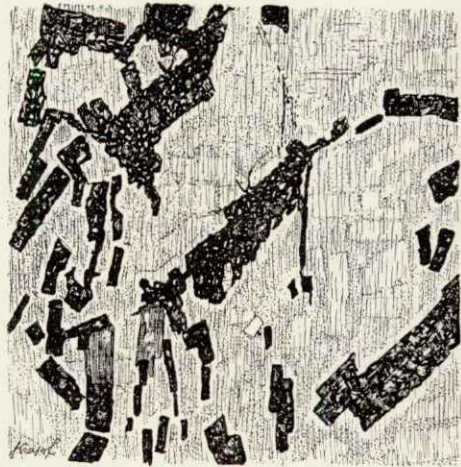
Jene Saussuritleistchen bestehen zum grösseren Theil aus sehr kleinen quergegliederten Prismen von Zoisit  $\beta$ ; dazwischen finden sich Stellen von viel schwächerer Lichtbrechung, vermuthlich Plagioklas, und feinste strahlsteinähnliche Nadeln, sowie hie und da grössere Stengelchen farbloser Hornblende. Vor den Saussuritleisten, weichen die Rutilmikrolithe im diallagähnlichen Pyroxen genau so zurück, wie die Titanerzinterpositionen im Diallag etc. der Gabbro-Norite vor dem Plagioklas. Dies gibt auch dann ein eigenartiges Netz von einschlossfreien Streifen im Eklogitpyroxen, wenn die Plagioklasleistchen ausserhalb der Schlieffebene liegen.

Das Saussurit-Vorkommen im Wölbattendorfer Eklogit hat grosse Aehnlichkeit mit dem im Saussuritgabbro von Wurlitz. Der Diallag von Wurlitz hat feinere prismatische Spaltbarkeit als in Wölbattendorf und ist ärmer an Interpositionen. Dagegen ist in dem Wölbattendorfer Saussurit der Zoisit  $\beta$  viel markanter anzutreffen, als in dem Wurlitzer Gestein.

In den Resorptionsschlieren aus dem „Hornblendegneiss“ vom Goldberg sind Zoisit  $\alpha$  und  $\beta$ , sowie Granat unverkennbar innerhalb ursprünglicher Plagioklasleisten entstanden.

Die anscheinend aus Plagioklas hervorgegangenen Zoisitaggregate in den verschiedensten eklogitähnlichen Amphiboliten, z. B. vom Schaumberg, von der Epplasteite etc. sind in der Regel auffällig arm an Titanmineralien.

Der sehr wesentliche Antheil, den die Plagioklase an der Bildung der Granate genommen haben, ist an vielen Stellen dieser Abhandlung erwähnt. Jedenfalls hat die Entstehung von Granat im Plagioklas allein in den Fällen stattgefunden, wo die Umwandlung eines plagioklasreichen Tiefengesteins im Granitecontact über den Umfang der Saussuritisirung nicht wesentlich hinausgegangen ist. Aber auch in eklogitartigen Umwandlungsprodukten solcher Tiefengesteine, ja in ausgeprägten Eklogiten ist die ausgiebige Betheiligung des Plagioklases an der Granatbildung



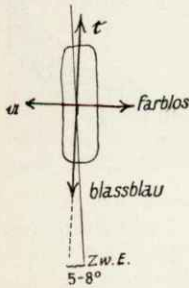
Figur 19.  
Saussuritleistchen im Diallag des Eklogits vom  
Geesterer Berg bei Wölbattendorf.  
Vergr. 30 : 1. Nicols +.

<sup>1)</sup> A. Lacroix [91] vergleicht ganz treffend die Bildung eines Albit-Oligoklas-Residuums („fond“) bei der Vermiculisirung des Pyroxens mit der Saussuritbildung.

nicht zu verkennen. Die nahen Beziehungen der älteren Feldspathe (Labrador) und saussuritischen Gebilde zur Entstehung der Granate sind in einem Saussurit-Amphibolit aus dem Goldberg in besonderer Deutlichkeit zu sehen, ähnlich auch in Contactstücken vom Aufschluss im Hohlweg bei Wustuben.

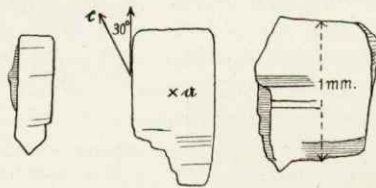
### Disthen,

stets in der blauen Varietät Cyanit, ist in den meisten typischen Eklogiten anzutreffen, besonders in den glimmerreichen und gern in Begleitung von Quarz. Makroskopisch tritt er am stärksten hervor in dem glimmerreichen Quarz, welcher Klüfte in dem Eklogitfels am Buchanger zwischen Markt Schorgast und Falls erfüllt. Reichlicher Disthen bildet darin Leisten, die bis 5 cm lang, 1—2 cm breit und bis 2 mm dick werden. Im übrigen ist er selten makroskopisch auffällig, so hie und da am Goldberg, auf dem Steinhügel bei Traindorf, in vereinzelten Proben vom Weissenstein und aus dem Hohlweg Unterpferdt-Silberbach. Leichter ist er in dem gröblichen Pulver dieser letztgenannten Gesteine, sowie auch in dem schönen Eklogit vom Rank'schen Steinbruch bei Silberbach mit der Lupe in Form himmelblauer gerundeter Körnchen aufzufinden, deren grösster Durchmesser nicht über 1 mm zu betragen pflegt.



Figur 20.

Lupenbilder von Disthenkörnern:



Figur 21.



Figur 22.

Unter dem Mikroskop ist er auch da noch sehr häufig zu erkennen, wo die Durchsuehung einer Pulverprobe mit der Lupe zu keinem Resultat führt. Die disthenreichsten Eklogite sind die aus der Umgegend von Markt Schorgast, z. B. vom Goldberg, dann von Traindorf und aus der Umgegend von Silberbach. Disthen fehlt in den Gesteinen vom Schaumberg, von Fattigau und in den untersuchten Proben oberpfälzischer eklogitartiger Gesteine. Der mikroskopische Nachweis wird durch die hohe Lichtbrechung erleichtert. Pleochroismus wird nur bei ganz guter Beleuchtung in einigen wenigen Fällen in Schnitten || zur Achsenebene gerade noch wahrgenommen (Fig. 20). Die fast nie fehlende Zwillingsbildung nach M ist eines der besten Erkennungsmittel, sowie eine der Zwillingsenebene fast || Auslöschung (Abweichung nur wenige Grade). Die Zwillinge löschen fast gleichzeitig aus. M zeigt fast immer charakteristische Querrisse (Faserbruch) und annähernd  $\perp$  Austritt von a. Einschlüsse sind im allgemeinen recht selten: Rutil und Quarz mit Rutileinschlüssen, selten Glimmer oder Hornblende. Disthen ist selbst Einschluss in farbloser Hornblende, selten in Quarz.

Die meist rundlichen Disthenkörner sind im allgemeinen mit den angrenzenden Mineralien nicht durch Verzahnung verbunden und lösen sich beim Pulverisieren glatt heraus.

Die symmetrische Auslöschung bei Zwillingen erfolgt unter 5—8° mit M. Die Körner sind auf Schlifflinien  $\perp$  M oft etwas bräunlich, häufig kataklastisch. Dadurch erscheinen die Körner oft in Stengelchen zerdrückt. Die Stengelchen sind öfters verbogen (Fig. 22). Die Spaltrisse nach M auf P sind in der Regel grob, ungleich stark und etwas faserig. Gern treten mehrere ungleich orientirte Körner zu einer Gruppe zusammen, z. B. in einem Streifen aus Zoisitkörnern in Reihen. Im Silberbacher Eklogit finden sich vereinzelt zwei Zwillingspaare zu einer Art von Vierlingen verwachsen. Dasselbst ist Disthen öfters in Amphibol eingeschlossen.



### Glimmer

sind verbreiteter, als Disthen, mit welchem sie sehr oft zusammen auftreten. Doch ist ihre Quantität im grösseren Theil der untersuchten Eklogite nur mässig. In den meisten Fällen häuft sich stark glänzender farbloser oder blass grünlich oder bräunlich gefärbter Glimmer in dünnen Lagen auf Kluffflächen an und täuscht alsdann eine Schieferung oder Schichtung des sonst richtungslos struirten Gesteines vor. So in Eklogiten von der Epplasmühle, von Fattigau, von Traindorf, vom Goldberg etc. Eines der auffälligsten Vorkommen annähernd farblosen Glimmers findet sich neben viel Disthen in einer starken Quarzintrusion, welche in den Eklogitfels vom Buchanger bei Falls eingedrungen erscheint. Die Glimmerplatten erreichen daselbst einen Durchmesser von über 1 cm und sind öfters hexagonal begrenzt. Fast gleich häufig sind dieselben streng einachsigt und mit grösseren Achsenwinkeln anzutreffen.  $\gamma-\alpha$  wurde in farblosem einachsigen Glimmer aus einem Eklogit von der Epplasmühle = 0,036 bestimmt.

In der Mehrzahl der Fälle ist der in Schlifften beobachtete Glimmer farblos; seine bis mehrere Millimeter grossen Blätter finden sich ganz allgemein in der Nähe des Granats, meist in unmittelbarer Berührung mit diesem. An ihrer Peripherie findet sich meistens brauner Biotit, in zahllose kleine Lättchen zertheilt oder zu bräunlichen, stark zersetzten Krümeln zerrieben. Solcher Glimmer besitzt meist einen so kleinen Achsenwinkel, dass im convergenten Licht das Achsenbild eines streng einachsigen Minerals<sup>1)</sup> erscheint. Doch findet sich oft daneben völlig gleich aussehender Glimmer, welcher grössere Achsenwinkel — bis zu denen des Muscovites — aufweist.

Der letztere Fall ist der weitaus seltenere. Liest man aus dem gröblichen Pulver mancher Eklogite die farblosen Glimmerschuppen heraus, so kann man aus einer Probe Glimmer mit allen möglichen Achsenwinkeln — meist aber kleinen — gewinnen, ohne dass sich äussere Unterschiede wahrnehmen lassen.

In Goldberggesteinen ist farbloser Glimmer ab und zu von Biotitlamellen durchwachsen. In einem eklogitähnlichen Amphibolit aus dem Hohlweg bei Unterpferdt sind grosse Glimmerblätter durchaus zersetzt und enthalten Biotit, Chlorit, grüne Hornblende, Klinozoisit. Die Entstehung des farblosen einachsigen Glimmers aus Biotit zeigt sich deutlich auch in einer Probe von Fattigau, besonders aber in den Uebergängen von glimmereichem Gabbro-Norit in Eklogit von Martinsreuth. Auf alle Fälle ist der Glimmer seinem ganzen Auftreten nach einer der ältesten Bestandtheile der Eklogite. Das ergibt sich aus seinen engen Beziehungen zum Granat (vgl. die mineralog. Beschrbg. desselben), aus der selbständigen Abgrenzung des Glimmers gegen Pyroxen etc., sowie aus zahlreichen anderen Erscheinungen. In einem Goldberg-Eklogit z. B. schliesst ein grosses Rutilkorn ein Quarzkorn ein, das mit Biotit verwachsen ist.

Glimmer und Disthen wie auch Rutil in Quarzgängen halte ich für Produkte der Auslaugung und Umkrystallisation.

### Der Rutil

ist als Einschluss und Begleiter des Granats, sowie in seinem Verhältnis zu Pyroxen und Amphibol bereits eingehend gewürdigt worden. Im Uebrigen ist seine Menge im Gestein einem ebenso grossen Wechsel unterworfen, wie die Färbung, Grösse und Gestalt seiner Individuen und Aggregate. Als Einschluss findet er sich gelegentlich in allen Eklogitbestandtheilen. Auffällig wenig Rutil trifft man in einigen Amphiboliten von Traindorf, vom Goldberg und von

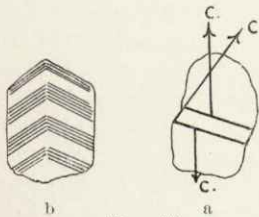
<sup>1)</sup> Einachsiger Glimmer kommt auch im Eklogit des Gr.-Venedigers vor. Vgl. E. WEIN-  
SCHENK [106].

Fattigau, während Eklogite und die meisten eklogitähnlichen Amphibolite vom Goldberg, Schaumberg, vom Buchanger bei Falls, von Fattigau, aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle etc. ausnehmend viel davon enthalten. Meist ist er in einem Schriff in allen Grössen, von staubfeinen Mikrolithen bis zu Aggregaten von 2 mm Durchmesser oder in Streifen dicht gedrängter Körner, bis mehrere Millimeter lang, vorhanden, während andere Präparate ihn in annähernd gleich bleibender Korngrösse zeigen.

Bis über 1 cm lange Prismen findet man im Bereiche von plumpen Quarzintrusionen in der Eklogitauseilung am Weissenstein, die durch einen Aufschluss nächst dem Stammbacher Friedhof in grossem Umfang blossgelegt ist, sowie in dem Quarz, der an der Gneiss-Eklogitgrenze (Schürfung) im Hohlweg Wustuben-Eppenreuth den Eklogit umrindet und injieirt. In solchen Fällen ist er offenbar ein Auslaugungsproduct. Sonst tritt Rutil makroskopisch meist wenig hervor und erscheint höchstens in kleinen rothbräunlichen, oft metallisch glänzenden Körnchen in einigen besonders rutilreichen Gesteinen.

Der Rutil ist in vielen Fällen ganz deutlich ein Umwandlungsproduct von schwarzem, glanzlosen bis bläulich metallglänzendem Titanisenerz, mit welchem er in den meisten untersuchten Gesteinen innig verbunden erscheint und geht unter dem Einfluss von kräftig wirksamen Quarz- oder Quarz-Feldspath-Injectionen ganz allgemein randlich oder total in Titanit über. Letzterer bildet alsdann einen mehr oder weniger dicht anliegenden, oft kokardenähnlichen Kranz um den Rutilkern, oder Krümelaggregate, auch compacte grosse Körner in den an solchen Stellen völlig kataklastischen oder granophyrischen Hornblende-Plagioklas-Aggregaten. Selten findet sich Rutil im Titanisenerz, das alsdann einen feinen Titanitsaum zeigt. Titanit bildet in Hornblende oft pleochroitische Höfe, ebenso brauner Rutil in Glimmer und Chlorit. Mitunter erhöht brauner Rutil in Berührung mit Karinthin dessen Auslöschungsschiefe auf 27—30° und verleiht demselben auffällige violette Töne.

Diejenigen Fälle, in denen Rutil anscheinend aus den Titanerzinterpositionen ursprünglichen Diallags, rhombischer Pyroxene und des Amphibols hervorgegangen ist, haben an anderer Stelle eingehende Erwähnung gefunden. Besonders wichtig erscheinen in dieser Hinsicht Eklogite von Wölbattendorf. Vollkommene Krystallbegrenzung haben nur die Rutilmikrolithe. Im Uebrigen handelt es sich um Körner und Körneraggregate, die in morphologischer Hinsicht nur die prismatische Spaltbarkeit als constantes Merkmal aufweisen.



Figur 23.

Zwillinge werden sehr häufig angetroffen, herzförmige Zwillinge nur bei Mikrolithen. Sonst ist stets (101) Zwillingsebene. Letzteres Gesetz führt oft zu ausgezeichnet schöner polysynthetischer Zwillinglamellierung (Fig. 23 a), bei Mikrolithen zu knieförmigen

Zwillingen und zweimal geknietem Drillingen. Als Seltenheit finden sich im mikroskopischen Bild die unter ca. 120° sich gegenseitig schneidenden Zwillinglamellen nach (101). (Fig. 23 b.)

Die Farbe des Rutils ist unter dem Mikroskop meist goldgelb bis orangegelb mit kaum merklichem Pleochroismus.

In sehr vielen Fällen zeigen dunklere Rutilite einen sehr kräftigen Pleochroismus: || c tiefbraun bis schwarzbraun, ⊥ c goldgelb, gelbbraun oder graubraun. Oft hat die graubraune Färbung einen deutlichen Stich ins Violette und zeigt dann denselben bläulichen oder stahlgrauen metallischen Reflex<sup>1)</sup> wie das Titanisenerz, aus welchem der Rutil hervorgegangen ist. In einem der interessantesten Eklogite, aus dem Hohlweg bei Wustuben, gleicht der Habitus der dunkel braunvioletten Rutilkörner (|| c dunkel nelkenbraun bis braunviolett, ⊥ c grauviolett) auffällig demjenigen des Titanisenerzes im Gabbrodiabas von Köditz. Fast nur der geringe Grad von Durchsichtigkeit unterscheidet solchen Rutil von dem sonst ganz ähnlichen opaken Titanisenerz.

<sup>1)</sup> „Es scheint, dass die blauen Varietäten eisenhaltiger sind.“ A. LACROIX [91].



Rutil ist sehr häufig mit Magnetkies innig verbunden. Staubförmig zertheilter Rutil zeigt häufig Leukoxenreflex. In wenigen Fällen vergrössern sich die Mikrolithe zu höchst feinen blassgelben Nadeln. In Fattigauer Eklogiten wird der orangefarbige Rutil im Bereich saurer Injectionen fuchsig braunroth.

Neben Rutil scheint hin und wieder

### Zirkon

vorzukommen, der bei rutilähnlichen Formen seiner Mikrolithe unter dem Mikroskop meist farblos erscheint und sich vom Rutil durch weit schwächere Doppelbrechung (sehr lebhaft Interferenzfarben) unterscheidet. Das Weiss höherer Ordnung wird beim Rutil immer durch die intensive Eigenfarbe verdeckt.

Die Menge des Zirkons ist stets eine verschwindend kleine.

### Titaneisenerz

ist in den eklogitartigen Gesteinen sehr verbreitet, doch tritt es nirgends in erheblichen Mengen auf, da es ganz allgemein bis auf spärliche Reste in Rutil und Titanit umgewandelt erscheint. Für die sichere Entscheidung der Frage, ob es sich um Titanmagnetit oder Titaneisen (Ilmenit) handelt, gibt das vorliegende Material meist keine genügenden Anhaltspunkte. Nur in wenigen Fällen spricht eine deutliche Oktaedergestalt für Titanmagnetit.

Sehr allgemein zeigen die wenigen Reste dieser Erze einen schwachen Metallglanz und matt stahlblauen bis grauen, selten lebhaft stahlgrauen Reflex. Leukoxenreflex findet sich im allgemeinen nur bei Flecken staubfein zertheilten Rutils und Titaneisens, besonders im Granat. Fein zertheiltes Titaneisen wird hin und wieder in jüngeren Quarzinfiltrationen gefunden. An injicirten Stellen zeigten Titaneisenkörner gewöhnlich Säume von Titanit, in den sie gänzlich übergehen können.<sup>1)</sup>

### Magnetkies

gehört zu den häufigsten accessorischen Gemengtheilen des Eklogites. Sein Vorkommen scheint mir einer der besten Belege dafür zu sein, dass bei der Metasomatose, deren Produkte die Eklogite mit ihren mannigfaltigen Grenzformen sind, hohe Temperaturen obgewaltet haben.

Ein 2 mm grosses Erzkorn in einem eklogitähnlichen Amphibolit (Eklogit-Grenzform) vom Hohlweg Unterpferdt-Silberbach erweist sich als schlackenartig poröser Pyrit, der randlich in Magnetkies umgewandelt ist. Die Magnetkieszone ist etwa 0.25 mm dick. In den Hohlräumen des Pyrites finden sich Körner und gitterartig verwobene feinste Nadelchen von Hornblende, farbloser Glimmer, sowie wirre Aggregate von Hornblende, Glimmer und vielleicht auch Plagioklas-Fragmenten.

Sonst ist der Magnetkies meist in sehr zahlreichen Körnern bis über 1 mm Grösse sehr verbreitet, besonders in den erzeichen Gesteinen vom Hohlweg bei Wustuben und bei Unterpferdt, sowie vom Aufschluss nächst dem Stambacher Friedhof. Durch seine Verwitterungsprodukte trägt er wesentlich zu der dunkel rostbraunen Färbung bei, welche viele unfrische Eklogit-Grenzformen zeigen.

Frische Magnetkieskörner sind makroskopisch und im Schlicke durch ihre Bronzefarbe leicht zu unterscheiden von dem viel selteneren

### Pyrit,

welcher z. B. in den dickeren, linsenähnlichen Schlieren im „Hornblendegneiss“ am Westabhang der Epplasleite und zwar in deren eklogitartigen Partien makroskopisch stark hervortritt und bis 1 mm grosse speisgelbe Körner von starkem Glanz bildet. In den untersuchten Schlicken findet sich nur ganz ausnahmsweise Pyrit.

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. A. CATHEIN [78].

### Quarz.

Derselbe fehlt nirgends völlig und tritt in stark injicirten Gesteinen oft in sehr erheblichen Mengen auf. Stets ist er farblos und enthält an Einschlüssen meist nur Resorptionsproducte, wie Klinozoisitmikrolithe, kleine Granate und Rutil, Disthen, Glimmer, oder auch mitgerissene Krystalle und Fragmente, wie Hornblende, Pyroxen u. dgl.

In vielen Fällen gehören die klaren Quarzkörperaggregate, welche Zwischenräume in der Pyroxen- bzw. Amphibol-Grundmasse bilden, einer älteren gesteins-eigenen Generation an, die gegen Pyroxen scharf abgrenzt, ohne diesen zu zerfasern. In solchem Quarz, welcher oft auch den Granat concentrisch umgibt, finden sich Körner und Krystalle von Pyroxen, Disthen. Zu dieser älteren Generation, welche hin und wieder kleine Flüssigkeitseinschlüsse enthält, gehören unstreitig auch die rundlichen und dihexaedrischen Quarzmikrolithe im Granate, sowie die Quarzkörner in Granatperimorphosen.

Abgesehen von dem im petrographischen Theil ausführlich beschriebenen Vorkommen des Quarzes in den Resorptionsschlieren und peripherischen Partien der Eklogitlinsen macht der Quarz auch im eigentlichen Eklogit und in den verwandten Amphiboliten oft den Eindruck einer granitischen Apophyse bzw. eines im dünnflüssigen Zustand injicirten Materials, „Quarz granulitique“. In solchen Fällen ist ihm sehr oft Plagioklas beigemischt, der auch den Quarz um Granat häufig begleitet.

Die Form der Quarzinjectionen richtet sich nach dem Abstand von der Hauptmasse des heissen Eruptivmaterials, welches die Metasomatose zu Eklogit bewirkt hat. Grössere Massen des ursprünglichen Gesteins wurden offenbar nur an ihrer Oberfläche erweicht, anscheinend in einen Krystallbrei verwandelt und theilweise resorbirt. Der in solches oberflächlich beweglicher gewordene Gestein eingedrungene Quarz hat sich allermeist in Form eigenthümlich buchtig begrenzter Lacunen (Linsen) (Fig. 16) ausgeschieden, die sehr allgemein mit Körnchen, Stengelchen oder Fasern strahlsteinartiger Hornblende eingefasst sind. Im Umkreis solcher Lacunen ist der Pyroxen, offenbar unter dem Einfluss der heissen Quarzinjection, zerdrückt, erweicht, zerkräuselt worden, und der vermiculisirte Pyroxen ging häufig in krümelige Hornblende über. Von den Lacunen aus dringt häufig reiner Quarz zwischen die Stengelchen und Fasern des zerdrückten Pyroxens ein, häufiger aber mengt er sich mit Plagioklas, der von A. LACROIX [91] als ein Zersetzungsprodukt des veränderten alkalireichen Pyroxens angesehen wird.

Derartig durch unmittelbaren Contact mit eruptivem Material erweichte Randzonen des metamorphen Gesteins zeigen Erstarrungsformen, welche denen mancher Ergussgesteine — Diabase und Diorite — auffällig gleichen und sehr häufig von klarem, rutilhaltigen Quarz krustenförmig umflossen erscheinen.

Im Bereiche von älteren sauren Injectionen, welche auf Rissen bis ins Innere des metamorphen Gesteins eindringen, fand reichliche Karinthinbildung statt. Noch jüngere Infiltrationen von sauren Lösungen haben nur ganz geringfügige Wirkungen hervorzubringen vermocht.

## 2. Specielle petrographische und mineralogische Verhältnisse.

### Kleine Amphiboliteinlagerungen im Hornblendegneiss mit Annäherung an eklogitartige Beschaffenheit.

Ein Amphibolit aus dem Steinbruch nächst der Rothenmühle bei Münchberg (diorit-ähnlicher Granat-Zoisit-Amphibolit), äusserst zäh, mit Andeutung einer dünnschieferigen Struktur, stellt ein stengeliges bis feinkörniges Aggregat schwarzer Hornblende vor, das meist kleine violettrothe Granate, bis 1 mm grosse Pyritkörner und wenig Quarz makroskopisch erkennen lässt. Die Hornblende zeigt karinthinartigen Pleochroismus und schliesst Titaneisen und Rutil, ferner Calcit ein. Klinozoisit findet sich in und zwischen Hornblende, auch in Granat, für den er ein Aequivalent zu sein scheint. Er geht vielfach in schwach pleochroitischen Epidot über, der öfters Rutil einschliesst. Oligoklas bildet mit Quarz verzweigte Zwischenfüllmassen. Die Plagioklaskörner enthalten hie und da Granat, reichlich Calcit und Klinozoisit, seltener Epidot. Im Calcit findet sich öfters dendritischer Titanmagnetit. Der ziemlich einschlussarme Granat zeigt ähnliche Merkmale, wie in stark injicirten eklogitartigen Gesteinen. Seine Einschlüsse sind



Epidot, Klinozoisit, Titanmagnetit, Hornblende, Calcit, Rutil, Pyrit, Glimmer. Biotit ist fast immer in unmittelbarer Berührung mit Hornblende zu treffen. Mit reichlichem braunen Rutil stehen zahlreiche Körnchen und feine Leisten Titanmagnetit im Zusammenhang. Vereinzelt finden sich Chloritschuppen ( $\perp$  c blass blaugrün,  $\parallel$  c blass gelblich) mit anomalen braunen Interferenzfarben, ferner Pyrit.

Granat-Amphibolit aus dem kleinen Steinbruch an der Landstrasse Gefrees-Münchberg (nächst der Lübnitzmühle) und eine aus der Sammlung des kgl. Oberbergamts in München entnommene Probe „Dioritschiefer mit Granaten, Uebergang zu Eklogit, Seulbitz, F. 1029,“ sind dem Gestein von der Rothenmühle im Allgemeinen sehr ähnlich, nur gröber in der Textur und etwas reicher an Plagioklas, der dem Oligoklas nahesteht. Die Hornblende (c:c 16° bzw. 20°) schliesst Quarz, Titanmagnetit und Rutil ein. Granat, sonst ungleichmässig vertheilt, bildet im Seulbitzer Gestein ein 11 mm langes streifenförmiges Körneraggregat, das Hornblendefragmente, Erze, Chlorit, Klinozoisit, Apatit einschliesst, während im Granat des Amphibolites von der Lübnitzmühle nur Quarz und Rutil, letzterer öfters in Mikrolithenschwärmen, als Einschlüsse auftreten. Quarz bildet Körneraggregate, die auch Plagioklaskörner umfassen und Fragmente, sowie Krystalle der meisten übrigen Bestandtheile enthalten. Goldgelber, schwach pleochroitischer Rutil wird nicht reichlich im Granat, seltener noch in anderen Gemengtheilen getroffen, im Quarz in Form feiner Nadelchen. Farbloser Glimmer und Biotit sind ganz untergeordnet. Das Seulbitzer Gestein enthält Titanmagnetit in zahlreichen Krystallskeletten, Leisten und Körnern, daneben nicht selten isometrische, zum Theil verwitterte Pyritkörner. Durch ein Granataggregat im Seulbitzer „Diorit“ zieht sich ein mehrere Millimeter langer Streifen, der aus einem ansehnlichen Klinozoisitprisma, einigen Epidotkörnern und aus in Zersetzung begriffenen Feldspathkörnern besteht. Die Klinozoisitsäule dient einem Chloritbüschel als Stützpunkt. Der Chlorit, welcher im Seulbitzer Gestein nicht nur am und im Granat, sondern auch vielfach im Zusammenhang mit Hornblende auftritt, bildet im ersten Fall Schüppchenaggregate, sonst bis 1 mm grosse Lämpchen. Pleochroismus kräftig,  $\perp$  c meergrün,  $\parallel$  c blass grünlichgelb, Achsenwinkel sehr klein, Charakter  $\perp$ ,  $\nu > \rho$  (anomale bräunliche Interferenzfarben). Im Allgemeinen zeigt das Gestein manche Aehnlichkeit mit dem Granat-Diorit von Neustadt a. d. W.-N. Auch der Amphibolit von der Lübnitzmühle ist reich an Klinozoisit und enthält stellenweise Anhäufungen von runden Körnern Zoisit  $\beta$ , welche oft ganz eigenthümlich geformte Kerne von Zoisit  $\alpha$  mit anomalen braunen Interferenzfarben einschliessen. Statt des Pyrites enthält dieses Gestein hie und da Magnetkies.

### Granatführende Amphibolite aus dem Bereiche nicht näher untersuchter Eklogitlagerstätten im Münchberger Gneissgebiet.

Die nachstehend beschriebenen Gesteine haben wesentliche Charaktere mit den eben erwähnten, zum Theil dioritähnlichen, granatreichen Amphiboliteinschlüssen im Hornblendegneiss gemein, nähern sich aber — abgesehen von dem gänzlichen Mangel an Pyroxen — den Eklogiten.

Granathaltiger Feldspath-Zoisit-Amphibolit vom Tännig bei Stammbach („Eklogit“ aus der Sammlung des Oberbergamts München) enthält einzelne grosse Granatkörner in äusserst feinkörniger Grundmasse, die aus grüner Hornblende mit Plagioklas, Zoisit, Epidot, Titanit, Rutil und Quarz besteht. Die Hornblendekörnchen (c:c 16°) sind von etwas blassem, karinthinartigen Pleochroismus und meist in einen Quarz-fond eingebettet.

Ein Theil der Hornblende bildet, mit Plagioklas und Zoisit  $\beta$  durchwachsen, gitterförmige Partien, die an Plagioklasleisten von Gabbros erinnern, in welche auffällig grosse Saussuritisirungsprodukte  $\parallel$  den Zwillinglamellen eingelagert sind. Wo die  $\parallel$  gelagerten Hornblendeprismen im Querschnitt getroffen sind, erscheint die Textur solcher Gebilde sehr zierlich. Dasselbst findet sich auch Quarz und Klinozoisit beigemengt. Die Hornblende enthält um stark lichtbrechende Körnchen öfters pleochroitische Höfe. Spärlicher Granat ist ganz unregelmässig vertheilt und fehlt ganz in den aus Hornblende- und Titanitkrümeln bestehenden Partien. Im Uebrigen zeigt er ein ähnliches Verhalten, wie in den Gesteinen der Eklogitfamilie. Seine Einschlüsse sind Rutil in Körnern und ungewöhnlich schlanken Nadeln, zum Theil mit Titaneisenresten, ferner Zoisit  $\beta$ . In breitere Risse dringt Karinthin ein. Zoisit  $\beta$  findet sich in besonders grossen Körnern in unmittelbarer Angrenzung an Granat, ergänzt und vertritt denselben in ganz augenscheinlicher Weise. Dem Zoisit  $\beta$  ist sehr häufig Zoisit  $\alpha$  eingewachsen. In dem feinkörnigen Hornblendeaggregat ist der Zoisit meist durch schwach pleochroitischen Epidot ersetzt; zwischen den Hornblendekrümeln liegen in einem quarzähnlichen „fond“ zahlreiche Körnchen und kugelige Körneraggregate von Titanit. Letzterer umgibt auch einzelne grosse braune Rutilkörner mit Titaneisenrest.



Granathaltiger Feldspath-Zoisit-Amphibolit vom Rothenbühl bei Solg (Förstereuth). [Aus der Sammlung des Oberbergamtes München.] In demselben sind ein bis mehrere Centimeter dicke, annähernd  $\parallel$  Lagen aus schwärzlicher Hornblende, die gleichmässig mit weissen Körnchen, fettglänzenden Quarzkörnern und Sericitschüppchen gemischt ist, durch sehr zarte Sericithäute von einander getrennt. Rothbraune rissige, annähernd isometrische Granatkörner, bis 5 mm Durchmesser, mit Karinthinhülle, werden von der fast schieferigen rutilreichen Grundmasse flaserig umzogen.

Die etwas bräunliche karinthartige Hornblende, welche häufig Rutil einschliesst, bildet in Form von ungefähr gleichsinnig orientirten, durchschnittlich 1 mm grossen Körnern und Stengelchen lockere Lagen, die mit solchen abwechseln, in denen Quarz und Feldspath vorwiegen. Die Hornblende,  $c:c = 23^\circ$  auf (010), enthält um farblose stark lichtbrechende, schwach doppelbrechende Körnchen pleochroitische Höfe und ist gegen Quarz und Feldspath scharf abgegrenzt. Hier und da finden sich am Rande von Hornblendeindividuen krümelige Aggregate aus Carbonaten, die durch ferritische Zersetzungsprodukte bräunlich gefärbt sind.

Quarz, Oligoklas und Orthoklas bilden ein inniges Gemenge kleiner allotriomorpher Körner. Quarz schliesst mitunter Klinozoisitsäulchen ein, desgleichen Rutilnadeln, hier und da Calcitromboeder und Biotitschüppchen. Letztere bilden auch zarte flaserige Häutchen zwischen den  $\parallel$  Lagen des Gesteins, dessen hellere und dunklere Partien viele Körner von Zoisit und Klinozoisit enthalten; letzteres Mineral zeigt oft Uebergänge zu Epidot. Seltener Gemengtheile sind Pyrit, Magnetit, ferner Chlorit, dieser besonders in der Umgebung des Klinozoisits.

Die vereinzelt, bis 5 mm grossen, annähernd isometrischen, unter dem Mikroskop sehr blass röthlichen Granatkörner sind keine eigentlichen Individuen, sondern Aggregate aus ungefähr  $\parallel$  gelagerten Körnern und länglichen Leisten, die durch Apophysen zusammenhängen. Diese Primitivgebilde enthalten in annähernd gleicher Orientirung reihenweise eingeschlossenen Klinozoisit, Quarz, Rutil, Hornblende. In der gleichen Richtung, welche die Primitivgebilde des Granates und seine Einschlüsse einhalten, ist derselbe am Rande durch Karinthstengelchen mit einem Fransenanhang versehen, der tadellose Magnetitoktaederchen enthält. Letztere liegen auch mit eingedrungenem Karinthin in den Lücken der Granatkrystalloide; in compacten Granatkörnern ist nur gelber Rutil eingeschlossen. In den übrigen Theilen des Gesteins ist letzterer öfters noch mit Resten von Titanmagnetit verbunden.

Feldspath-Zoisit-Amphibolit aus einem Hohlweg nordwestlich von Wölbattendorf präsentirt sich als ein grobkörniges, dunkel graugrünes Gestein mit grossem Erzreichtum und entschieden rundlich-schaliger Absonderung bzw. Verwitterungsform, wie man sie als fast constantes Merkmal an Eklogit-Grenzformen findet. Makroskopisch lassen sich Karinthin und spärlicher blass bräunlicher Granat neben hell lauchgrünen, fast dichten Partien wahrnehmen. Magnetkies ist reichlich eingesprengt. Auf ebenen Klufflächen ist Quarz makroskopisch nicht zu erkennen. Das grobe Grundgewebe des Gesteins bildet ein mit Plagioklas und theilweise mit Quarz innig durchwachsenes kataklastisches und chemisch stark beeinflusstes Hornblendeaggregat, dessen Anordnung an die Gruppierung der Plagioklasleisten eines ophitischen Gabbros erinnert. Die einzelnen Hornblendeindividuen, vom Charakter eines verschieden intensiv, meist blass, etwas bräunlich gefärbten Karinthins, sind grossentheils ansehnliche, stark corrodirt Leisten. Es hat mitunter den Anschein, als ob Leisten basischer Plagioklase (zum Theil Bytownit) mit Hornblende ausgiebig  $\parallel$  verwachsen bzw. durchwachsen wären. Ein anderer Theil des Plagioklases ist Oligoklas-Andesin. Oft enthalten grössere Hornblendeindividuen zahlreiche Prismen Zoisit  $\alpha$  und  $\beta$ , theilweise in  $\parallel$  Verwachsung (Fig. 24). Um Rutil, Titanit, Zirkon und Orthit liegen in der Hornblende oft pleochroitische Höfe.



Figur 24.

Auffällige Einschlüsse in der Hornblende bilden Granate. Auch der Plagioklas enthält sehr häufig kleine Granatkörner. Klinozoisit, mitunter auch Biotit, sind als Einschluss in Lücken und um die Peripherie der Granate allgemein anzutreffen. Alle Granate enthalten etwas Rutil.

Krümel blassgrüner Hornblende, theilweise zersetzt, liegen meist in streng regelmässigen Reihen in einen „fond“ von nicht immer deutlich erkennbarem jüngeren Plagioklas eingelagert, öfters in zierlicher mikropegmatitischer Verwachsung mit diesem. Innerhalb derartigen Partien finden sich häufig grössere Quarz-Lacunnen, die hier und da Apatit enthalten. Der Plagioklas schliesst selten kleine Zirkone ein. Magnetkies ist reichlich vorhanden, ebenso Rutil, oft mit Titanitsaum, und Titanitkörner.



Das Gestein zeigt in vielen Punkten Uebereinstimmung mit dem saussuritischen Uralitgabbro von Traindorf, mehr noch mit einem stark zeretzten, grobkörnigen Uralit-Gabbro von Mühlendorf<sup>1)</sup> bei Leupoldsgrün. Die braune Hornblende hat in letzterem Gestein grösstentheils durch karinthartige Ersatz gefunden, welche viel Calcit und Chlorit enthält. Vom ursprünglichen Feldspath, Plagioklas und Orthoklas, finden sich nur noch wenige trübe Reste. Der meiste Feldspath, Albit bis Oligoklas, ist Neubildung.

### Granatreiche eklogitähnliche Feldspath-Zoisit-Amphibolite<sup>2)</sup> vom Schaumberg bei Oberkotzau.

Die Amphibolgesteine von diesem wichtigen Fundort zeigen ein recht verschiedenartiges Aussehen. Das durch kataklastische Erscheinungen verwirrend vielgestaltige und oft bis zur Undeutlichkeit verwischte mikroskopische Bild lässt gleichwohl den gemeinsamen Grundcharakter nie völlig verkennen. Es handelt sich durchweg um metamorphe basische Tiefengesteine, die im Granitcontact, insbesondere durch saure Injectionen, tiefgreifend verändert worden sind. Einzelne Proben gehören zu den instructivsten Stücken des ganzen im Münchberger Gneissgebiet gesammelten eklogitähnlichen Materials.

Die Granate sind zum Theil durch ähnlich geformte, mit Karinthin und Chlorit eingefasste, dichte Aggregate ersetzt. Die Grundmasse ist entweder gleichmässig feinkörnig, grau oder grünlich, und enthält Quarz oder gelbliche Schlieren, oder sie ist feinstengelig bis filzig, alsdann weisslich und mit rundlichen weissen oder gelblichweissen, glänzenden Zoisitkörneraggregaten neben Granat erfüllt, welche letzterer durch Zoisitanhäufungen vertreten sein kann. Selten besteht die Grundmasse aus einem groben Hornblendeaggregat. Unter dem Mikroskop zeigt sich allermeist eine intensive Wirkung der Kataklyse und innerhalb eines meist richtungslosen Grundgewebes eine ausgeprägte Tendenz zu centrischen Strukturen. Der Mineralbestand ist im Allgemeinen, nach der durchschnittlichen Menge geordnet, folgender: Hornblende (zum grossen Theil Karinthin), Granat, Zoisite, Klinozoisit, Quarz, Epidot, Rutil, Titanit, Plagioklas, farbloser Glimmer, Chlorit, Biotit, Titaneisen (oft deutlich Titanmagnetit), Magnetkies, Orthit, Limonit als Zersetzungsproduct, Apatit; in einem Fall viel vermiculisirter Pyroxen.

Grüne Hornblende ( $c > b$  blass blaugrün, braun oder violett nuancirt,  $a$  blass grünlichgelb bis farblos;  $c : c$  16<sup>o</sup>) bildet die sehr verschiedenartig struirte Grundmasse, meist Krümel oder mit Feldspath verwobene Gitter, dazwischen grosse corrodirt oder randlich zerkräuselte Körner. Die farblose Zwischenlagerung besteht aus Quarz und Plagioklas, letzterer oft in zierlichster mikropegmatoider Verwachsung mit Amphibolstengelchen. Karinthin und auch fast farblose Hornblende treten wie sonst in enge Beziehungen zum Granat und sind verhältnismässig reich an Orthit. Die nur selten fehlenden Granate sind regellos vertheilt und zeigen sehr allgemein starke Kataklyse, öfters Corrosion, häufig schöne Perimorphosen. Zersetzungsprodukte begleiten die oft bis zur gänzlichen Umwandlung des Granates führenden Infiltrationen durch Quarz mit Karinthin. Mitunter kennzeichnet nur noch ein typischer Karinthinsaum das total zersetzte Granatkrystalloid. Unmittelbar daneben können sich unversehrte Granate finden. Die Einschlüsse und peripherischen Begleiter des Granates sind die gewöhnlichen. Die Hauptrolle spielen

<sup>1)</sup> Von einer Stelle, an der GÜMBELS Karte Eklogit verzeichnet.

<sup>2)</sup> F. SANDBERGER [74] bezeichnete diese Gesteine als „Karinthin-Diorit, eng verbunden mit Eklogit“. Vgl. auch Fig. 4.



dabei Quarz, Rutil, Klinozoisit, Epidot, Zoisit  $\beta$ , Chlorit, weniger allgemein Glimmer. Ganze Granatkörner können durch Chlorit allein ersetzt sein.

Zonen von Klinozoisit, Quarz und Plagioklas trennen mitunter die Granate von der Amphibolgrundmasse. An der Granatperipherie finden sich häufig Titanitaggregate. Die Karinthinstengelchen vergrössern sich öfters zu Körnern, welche den ganzen Granatkrystall einschliessen. Im Uebrigen finden sich an und in den Granatkrystalloiden alle auch sonst in den Gesteinen der Eklogitfamilie beobachteten Erscheinungen. Klinozoisit und Epidot sind grossentheils auf den Granatbereich beschränkt und bilden häufig Brücken von einem Granat zum nächsten. Dichtgedrängte Aggregate von beiden, die ausserdem Chlorit, Karinthin, Granat und farblosen Glimmer enthalten, ersetzen nach Auftreten, Gestalt und Grösse den Granat.

Der Reichthum an Titanmineralien ist meist gross. Rutil findet sich im Bereich der sauren Injectionen selten ohne Titanitsaum, häufig ist er auch durch Titanit ganz ersetzt. Die Paragenesis vieler auf den Raum weniger Quadratmillimeter zusammengedrängter Rutilkörnergruppen ist folgende:

Rutil, Titanmagnetit, Karinthin, winzige Granate (der Rutilperipherie dicht angeschmiegt), Quarz, Klinozoisit, farbloser Glimmer, Plagioklas.

Die Zoisite erscheinen schon makroskopisch als ganz eigenartige, den Granat ersetzende Einlagerungen. Es handelt sich meist um Gruppen dicht gedrängter, mehr oder weniger regelmässig orientirter kleiner Prismen — meist von Zoisit  $\beta$  — und deren Bruchstücke. Solche Anhäufungen sind weniger häufig leistenförmig und alsdann Pseudomorphosen nach Plagioklas nicht unähnlich, öfters aber rundlich, von 2—7 mm Durchmesser, und erinnern dann in ihrer Form an Granatkörner. Gewöhnlich sind sie frei von Rutil. Mit letzterem pflegt nun der sonst gewöhnlich fehlende Klinozoisit sich einzustellen, der mitunter auch Rutil einschliesst. Im Zoisitbereiche liegen im Allgemeinen nicht häufig Körnchen verschiedener Plagioklase, vom Albit bis Oligoklas-Andesin, ferner farbloser Glimmer mit kleinen Achsenwinkeln.

Der meist reichliche, kataklastische Quarz bildet kleine Körneraggregate und Lacunen in der Grundmasse, nicht selten ausgeprägte, verzweigte Injectionen. In dem oft groben Körneraggregat der letzteren schwimmen Hornblendefragmente, Zoisitkörner und Rutil. Quarzlacunen finden sich besonders um die Granate herum und verbinden sich gelegentlich mit den Quarzonen im Granat. Von den Lacunen und Injectionskanälen aus zieht sich mit Plagioklas untermengter Quarz in den „fond“ der Hornblendegrundmasse hinein. In einzelnen Fällen besteht der Fond nur aus Quarz. Am Rande von Quarzlacunen findet sich der sonst nur spurenweise auftretende Biotit in einzelnen Lämpchen. Aeltere Quarzlacunen werden von jüngeren Quarzinfiltrationen mitunter scharf durchschnitten.

Ein Feldspath-Granat-Zoisit-Amphibolit aus der Hofer Realschulsammlung („granathaltiger Dioritschiefer Oberkotzau“) schliesst sich bezüglich seiner mineralischen Zusammensetzung an die Schaumberggesteine an, hat aber gröbere Strukturverhältnisse, die mehr an die Granatdiorite von Neustadt a. W.-N., Seulbitz etc. erinnern. Der Karinthin zeigt Auslöschungsschiefen bis 25°. Hornblende tritt weniger in Krümelform auf. Der Schliff enthält Pyrit und Apatit in geringen Mengen. Eine kleine Partie anscheinend injicirten Quarzes ist in lauter kleine würfelförmige Fragmente von ca. 0,05 mm Kantenlänge zerdrückt.

Einige Proben „Anthophyllit vom Schaumberg bezw. von Eppenreuth“ aus der Hofer Realschulsammlung reihen sich in ihrer mineralischen Zusammensetzung auf's Engste den eben beschriebenen Schaumberggesteinen an und zeigen andererseits Anklänge an den in Eklogit übergehenden Amphibolit vom Steinhügel bei Traindorf. Bis 10 mm grosse, von radialen Karinthinstengelchen umsäumte Dodekaeder sind unverkennbar Pseudomorphosen von Karinthin nach Granat, von welchem letzterem noch viel übrig geblieben ist. Die Hornblende ist darin zum Theil sehr blassgrüner, öfters radial gruppirter Strahlstein, und bildet oft zierlich gegitterte Aggregate oder Verwebungen (Amphibole dentelliforme), neben denen sich in ungewöhn-



licher Reichlichkeit grosse Blätter fast farblosen Chlorites und Biotit finden. In einem grobkörnigen schwarzen Amphibolit vom Schaumberg fällt eine mikropegmatoide Durchwachsung grosser Karinthinkörner mit Plagioklas auf, ferner ungewöhnlich (bis 2 mm) grosse, mit Hornblende durchwachsene Stengel von Zoisit  $\beta$ .

Der mineralischen Zusammensetzung nach gehört hier auch eine Probe „Granat Eppenreuth bei Oberkotzau“ der Oberbergamtssammlung München, auffällig durch die bis 2 mm dicken Hüllen aus radial gestellten Karinthinstengelchen um die bis 15 mm grossen, sehr einschliessreichen Granatkrystalloide.

In einem Schriff von Schaumberg-Amphibolit löschen stengelförmige Partien der krümeligen Aggregate gleichheitlich unter einem  $\angle$  von ca.  $40^\circ$  aus. Solche blassgrüne, fast farblose Partien sind wohl als vermiculisirter Pyroxen aufzufassen, d. i. als vom Rande her in  $\parallel$  Stengelchen zerlegter Pyroxen, wobei die Stengelchen öfters eine Kräuselung erfahren haben. Die Grenze zwischen dem Pyroxene vermiculisé gegen die Krümel- und Faseraggregate der uralitischen Hornblende festzustellen, gelingt mit einiger Schärfe in keinem einzigen Falle, weder bei Amphiboliten, noch bei typischen Eklogiten, welche derlei Gebilde enthalten.

Durch die Konstatirung solcher Pyroxenreste in einem Schaumberggestein ist ein Uebergang geschaffen zu den in ihrem sonstigen Mineralbestand im Wesentlichen mit den eben beschriebenen Amphiboliten übereinstimmenden erzeichen Granat-Plagioklas-Pyroxen-Amphiboliten vom Schaumberg, die man versucht ist, kurzweg als Eklogite zu bezeichnen.

In einem derselben liegen grosse Granatkörner reihenweise in einer grossblättrigen Grundmasse aus blasser Hornblende (c schmutzig bräunlichgrün, b olivbräunlich, a fast farblos; c:c  $23^\circ$ ), welche theilweise in Faseraggregate übergeht, in der vereinzelt, randlich zerfaserte, blassgrünliche Pyroxenreste (Kerne) (c:c  $42^\circ$ ) anzutreffen sind. Auffällig sind in diesem, wie in dem anderen Pyroxen-Amphibolit vom Schaumberg, die im mineralogischen Theile beschriebenen Granatperimorphosen, von deren Inhalt ausser den grossen Quarzlacunen besonders bemerkenswerth sind Pyroxen, einachsiger Glimmer, Plagioklas und Magnetkies.

Das zweite der beiden Gesteine, grobkörnig, äusserst erzeich, sehr eklogitähnlich, enthält grünliche Hornblende, die, wie gewöhnlich, um den Granat und in demselben zu eigentlichem Karinthin wird (c:c =  $18^\circ$ ). Ganz blass bläulichgrüner Pyroxen findet sich in durchschnittlich 1 mm langen, etwa halb so breiten Stengeln als Kern in zerkräuselten und zerfaserten Aggregaten, die theilweise uralitische Hornblende vorstellen. Hie und da zeigt der diallagähnlich feinstengelig struirte Pyroxen terminale Aufkräuselung seiner Stengelchen ohne Aenderung des Auslöschungswinkels; ganz fein zerfaserte Endigungen der letzteren Gebilde zeigen andere Auslöschung, sind also bereits uralitisirt. Der wenig kataklastische Pyroxen ist sehr arm an Einschlüssen (Rutil, Quarz, Granat).

Der Plagioklas ist so reichlich vertreten, wie nicht leicht wieder in einem dem Eklogit so nahestehenden Gestein. Vereinzelt Körner zeigen die optischen Eigenschaften eines sehr basischen Plagioklases (symmetrische Auslöschung  $23^\circ$ ). Meist aber handelt es sich um saurere Neubildungen (Albit bis Oligoklas-Andesin) in Form von Bestandtheilen des „fonds“ zwischen den Amphibolkrümeln oder jüngerer feiner Infiltrationen. Der fein lamellirte Plagioklas ist selten gegittert, häufig durch Druck modificirt, meist zwischen Amphibol und Granat eingelagert und von Amphibol oft mikropegmatitisch durchwachsen.

In ganz frischem Plagioklas schwimmen hie und da Granatkryställchen; seinerseits bildet er Einbuchtungen und Einschlüsse in Granat. Letzterer zeigt oft die gewöhnlichen mechanischen und chemischen Veränderungen und enthält in Rissen den sonst im Granatbereich seltenen Calcit.

Einachsige Glimmer, meist farblos und dann oft von Biotitflitterchen eingesäumt, hie und da grössere Biotitschüppchen, treten mit grösster Prägnanz in sehr enge Beziehungen zum Granat. Sie bilden u. a. Ausfüllungsmaterial in den Perimorphosen, besonders zwischen den äusseren Granatleisten und dem einschlussreichen Inneren der Granatkrystalloide und schliessen selbst Rutil- und Granatkörnchen ein.

Quarz macht hie und da den Eindruck eines injicirten Materials; im „fond“ ist er selten mit Sicherheit zu erkennen, ausser wenn er kleine Lacunen bildet, die alsdann von Amphibolkrümeln zierlich eingefasst sind. Magnetkies, in beiden Gesteinen häufig, zum Theil in Granat eingeschlossen, bildet bis 1 mm grosse, oft schlackig rauhe, poröse Körner. Die bis 2 mm grossen Körner des sehr reichlichen Rutils sind meist stark pleochroitisch und gehen selten in Titanit über. (Geringe Beeinflussung durch Quarz.) Orthit findet sich ungewöhnlich häufig.

### **Amphibolit-Schlieren im „Hornblendegneiss“. (Uebergänge zu Eklogitlinsen.)**

Durch umfangreichere Steinbrüche erschlossene Theile des „Hornblendegneisses“ sind meist reich an amphibolitischen Einlagerungen, deren Charakter als Resorptionsschlieren, d. h. als innige Mischungen von granitischem Material mit zergangenen und umkrystallisirten Einschlüssen von Gesteinstrümmern durch den geringen Umfang der letzteren bedingt wird.<sup>1)</sup> Die langgezogenen, wenig mächtigen Schlieren gehen ganz allmählich einerseits in reinen Granitgneiss über, andererseits bei grösserem Umfang der metamorphen Einschlüsse des Gneisses in Linsen von eklogitartigem Charakter, die in ihren peripherischen Theilen die Beschaffenheit der „Schlieren“ besitzen. Dadurch wird die gegenseitige Abgrenzung beider geologischer Elemente an Ort und Stelle sehr unscharf.

Die mikroskopische Prüfung, mühevoll durch die naturgemäss kataklastische Beschaffenheit dieser interessanten Gebilde, liefert wichtige Anhaltspunkte für die Klarstellung des so unbestimmten und dehnbaren Begriffes „Hornblendegneiss“, wie auch für die genetische Erklärung der Einlagerungen im Gneiss.

Die beiden hier in Betracht kommenden Aufschlüsse finden sich im Steinbruch „hinter der Leite“ bei Wölbattendorf und in dem weit bedeutenderen am Goldberg bei Markt Schorgast. An letzterer Lokalität wachsen die Schlieren zu echten Eklogitlinsen an, die an jenem Fundort nicht zu makroskopisch deutlicher Entwicklung gelangen.

Die feinkörnigen Granat-Amphibolit-Schlieren aus dem Steinbruch „hinter der Leite“ sind mehr oder weniger || struirt, alsdann meist gefältelt; sie tragen äusserlich bald mehr flasergneissähnlichen Charakter, bald den Habitus von granatreichen, mitunter recht eklogitähnlichen, alsdann richtungslos körnigen Amphiboliten. Der Mineralbestand der graugrünlichen Gesteine ist fast durchweg der gleiche: Quarz, grüne Hornblende, Zoisite, Klinozoisit, Granat, farbloser Glimmer, Biotit, Plagioklas, zweierlei Chlorite, Rutil, Titaneisen, Titanit, Calcit, Zirkon. Die Abnahme der feinkörnig-granitischen Quarzpartien bedingt den allmählichen Uebergang vom Flasergneiss zum eklogitähnlichen Amphibolit. In dem einen Extrem bildet der Quarz bis 5 mm dicke, fast reine Lagen von mittlerem Korn, in denen sich langgestreckte Züge von Klinozoisit, Zoisit  $\alpha$

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. L. DUPARC und L. MRAZEC [109]. „Toute résorption est évidemment précédée d'une pénétration du magma etc.“ Vgl. ferner H. ROSENBUSCH [103, 320 ff.].



und Granat finden. Bis 1 mm dicke Fasern aus Biotit, farblosem Glimmer und Zoisit trennen die Quarzlagen. Diese werden schliesslich reicher an basischen Bestandtheilen und schmiegen sich ab und zu um mikroskopische, granathaltige Linsen aus metamorphem Material, dessen Bruchstücke eben die Basicität im umliegenden Quarz vermehren.

Eine ausgeprägt kataklastische Linse (Fig. 25) enthält ausser den oben genannten Produkten Rutil mit Titaneisenresten, Zoisit  $\beta$ , Chlorit, Plagioklas und Quarz. Granat bildet kleine Krystalloide, selten Perimorphosen, die sich ganz ähnlich verhalten wie in Eklogiten, insbesondere dieselben Einschlüsse enthalten wie dort, nämlich Quarz, Klinozoisit, Karinthin, Streifen von Rutil, braune Hornblende, Plagioklas. Auch die centrische Struktur der Eklogit-Granate findet sich in ganz ausgeprägter Weise, indem sich ausser Quarz alle sonst auch als Einschluss vorkommenden Mineralien der Granatperipherie dicht anschmiegen. Sehr deutlich ist hie und da beim Zusammentreffen von Biotit, Titanerz und Plagioklas das Auftreten von Granat zu beobachten. Den Granatkrystalloiden nicht unähnliche Aggregate von Zoisit und Klinozoisit, meist etwas in die Länge gezogen, ermangeln in der Regel der Titanmineralien. Aggregate aus den sonst eingeschlossenen Mineralien ersetzen vielfach den Granat, füllen grössere Lücken in demselben aus, setzen ihn fort. Chlorit erscheint häufig als ein Umwandlungsprodukt des Biotits; oft ist er von Resten desselben eingesäimt.

In anderen Proben nehmen die granitischen Injektionen an Menge ab, und blassgrüne Hornblende überwiegt dann den Quarz. Die faserige Struktur bleibt noch erhalten. Dichte Saussuritbutzen aus Plagioklas, Strahlstein, Zoisit, in Verbindung mit Chlorit aus Biotit, Rutil und Titaneisen gewinnen ein besonderes Interesse durch die Führung kleiner Granatkörner. Titanit und Calcit treten häufig als Zersetzungsprodukte auf, selten, neben Quarz und Plagioklas, in Granat. Deutlicher machen sich Karinthin, Klinozoisit und ein, von dem Chlorit aus Biotit verschiedenes, Chloritmineral als Zersetzungsprodukte des Granates bemerkbar, in welchem sie Risse ausheilen. Grössere Granatkrystalle bilden durch Anhängsel aus Klinozoisit, Karinthin und Quarz ausgezeichnet schöne „Augen“, die zum Theil durch Zoisitnadeln ausnehmend lang und spitz geschwänzt erscheinen.

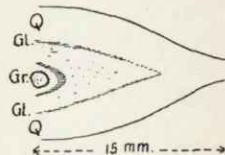
Die ganze Paragenesis um den Granat gleicht also in diesem aufs Aeusserste veränderten Schlierenmaterial in allen wesentlichen Punkten den entsprechenden Verhältnissen im Eklogit. Schliesslich verliert sich das || Gefüge des Gesteins mehr und mehr, während Spuren einer gabbroähnlichen Struktur hervortreten.

Blassgrünliche Hornblende, von denselben optischen Charakteren wie in Eklogiten, bildet lockere Aggregate von zerdrückten und korrodirt, bis 3 mm langen Körnern und Stengeln, welche die meisten übrigen Bestandtheile als Einschlüsse reichlich enthalten. Vielfach erscheinen Strahlsteinprismen in die Lücken, z. B. zwischen die Lamellen zersetzter grosser Plagioklasleisten || eingelagert. Solche anscheinend ältere trübe Plagioklase zeigen die optischen Merkmale von Oligoklas-Andesin, während frischere Neubildungen als Albit und Albit-Oligoklas erkannt werden können. Die letzteren schliessen gelegentlich prächtige Körner Zoisit  $\alpha$ , korrodirt, Amphibol, Klinozoisit und Rutil ein.

Zoisit  $\alpha$ , weniger Zoisit  $\beta$ , ersetzen häufig den Granat.

Quarz beschränkt sich allmählich auf kleine Körneraggregate zwischen Feldspath. Seine Natur als injicirte Substanz könnte höchstens noch aus eingeschlossenen Hornblendefragmenten geschlossen werden. Farbloser Glimmer mit kleinem Achsenwinkel tritt ganz zurück. In einigen Proben bildet blassgrüner Chlorit zahlreiche isometrische Butzen, bis mehrere Millimeter Durchmesser. Den winzigen Schüppchen ist mitunter etwas Klinozoisit, farbloser Glimmer und Titanit beigemischt. Der Chlorit zieht sich von den Butzen aus hie und da in jüngere Risse hinein.

Die eklogitähnlichen Partien sind von richtungsloser und feinkörniger Struktur und zeigen nur noch eine durch dünne Glimmerlagen auf ebenflächigen Klüften bedingte scheinbare Schichtung. In dem sehr zähen, dunkel graugrünen Gestein finden sich sehr gleichmässig vertheilt kleine Granatkrystalloide, hie und da auch Pyrit- und Magnetkieskörner.



Figur 25.  
Linsenförmige Partie in Amphibolitschlieren. Q fast reiner Quarz. Gl Glimmerfasern. Gr mikroskopische granathaltige Linse.

Unter dem Mikroskop zeigt das Gestein ein verhältnismässig deutliches, gleichmässiges Granatnetz, wie die meisten typischen, mittel- bis feinkörnigen Eklogite. Bei sehr grossem Quarzreichtum ist der Mineralbestand annähernd der gleiche, wie in den eben beschriebenen Schlieren. Es gesellen sich als wichtige Gemengtheile Reste von Pyroxen dazu. Dieselben zeigen durchaus das Verhalten der diallagähnlichen Pyroxenkerne in stark injicirten Eklogiten.

Der grösste Theil der blassgrünen strahlsteinartigen Hornblende, die, wie sonst in Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten, gelegentlich in Karinthin übergeht, füllt in Form eines wirren Haufwerks von Stengelchen und Krümeln die Maschenräume des Zoisitgranatnetzes. Die Vermiculirungsprodukte des Pyroxens gehen ohne erkennbare Abgrenzung in solchen Amphibol über.

Die Erscheinungen, welche den Amphibol und sein Verhältnis zum Pyroxen betreffen, sind bis ins feinste Detail dieselben, wie in den gleichmässig und intensiv mit Quarz injicirten Grenzformen des Eklogites. Der Karinthin ist von ziemlich blasser Färbung. Besonders häufig tritt die grüne Hornblende in  $\parallel$  Verwachsung mit Plagioklaslamellen auf. Solche, sich mitunter zierlich durchkreuzende Hornblende-Plagioklas-Streifen („amphibole dentelliforme“) bilden gelegentlich mit Zoisiten und Granat das Netz, welches dem Gefüge eine unverkennbare Aehnlichkeit gibt mit der ophitischen Struktur mittelkörniger Gabbros. Amphibol, Zoisite und Plagioklas bilden in wechselnder Betheiligung Brücken von einem Granat zum nächsten. Die Granate unterscheiden sich in keiner Weise von denen echter Eklogite. Chlorit erscheint öfters als Umwandlungsprodukt von Biotit.

Von den Amphibolitschlieren und Eklogitlinsen aus dem Goldberg bei Markt Schorgast zeigen die ersteren viele Analogien mit den eben beschriebenen Gesteinen aus der Gegend von Wölbattendorf, weisen aber doch manche beachtenswerthe Eigenthümlichkeit auf und gehen bei grösseren Dimensionen schliesslich in echte Eklogitlinsen über, deren äussere Zonen dem Schlierenmaterial gleichen, deren Inneres in allen wesentlichen Punkten Uebereinstimmung mit den typischen Eklogiten des Gebietes zeigt. Die im Allgemeinen graulich gefärbten Hornblendegesteine vom Goldberg sind meist fein- bis mittelkörnig, oft feinfilzig. Selten sind granatfreie Partien; der Granatgehalt ist in den übrigen einem starken Wechsel unterworfen. Die Gesteine sind meist sehr zäh und zeigen im Allgemeinen richtungslose und kataklastische Strukturen, oft mit einer gewissen Annäherung an  $\parallel$  Gefüge. Nicht selten lässt sich eine netzförmige Anordnung des Granats und der Zoisite, sowie damit zusammenhängend auch des Chlorites erkennen, eine Konfiguration, die mit der ophitischen Struktur mittelkörniger Gabbros eine grosse Aehnlichkeit hat. Jüngere, meist sehr scharf begrenzte Kluftausfüllungen bestehen aus Quarz und oligoklasähnlichem Plagioklas. Der Mineralbestand ist wechselvoller, als bei den Resorptionsschlieren von Wölbattendorf; am meisten veränderlich ist der Gehalt an Quarz. Die übrigen Gemengtheile sind grüne Hornblende, Chlorit, Zoisite, Klinozoisit, Plagioklas, farbloser Glimmer und Biotit, Pyroxene, Granat, Rutil, Titanit, Titaneisen, Magnetkies, Orthit, Calcit, Disthen.

Ein stärkeres Hervortreten des Granates pflegt sich einzustellen, wenn die Schlieren durch Zunahme ihrer Dimensionen in deutliche Linsen, bis 0,5 m grosse, plumpe, ungemein zähe Einlagerungen, übergehen, die in ihren äusseren Partien noch mit jenen Schlieren übereinstimmen, in denen aber allmählich, zugleich mit der Zunahme des Granats, der monokline Pyroxen einen Erhaltungszustand aufweist, der seine sichere Erkennung gestattet, während das in den durchaus kataklastischen Schlieren meist nicht möglich ist. Vereinzelt findet sich o-Pyroxen.



Der sehr blass grüne Amphibol, oft mit einem Stich ins Bräunlichviolette, tritt in allen sonst in eklogitähnlichen Amphiboliten und injicirten Eklogiten beobachteten Formen auf, krümlig, als Uralitfilz, gitterförmig verwoben mit Plagioklas, wie auch in Form grösserer Körner und Stengel. Hornblende ist auch an den „Brücken“ zwischen den Granaten theilhaftig und scheint allergrössten Theils, wenn nicht ausschliesslich, ein Umwandlungsprodukt des Pyroxens zu sein, von welchem sich häufig randlich zerfaserte und vermiculisirte, wohl auch uralitisirte Reste oder Kerne vorfinden. Zwischen den Hornblendeaggregaten finden sich Granat, Rutil und Erz eingebettet. Smaragditähnliche Hornblende führt öfters Rutilmikrolithenschwärme oder an ihrer Stelle russähnlich zertheiltes Titaneisen. Mitunter enthält der Amphibol Orthit und geht im Granatbereich in eine Art blassen Karinthins über. Selten lassen sich in den zerfaserten Partien undeutliche Reste von rhombischem Pyroxen erkennen. Die Zoisite (vorwiegend die Varietät  $\beta$ ) bilden streifen- oder leistenförmige, feinstengelige Aggregate, die an ähnliche Gebilde in Saussuritgabbros erinnern und an vielen Stellen, besonders den Rand der Streifen entlang, Granat, Klinozoisit und Chlorit enthalten. Ihre Beziehungen zu den Granaten sind die gleichen, wie sonst in den eklogitähnlichen Zoisit-Granat-Amphiboliten. In einigen sehr eklogitähnlichen Proben vom Goldberg bildet Zoisit  $\beta$  — besonders da, wo die Grundmasse wie ausgewalzt erscheint — langgestreckte Züge von  $\parallel$  Bündeln sehr schlanker und langer Prismen, häufig in engem Zusammenhang mit Plagioklas, Glimmer und Granat. In granatfreien Schlieren findet sich Zoisit in spärlichen, regellos vertheilten Körnern. Klinozoisit, Karinthin, Chlorit kommen — wahrscheinlich als Zersetzungsprodukte des Granates — überall im Bereiche des letzteren vor. Von dem allgemein verbreiteten Plagioklas stehen mitunter Reste älterer, mit nadelförmigen Zersetzungsprodukten erfüllter Feldspathe dem Labrador nahe. Sie enthalten bisweilen kleine Granate. Jüngere Plagioklaskörner sind meist Oligoklas. Zu den Plagioklas-Neubildungen gehören die Vorkommnisse im „fond“ des vermiculisirten Pyroxens, der mikroperthitischen Verwachsungen von Plagioklas mit grüner Hornblende, sowie in den jüngeren Infiltrationen. Quarz tritt als Zwischenklemmungsmasse, ferner in den gewöhnlichen Formen als Injectionsmaterial auf; meist ist er von Plagioklas begleitet.

Von Glimmerarten ist makroskopisch nur ein blass grünlicher zu sehen, der einen kleinen Winkel der optischen Achsen zeigt. Unter dem Mikroskop treten auch Biotitläppchen in der gewöhnlichen Weise, z. B. in und um Granat auf. Der mikroskopische Habitus beider Glimmer erinnert vielfach an die Umwandlungsprodukte des Biotits in den Uebergängen von Saussuritgabbronorit zu stark injicirtem Eklogit von Martinsreuth. Glimmer zeigt die gewöhnlichen Beziehungen zum Granat und zu granatähnlichen Zoisitaggregaten. Mitunter wird auch der Glimmer durch Quarzinjectionen vermiculisirt. Rutil ist in den Proben der Goldberg-Kollektion allgemein verbreitet und meist reichlich vertreten. Er zeigt alle auch sonst beobachteten Formen und Beziehungen zu den übrigen Gemengtheilen, insbesondere zum Granat. Die Rutil-Mikrolithenschwärme in letzterem zeichnen sich oft durch geradlinige Begrenzung aus und enthalten auch staubförmiges opakes Erz. In jüngeren Quarz- oder Calcit-Infiltrationen, auch in zersetzten Amphibolkörnern, verursacht russähnlich zertheiltes Titaneisenerz — das vereinzelt auch in Oktaedern auftritt — mitunter auffällige Trübungen. Es gehört zu den spärlichsten beigemengten Mineralien, ebenso wie sein häufigster Begleiter, der Magnetkies, und der Calcit. Disthen ist in den Schlieren nur ganz vereinzelt anzutreffen.

Eine für die Charakteristik der Goldberggesteine entscheidende Rolle spielt der Granat. Er tritt uns ganz allgemein mit denselben Merkmalen entgegen, die er in der vielgestaltigen Familie der Eklogite und ihrer Begleiter darbietet. Granat zeigt auch in den Goldberggesteinen eine Neigung zu reihenförmiger Anordnung seiner einschliessreichen Krystalloide, die anscheinend nicht immer Individuen sind. Eine besonders schöne Ausbildung erlangt der Granat in den centralen, typisch eklogitartigen Theilen grösserer Linsen. Solche Partien zeichnen sich durch Cyanitreichthum und durch makroskopisch auffällige lebhaft grüne Körneraggregate aus.

Die Grundmasse ist im Allgemeinen weisslichgrau mit einem Stich ins Grünliche und vorwiegend höchst feinstengelig. Heller Glimmer, in der Grundmasse makroskopisch wenig hervortretend, bildet stellenweise dünne, ebene Lagen, die dann eine Andeutung von Parallelstruktur und mitunter schieferige Absonderung



bewirken. Sonst ist das Gefüge richtungslos. Unter dem Mikroskop präsentiren sich diese Eklogite im Allgemeinen als feinkörnige oder stengelige, durchaus kataklastische Gesteine; hie und da sind sie um grössere Granate etwas flaserig. Es zeigt sich eine grosse Neigung des selten mit spärlichem Karinthin umrandeten Granats zur Bildung von Perimorphosen. Der Inhalt derselben ist diallagähnlicher Pyroxen und farbloser einachsiger Glimmer, seltener Muscovit. Beide Glimmer sind, wie gewöhnlich, von Biotit umsäumt und kommen auch in der Grundmasse vor, meist im unmittelbaren Anschluss an Granat.

Auffällig sind in mehreren Schliffen aus den erwähnten grünen Aggregaten die oft scharf geradlinig abgegrenzten Rutilmikrolithenschwärme in Pyroxen- und Amphibolkörnern, aber auch im Granat. Dieselben gehören wie sonst zu den untrennbaren Attributen der lebhaft grünen Pyroxen- und Amphibolkörneraggregate. Es ist bei der Kleinheit der Körner oft schwer zu entscheiden, welche davon Amphibol sind. Jedenfalls ist ein grosser Theil derselben unzweifelhaft diallagähnlicher Pyroxen, dessen winzige, oft streng regelmässig orientirten Rutilinterpositionen sich in gleicher Weise in den beigemengten Amphibolkörnern finden. Der ungewöhnlich reichliche Disthen tritt in sehr kleinen Körnern und Spänen ganz allgemein verbreitet auf, ist aber im Gesteinspulver wegen seiner Kleinheit mit der Lupe nicht mehr zu erkennen. In einem Schliff liegen die Disthenkörnerchen reihenweise in Streifen feinkörnigen, seltener prismatischen Zoisites ( $\beta$ ), welche Granatgruppen unter einander verbinden. Jüngere, scharf durchsetzende Risse — zum Theil in zwei annähernd zu einander  $\perp$  stehenden Systemen — sind wie gewöhnlich mit Plagioklas und Quarz erfüllt, welcher letzterer in vereinzelt Fällen, von Disthen begleitet, als älteres Injectionsmaterial zu finden ist.

Wie stark der Gesteinscharakter im gleichen Handstück differiren kann, zeigt eine Probe, von der einerseits ein Schliff aus einer lebhaft grünen, etwa 3 cm grossen Partie, andererseits ein solcher aus dem übrigen Theil angefertigt wurde.

Ersterer zeigt die eben beschriebenen Details. Letzterer repräsentirt einen ausserordentlich tiefgreifend modificirten Typus des metamorphen gabbroiden Gesteins. Die Grundmasse ist ein dichtes Aggregat aus blassgrünen Hornblendekrümeln. Die Granate bilden längliche Gruppen und sind ungewöhnlich reich an Rutilstaub, arm an Zoisitmikrolithen. Saussuritähnliche Streifen sind reich an Chlorit, der aus Biotit hervorgegangen ist, anscheinend unter dem Einfluss einer Quarz-Injection. Die Saussuritstreifen sind verhältnissmässig arm an Zoisit  $\beta$  und bilden ein undeutliches Netz.

Interessante Resorptionsschlieren und andere gut erkennbare Contactwirkungen fast rein quarziger Injectionen auf ein plagioklasreiches Gestein, sowie Uebergänge solcher metamorpher Produkte in Eklogit finden sich unter den Gesteinen aus dem Aufschluss im Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle, woselbst die Art der Abgrenzung einer umfangreichen Eklogitregion gegen Glimmergneiss an einer Schürfung studirt wurde. (Fig. 6.)

Das Injectionsmaterial windet sich in einem dieser Gesteine, das den äusseren Habitus eines Lagengneisses zeigt, in Form 1—3 mm dicker, fast reiner Quarzlagen von feinkörnig-granitischer Struktur um Linsen eines trüben Materials, welche in lange feine Schlieren auslaufen. Nach einer Seite hin wachsen die stellenweise nur ein bis wenige Millimeter grossen Linsen zu dicken Lagen an, die nur noch von ganz dünnen Quarzfasern durchzogen sind. Die metamorphe Substanz besteht der Hauptsache nach aus einer Art Saussurit, nämlich aus trüben Plagioklasfragmenten, erfüllt mit und stellenweise ersetzt durch Granat, Sericit und Titanmineralien. Die Art der zu trüben Aggregaten vereinigten Plagioklaskörner ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen, doch lassen einzelne optische Merkmale auf Reste basischer Plagioklase, die ursprünglich grosse Leisten gebildet haben, schliessen. Granat tritt im Bereiche des Saussurites,



innerhalb der dickeren Lagen, wie auch am Rande der Schlieren und Linsen, stets mit farblosem Glimmer — seltener Biotit — meist mit Titaneisen oder Rutil auf und bildet mitunter kleine Körnergruppen. Interessant sind in dem Saussurit einzelne kleine Körner von starker Licht- und Doppelbrechung, deren Merkmale auf sehr schwach pleochroitischen Epidot schliessen lassen. Sie sind von einer braunen, schwach lichtbrechenden isotropen Zone umgeben.

Ein instruktives Produkt der Contactmetamorphose zeigt eine aus der Grenzrand des Eklogites entnommene, zwischen Eklogit eingekeilte Probe, in der zwei aplitartige — fast rein quarzige — Trümer in trübe kataklastische Aggregate eindringen. Dem gleichfalls etwas kataklastischen Quarz der feinkörnigen, granitisch struirten Intrusionen ist etwas Sericit beigemischt. Das metamorphe Material besteht aus grossen zerdrückten Plagioklasleisten mit — oft streifenförmig gruppirten — Einschlüssen von Granat, Glimmer, Rutil, Titaneisen, Chlorit, Orthit, hie und da Zoisit.

Die Entstehung von Granat an der Peripherie von saussuritisirtem Plagioklas, besonders da, wo Glimmer angrenzt, ferner als zierlicher Saum um Rutil im Saussurit, ist mit grosser Deutlichkeit wahrzunehmen. Dadurch wird dieses Contactstück für die genetische Erklärung des Eklogites wichtig. Der vorliegende Schliff entspricht einer im wesentlichen aus Plagioklas, Titanerz und Glimmer zusammengesetzten Stelle im ursprünglichen Gestein. Von einem Amphibol oder Pyroxen ist keine Spur erkennbar. Kleine, langgezogene Körneraggregate im metamorphen Gestein sind vielleicht primärer Quarz. In Rissen und Lücken des Granates, sowie mitunter um Rutil geschaart, findet sich etwas Chlorit. Farbloser, meist einachsiger Glimmer, in der Regel zerdrückt und korrodirt (Sericit), ist der nie fehlende unmittelbare Begleiter des Granates, mitunter in diesem eingeschlossen, zuweilen in perimorphosenähnlichen Granatgebilden. Glimmer schliesst selbst Titaneisenskelette ein.

Die Lage der Sericitblättchen offenbart eine Fluidalstruktur der Saussuritaggregate, die vor der letzten Verfestigung eine krystallinisch-breiige Konsistenz gehabt haben müssen. Kleine Glimmerschuppen haben sich  $\perp$  zur Grenze der Trümer gestellt, grössere erscheinen verbogen und rissig. Es sei hier auf die Beschreibung des augengneissartigen Granites von dieser Lokalität erinnert.

Die nachstehend beschriebenen Gesteine tragen die Merkmale

### **typischer Eklogite und deren Grenzformen (zum Theil Uebergänge zu gabbroiden Gesteinen).**

Die **Eklogite** von der Schürfung bei Wustuben zeigen durchweg neben der Absonderung nach ebenen, oft mit Quarz inkrustirten Kluffflächen, längs deren auch Karinthinbildung eintritt, gewöhnlich sphäroidale Zerklüftungs- und Verwitterungsform, so dass leicht Handstücke von der Gestalt keilförmiger Kugelausschnitte geschlagen werden können. Auch die kugeligen Zerklüftungsflächen tragen oft eine Rinde aus klarem, mitunter rutilhaltigen Quarzkörneraggregat. Der reinste Eklogittypus von dieser Lokalität zeichnet sich durch knollige Verwitterungsformen aus; im Uebrigen erinnert er sehr an die typischen Eklogite vom Weissenstein und von Fattigau. Die Verwitterungskrusten sind, einem mässigen Eisenerzgehalt des Gesteins entsprechend, hell rostfarbig.

Unter den mikroskopischen Charakteren des reinen grobkörnigen Eklogitgesteins vom Wustubener Aufschluss verdient Erwähnung, dass bisweilen Gruppen von Pyroxenstengelchen ungestört den Granat durchsetzen, also älter sind als dieser. Der Pyroxen enthält mitunter regelmässig orientirte Rutilnadelchen. In den nur wenig zerfaserten Partien des Pyroxens findet sich etwas fein zertheiltes schwarzes Erz, was auf eine geringfügige saure Injection als Ursache



der Zerfaserung schliessen lässt. Die bis 6 mm grossen, dicht gehäuften Granatkörner sind stets Aggregate, nicht selten scharf dodekaedisch begrenzt, mitunter Perimorphosen. Der bräunliche, nie karinthartige Amphibol ist weit weniger reichlich, als der Pyroxen, hie und da zwischen diesen eingeklemmt, selten mit Quarz (vielleicht auch Plagioklas) mikropertitisch verwachsen. Rutil und Magnetkies finden sich in mässigen Mengen im Granat und Pyroxen und zeigen nichts Auffälliges. Kataklastische Erscheinungen im engeren Sinn und Quarz-injectionen sind nur wenig zu sehen. Quarz findet sich in winzigen Lacunen, fast nur als Einschluss in Granat und Pyroxen.

Reichlichere Quarz-injectionen bekunden sich an mehreren Wustubener Proben schon durch die erwähnten Umrundungen mit rutilführendem Quarz.

Nirgends sind die zierlich mit Strahlsteinkörnchen eingefassten Quarz-lacunen deutlicher zu sehen, als in diesen Proben, in welchem auch die Veränderungen des Pyroxens in allen Abstufungen von diallagähnlichen Körnern zu vollständig zerkrümelten Partien und deren Uebergänge in Hornblendekrümel-aggregate in lückenloser Vollständigkeit beobachtet werden können. In einer Probe machen die Aggregate grüner Hornblendekrümel die ganze Grundmasse aus.

Die Granate bilden zum Theil schöne Perimorphosen, z. B. mit Zoisit  $\alpha$ , zerstäubtem Titaneisen, randlich durch Quarz zerfasertem Pyroxen u. a. m. Karinthinsäume um Granat sind etwas ganz Gewöhnliches. Zoisit  $\alpha$  in Granat enthält mitunter wieder Granat und verbindet benachbarte Granate. Zirkon wird hie und da beobachtet. In den centralen Partien der Granatgebilde trifft man öfters Plagioklas. Die Quarzeinschlüsse enthalten Granatmikrolithe; Titaneisen und der sehr dunkle, braune bis grauliche Rutil sind im Granatbereich mit Titanit umsäumt. Grosse Amphibolkörner schliessen Pyroxenreste und Rutil, stellenweise auch Plagioklas ein; Quarz führt mitunter farblosen Glimmer, mit Klinozoisit eingefasst.

„Uralitischer Eklogit“ aus der Nähe der Eppenreuther Mühle, mit ebenen Absonderungsflächen, licht graugrüner, dichter Grundmasse, darin regellos vertheilten, bräunlich-fleischfarbigen Granatdodekaedern (durchschnittlich 5 mm Durchmesser), enthält etwas licht-bräunlichen Glimmer.

Die sich leicht herauslösenden Granate haben eine schon makroskopisch auffällige Karinthinhülle. Der Pyroxen ist weitgehend zerkräuselt. Ziemlich grossblättriger, farbloser Glimmer mit kleinem Achsenwinkel schmiegt sich gewöhnlich dem Granat an, der öfters in complicirten Aggregaten Plagioklas, Klinozoisit und Epidot enthält. Der Schriff ist sehr reich an Zoisit  $\beta$  (meist in schlanken Prismen) und Zoisit  $\alpha$  (meist in Körnern) und enthält auch etwas Disthen. Im Allgemeinen zeigt das Gestein Uebereinstimmung mit den Eklogiten aus dem Wustubener Hohlweg. Mit der Hornblende ist vielfach Plagioklas || verwachsen. Letzterer bedingt durch seine Reichlichkeit einen Uebergang zu Feldspath-Zoisit-Amphibolit.

Typischer Eklogit aus einem verlassenen kleinen Steinbruch zwischen Wustuben und Glenzlamühl, mittel- bis grobkörnig, enthält viel Quarz, Glimmer und Disthen, untergeordnet, ausser den gewöhnlichen Beimengungen, Zoisit  $\alpha$  und Plagioklas. Granat führt hie und da einen Schwarm von Rutilmikrolithen, dessen winzige prismatische Individuen nach zwei sich kreuzenden Richtungen orientirt sind. Sonst enthält Granat u. a. Plagioklas und Glimmer und ist mitunter in Chlorit und Strahlstein umgewandelt.

Ein in nächster Nähe des Wustubener Aufschlusses gefundener grobkörniger Eklogit von knolliger Absonderung hat ähnliche äussere Merkmale wie der reine Wustubener Eklogit-Typus. Unter dem Mikroskop zeigt er einige aussergewöhnliche Einzelheiten.

Die grossen, complicirt zusammengesetzten Granatkörner schliessen einen ganz eigenthümlichen, dunkel grau-violetten Rutil ein, der auch ausserhalb des Granates sich findet und in mancher Hinsicht an das Titaneisen in ophitischen Gabbros und Diabasen erinnert, z. B. in denen von Köditz. In Granat sind ferner eingeschlossen eine karinthähnliche Hornblende mit eigenthümlichen bräunlichen und grau-violetten Tönen, Titaneisen; Oligoklas, Quarz-lacunen mit Titaneisen und Titanit, Quarzkryställchen und Magnetkies. Ein sehr kräftig pleochroitischer Karinthin umsäumt lückenhaft den Granat. Ungewöhn-



lich grosse Pyroxenkörner sind sehr diallagähnlich. Sie schliessen mitunter Granat ein. Die Zerkräuselung des Pyroxens, offenbar in unmittelbarem Zusammenhang mit sonst scharf abgegrenzten Quarzlacunen, tritt in besonderer Mannigfaltigkeit und Schönheit auf.

Im „fond“ ist Quarz und Plagioklas zu erkennen. Derartige Gebilde gehen, wie so häufig in ähnlichen Gesteinen, unmerklich in mikroperthitische, oft ausgezeichnet schöne || Verwachsungen blassgrünen Amphibols mit Quarz und Plagioklas über. (Vgl. Fig. 17.)

Die Struktur des Gesteins erinnert an einen grobkörnigen Gabbro, dessen Plagioklas bis auf geringe Reste zur Granatbildung aufgebraucht ist. Bei der Metasomatose waren saure Injektionen ausgiebig bethelligt.

Einige 100 m östlich von dem Aufschluss im Hohlweg bei Wustuben findet sich ein kleiner Steinbruch im Gneiss, aus dessen Eklogiteinlagerungen einige Proben entnommen wurden. Die eine ist typischer, feinkörniger Eklogit mit kleinen Granaten, der nur untergeordnet grünlich-schwarzen Karinthin enthält. Im Innern von Granatgebilden finden sich einachsiger farbloser Glimmer und bis 0,5 mm grosse Plagioklaskörner (Albit bis Oligoklas). Wie gewöhnlich enthält die Hornblende Orthitkörnchen, auch wenn sie in Granat eingeschlossen ist, mit pleochroitischen Höfen. Die Zerfaserungsprodukte des Pyroxens sind allgemein im Plagioklas eingebettet und finden sich im Bereiche von Quarz-Feldspath-Injektionen. Der Amphibol ist blass gefärbt in bräunlichen Nuancen. Reichlicher farbloser Glimmer hat veränderliche Achsenwinkel und enthält hie und da Biotiteinschlüsse. — Die andere Probe aus der eben genannten Lokalität ist ein gänzlich zerquetschter Feldspath-Zoisit-Amphibolit, ein grobkörniges, schwärzliches Gestein mit wenig Granat, augenscheinlich mit Quarz injicirt. Die vorherrschende Hornblende ist schmutzig grün mit bräunlichen Flecken. Rutil ist fast ganz in sehr reichlichen Titanit übergegangen. Oligoklas-Andesin erscheint gitterförmig mit Hornblendendadeln verwachsen. Quarz bildet — wie fast immer — einen Theil der Substanz, in welche vermiculisirter Pyroxen und zerkrümelter Amphibol eingebettet sind. Klinozoisit, Chlorit und Epidot sind mit Biotit zu Gruppen vereinigt, welche Granat zu ersetzen scheinen. Chlorit ist mit Biotit innigst verbunden.

In der Gegend zwischen Wustuben und Silberbach trifft man oft lose Fundstücke von plagioklasreichen Zoisit-Amphiboliten, deren aplitische Injektionen in einem Zusammenhang zu stehen scheinen mit den ansehnlichen Pegmatitzügen in jenem Gebiet. Unter dem Mikroskop erinnert die Lagerung der grossen, mit Quarz und Plagioklas zum Theil mikroperthitisch durchwachsenen, blass grünen Amphibolkörner einigermaßen an die Struktur eines grob ophitischen Gabbros. Alle Bestandtheile sind mehr oder weniger kataklastisch. Die Plagioklase gehören — soweit sie frisch und bestimmbar sind — jüngeren Generationen, meist der Reihe Andesin zu Oligoklas an. Aehnliche Plagioklase bilden im Wesentlichen das Material eines mehrere Millimeter breiten Trums, das untergeordnet noch Quarz, Zoisit  $\alpha$ , Chlorit und glimmerartige Zersetzungsprodukte enthält. Sehr spärlicher Granat tritt in Begleitung von Zoisit  $\beta$  und Chlorit (mit normalen Interferenzfarben) auf und zwar meist in Hornblende eingeschlossen. Quarz bildet das Material vereinzelter feldspathfreier Injektionen.

Ebendasselbst finden sich — in Feldern am Wege von Silberbach nach Erbsbühl — Uebergänge von Zoisit-Amphibolit zu typischen glimmer- und cyanithaltigen Eklogiten, in denen makroskopisch dicke granatführende Quarzlagen auffallen. Lagenstruktur charakterisirt auch das mikroskopische Bild des stark mit Quarz injicirten mittelkörnigen Gesteins. Die Granate bilden zum Theil leistenförmige Gruppen. Amphibol überwiegt den kl-Pyroxen, neben welchem sich einzelne Körner enstatitähnlichen o-Pyroxens mit Rutil, Quarz und Hornblende als Einschluss finden. Der Karinthin bildet mitunter einheitlich auslöschende Säume; ausserdem ist farblose Hornblende anzutreffen. Plagioklas findet sich in Granat und zwischen zerkräuseltem Pyroxen und ist oligoklasähnlich. Der Disthen ist durch Druck zum Theil in Stengelchen zerlegt. Zoisit  $\alpha$  erscheint in Granatkörneraggregaten als ein dem Granat äquivalenter Bestandtheil. Schlanke Säulen von Zoisit  $\beta$  machen die Parallelstruktur eines mit Quarz wechsellagernden Theils des Gesteins besonders auffällig und der Struktur der ausgewalzten Zoisit-Amphibolite von Fattigau ähnlich. Der injicirte Quarz schliesst hie und da Glimmer und Disthen ein.



Aehnliche Struktur und einen nur wenig abweichenden Mineralbestand besitzt ein mittelkörniger Eklogit von Oberpferdt bei Silberbach. Derselbe ist entschieden flaserig struirt. Ein- und zweiaxiger Glimmer häuft sich ähnlich dem eben erwähnten Zoisit  $\beta$  auf den der Flaserung entsprechenden Absonderungsflächen. Der meist randlich angegriffene Pyroxen ist in ungewöhnlich schlanken Stengelchen vertreten und zeigt durch seine feinstengelige Struktur viel Aehnlichkeit mit Diallag. Mitunter enthält er Streifen von Granatkörnern eingeschlossen. Der Karinthin bildet homogene Säume um die Granatkörner und erscheint als ein gegen den Granat und Pyroxen jüngeres Produkt, dessen Entstehung anscheinend auf saure Injectionen zurückzuführen ist. Wie fast stets, sind jüngere, scharf durchsetzende, auch verzweigte, feine Risse mit Quarz erfüllt.

Die Auskeilung des Eklogits vom Weissenstein in Gneiss, welche in der Nähe des Stammbacher Friedhofes durch Steinbruchbetrieb gut aufgeschlossen ist, lieferte nur vereinzelte Contactstücke, welche durch das Eindringen plumper, fingerdicker Quarzintrusionen einen ähnlichen äusseren Habitus erlangen, wie die Grenzformen des Eklogites aus dem Aufschluss im Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle.

Andere Proben der Stammbacher Eklogit-Grenzfacies repräsentiren dunkelgraue, meist mittel- bis feinkörnige, selten gröber struirte Gesteine, zum Theil mit Andeutung einer Parallelstruktur. Aplitartige Intrusionen, bis mehrere Millimeter stark, verlaufen sehr unregelmässig und folgen mitunter starken Faltungen. Bis 2 mm grosse Magnetkieskörner finden sich stellenweise reichlich und tragen durch ihre Verwitterung, zugleich mit dem hohen specifischen Gewicht des sehr zähen Gesteins dazu bei, dass der Aufschluss an manchen Stellen einem Eisenerzlager einigermassen ähnlich wird. Granate sind in der äussersten Zone der Eklogit-Auskeilung nicht häufig makroskopisch wahrnehmbar.

Unter dem Mikroskop haben diese pyroxenfreien Grenzformen des Eklogits den Charakter undeutlich flaseriger, vorwiegend richtungslos struierter Granat-Amphibolite mit ziemlich geringem Feldspathgehalt, in denen hie und da Klinozoisit, Epidot, Chlorit und Zoisite die Stelle des Granats vertreten. Unter den Titanmineralien überwiegt der in rundlichen Körnern und Körnergruppen sehr reichlich vorhandene Titanit bedeutend den spärlichen grau violetten Rutil, welcher in der Regel von Titanit eingesäumt ist. In einem quarzreichen Schriff findet sich neben vorwiegendem Titaneisen wenig Titanit und fast gar kein Rutil.

Die oben erwähnten Quarzintrusionen enthalten hie und da ziemlich grosse Rutilprismen, die ich für ein Auslaugungsprodukt aus dem metamorphen Gestein ansehe.

Blassgrüner Amphibol mit bräunlichen bis blaugrünen Tönen, oft mit pleochroitischen Höfen um Titanit, Zirkon und eisenarmen Orthit, bildet als weitaus vorwiegender Gemengtheil einzelne grössere Körner und Leisten mit Quarzeinschlüssen, meist aber dichte bis mittelkörnige Aggregate, welche Zoisite, Erze und vor Allem Titanit einschliessen. Stellenweise finden sich Butzen aus Chlorit und Zoisit im Hornblendeaggregat. Um solche Concretionen, die in einem Schriff auch Granat enthalten, wird der Amphibol zu Karinthin.

Granat fehlt in einem Schriff ganz und findet sich sonst in zahlreichen grösseren Gebilden, meist von unregelmässig skelettartiger Beschaffenheit, welche sehr reichlich Quarzkryställchen, Amphibol, Rutilmikrolithe und Plagioklas einschliessen und in Rissen Chlorit, Epidot und Klinozoisit enthalten. An einzelnen Stellen ist der Granat, anscheinend unter dem Einfluss einer sauren Injection, ersetzt durch ein Aggregat von grossen Klinozoisitkrystallen mit Zoisit  $\alpha$  und Chlorit, das auch Quarz, Titanit und ferritische Zersetzungsprodukte enthält. Chlorit ist zum Theil fast farblos mit braunen bis grauen Interferenzfarben und alsdann anscheinend aus Hornblende hervorgegangen, zum Theil ausgesprochen grün mit tiefblauen Interferenzfarben im Bereiche zersetzter Granate. Die meist nicht reichlichen Zoisite  $\alpha$  und  $\beta$  enthalten mitunter Rutilmikrolithe. Meist kleine Magnetkieskörner treten in den Schriffen ziemlich zahlreich auf. In einer sehr feldspatharmen Probe finden sich, besonders um Granat, grosse Quarzkörneraggregate, in deren Berührung der Amphibol nicht zerfasert ist. Quarz und trüber Plagioklas — Oligoklas bis Andesin ( $\underline{1}$  a 67°) — bilden sonst öfters kleine Zwischenklemmungsmassen im Hornblendeaggregat. Stellenweise treten beide als Injectionsmaterial auf, das Hornblendeaggregate ent-



hält. Plagioklas kann an Menge sehr zurücktreten, dafür mehrt sich der Gehalt an Zoisit. Eine derartige Probe zeigt, abgesehen von dem fast völligen Mangel an Plagioklas, eine gewisse Aehnlichkeit mit dioritähnlichen Granatamphiboliten, z. B. von Neustadt an der Wald-Naab.

In einem Schriff durchsetzt eine aplitische Intrusion aus Orthoklas, Plagioklas und Sericitschüppchen in scharfer Abgrenzung das Gestein, von welchem es korrodierte und chloritisierte Amphibolfragmente, sowie Zoisite mitreisst.

Durch Zunahme des Granates gehen die faserigen Grenzformen allmählich in die richtungslos struirte Eklogitfacies über. Ganz allgemein ist zunächst noch weitgehende Kataklase des magnetkiesreichen Gesteins wahrzunehmen, in welchem lichtbräunlicher Glimmer in dünnen Lagen hie und da auftritt. Lagenweise fehlt der Granat, um sich anderweit umsomehr anzureichern. Die zahlreichen weisslichen Infiltrationen auf annähernd || Kluffflächen bewirken mitunter in ihrem Bereich Karinthinbildung.

In einer durch nachträgliche Quarzinjectionen zermalmten und zerfaserten, filzigen Grundmasse, in der nur selten kleine zerdrückte Pyroxenkerne zu finden sind, liegen grosse Granatkörner.

Die Grundmasse besteht der Hauptsache nach aus zerfasertem Pyroxen und Nadeln blass grünen Amphibols, die oft || und gitterförmig mit sehr viel Plagioklas und spärlichem Zoisit durchwachsen sind. Die grossen Granate sind ganz zerdrückt und mehr oder weniger mit den gewöhnlichen Einschlüssen und Zersetzungsprodukten erfüllt. Die reichlichen Quarzinjectionen, welche anscheinend zum Theil erst nach der Verfestigung eines metamorphen Pyroxen-Granat-Gesteines eingedrungen sind, rufen genau die gleichen Erscheinungen hervor, welche ich in der Grenzfacies des Eklogits vom Hohlweg Wustuben-Eppenreuth beobachtet habe. Insbesondere sind die buchtigen Quarz-lacunen genau so beschaffen wie dort. Der Mineralbestand ist im Uebrigen der folgende: Klinozoisit, Calcit und verwandte Carbonate, Rutil, Titan-eisen, also insgesamt eine Paragenesis, wie sie aus metamorphen Diabasen bekannt ist.<sup>1)</sup>

Die sonst blass grüne Hornblende wird längs quarzreicher Infiltrationen, sowie in Berührung mit Granat zu Karinthin, welcher den Granat mit deutlicher Fluidalstruktur durchädert. Die Karinthinsäume um Granat gehen unmerklich in den Amphibol der Grundmasse über. Manche Amphibolleisten zeigen feinstengelige Struktur, ähnlich der des Diallags. Eine Abgrenzung zwischen faserigem Amphibol und mechanisch veränderter Pyroxensubstanz lässt sich, wie gewöhnlich, nicht erkennen. Die vorherrschende typische Uralitisirung des Pyroxens hat vielfach zur Bildung von Büscheln geradliniger Nadeln geführt. Aus grossen klaren Körnern bestehende Quarz-lacunen schliessen losgerissene Fragmente von Hornblende u. dgl. ein. Plagioklas — Oligoklas bis Andesin — erfüllt papierdünne Klüfte; längs dickerer, gleichalteriger Infiltrationen dieses Materials findet Karinthinbildung statt. Durch Partien feinkrümeligen Amphibols ziehen sich jüngere Risse, erfüllt mit äusserst feinen, parallelen, durch Quetschung bezw. Verwerfung chrysotilähnlich verzogenen Strahlsteinfasern. Solche Kluftausfüllungen durchschneiden scharf die älteren, von Karinthin begleiteten Infiltrationen, sowie auch ältere Quarz-lacunen. Noch jüngere Risse, längs deren Verwerfungen stattgefunden haben, enthalten Calcit, der auch in Sprünge und Lücken älterer Bestandtheile oft reichlich infiltrirt erscheint. Brauner pleochroitischer Rutil findet sich oft im Zusammenhang mit Titan-eisen und Titanit, häufig mikrolithisch in Granat. Klinozoisit ist ein sehr verbreitetes Aequivalent oder Zersetzungsprodukt des Granates und tritt im Uralitfilz mitunter in grösseren Krystallen auf. Magnetkies, reichlich vorhanden, ist oft verwachsen mit Titan-eisenerz.

Weiter einwärts von der Eklogitgrenze weg erlangt das Gestein immer mehr den gewöhnlichen Habitus eines mittel- bis grobkörnigen Eklogits. Auf Kluffflächen finden sich grössere Karinthinindividuen. Immer reichlicher tritt makroskopisch der hell lauchgrüne Pyroxen hervor. Unvermindert ist der Reichtum an Magnetkies. Nur ausnahmsweise tritt annähernd Parallelstruktur ein. Die völlig kataklastische Beschaffenheit weicht in nicht immer

<sup>1)</sup> H. ROSENBUSCH [103, 1163 ff., besonders S. 1167].



kontinuierlichem Uebergang einem richtungslos körnigen Gefüge. Aeltere Klüfte im Gestein sind mit Neubildungen — Strahlsteinnadeln, Klinozoisit, Chlorit, Zoisit, Carbonaten, darunter Braunspath — erfüllt und zeigen auch längs ihrer Grenzflächen Modifikation des infiltrirten Gesteins. Quarz bietet als Injectionsmaterial das gewöhnliche Verhalten dar; reichlicher ist er in Form grosser Körneraggregate um Granat vorhanden, die älter sind, als der injicirte Quarz. Der sonstige Mineralbestand ist der eines Eklogites: Granat, Pyroxen, Amphibol, Rutil, Magnetkies, Zoisit.

Die zahlreichen, kataklastischen, oft zersetzten Granate bilden ein gröbliches, lückenhaftes Netz, in dessen Maschenräumen ein mittelkörniges Gemenge von Pyroxen und Amphibol liegt. Nur gegen älteren Quarz zu nimmt der Granat, wie mitunter auch der Pyroxen, schärfere Krystallbegrenzung an. Die gewöhnlichen Zersetzungs- und Infiltrationsprodukte in Granatrissen sehen oft wie geflossen aus. Die Granateinschlüsse sind die gewöhnlichen: Pyroxen, Zoisit, mikrolithische Quarzkrystalle, Rutil in Körnern und Mikrolithen. Die Amphibole treten in den für die normalen Eklogite charakteristischen Formen auf, schliessen gern Rutil und Granat ein und sind mitunter orthithaltig. Karinthin kommt spärlich vor. Der Pyroxen hat zum Theil Aehnlichkeit mit Diallag, schliesst Quarz und Rutil ein und zeigt bei sehr allgemeiner Kataklastase unter dem Einfluss der wenig ausgiebigen Quarzinjectionen das gewöhnliche Verhalten. Zoisite finden sich spärlich, meist im Granatbereich.

Ein kleiner, steinbruchartig betriebener Aufschluss nächst dem Aussichtsturm auf dem Eklogit-Felsengrat des Weissenstein lieferte Proben, deren Gemengtheile aussergewöhnlich intensive Färbungen aufweisen, nur vergleichbar jenen in einer stark injicirten Eklogitprobe aus der Gegend von Neumühl bei Leupoldsgrün. Dass auch für die Weissensteineklogite äusserst wirksame Quarzinjectionen in Betracht kommen, zeigt schon der makroskopische Befund an fast allen Proben. Auf ebenen Kluft- und Absonderungsflächen des meist grobkörnigen Gesteins sind sehr reichlich Quarz und Karinthin ausgeschieden. Letzterer bildet oft dicke Lagen und macht in nächster Nähe der bekannten Zoisitfundstelle nahezu den ganzen Mineralbestand aus. Solche schwarze Proben werden von ansehnlichen Plagioklastrümmern durchhäutert, als deren Hauptbestandtheil schon früher Oligoklas erkannt worden war.<sup>1)</sup>

Abgesehen von den ebenen Karinthinlagen ist die Struktur des Eklogits richtungslos körnig. Nur bilden hier und da Glimmerschuppen in gleichsinniger Orientirung dünne Lagen, welche fast rechtwinklig zu den Karinthinlagen stehen. Der Achsenwinkel des Glimmers erreicht mitunter eine Grösse fast wie im Muscovit; einzelne farblose Glimmerschuppen im Gestein sind streng einachsigt. In manchen Proben reichert sich — genau wie im ähnlichen Gestein vom Beerhügel bei Traindorf und im Fattigauer Eklogit — der Granat lagenweise an, ohne dass dabei auch nur annähernd eine Schichtung entsteht. Höchst zahlreich sind in die meist dunkelgrüne Grundmasse mittelgrosse bis kleine, sehr rissige Granatkörner von dunkel rothbrauner Farbe und grössere derbe Aggregate von solchen eingelagert. Aus der feinstengeligen Grundmasse heben sich einzelne grosse glänzend schwarze Karinthinkörner ab. Auch Quarzkörner sind schon makroskopisch im Gemenge sehr deutlich erkennbar. Der Mineralbestand ist Granat, Pyroxen, Karinthin, Quarz, Rutil, einachsiger Glimmer, Zoisit, Klinozoisit, Plagioklas, sehr spärliche Titaneisenreste, Spuren Biotit. In einem Schnitt **I** zu einer von Karinthinbildung begleiteten quarzerfüllten Kluft ist der ungewöhnlich einschliessarme Granat meist regellos begrenzt und bildet ein ganz undeutliches Netz; er enthält ausser den gewöhnlichsten Einschlüssen mitunter in Lücken Zoisite. Der Pyroxen ist unter dem Mikroskop blass blaugrün ohne Pleochroismus und bis auf wenige grosse Körner in der prachtvollsten Weise in wurmförmige oder krümelige Produkte zerdrückt. Im „fond“ ist mitunter Plagioklas deutlich erkennbar, doch tritt die Menge desselben gegen den Pyroxen ausserordentlich stark zurück. Da wo der Pyroxen deutlich in Hornblendekrümel und an der Granatperipherie in Karinthin übergeht, ist der „fond“ entschieden Quarz und wird reichlicher. Der Quarz verleiht mitunter dem Karinthin

<sup>1)</sup> C. W. GÜMBEL [68, S. 371].



eine Art Fluidalstruktur. Einige grosse, farblose, streng einachsige Glimmerblätter sind von einer Zone kleinster Biotitkrümel umgeben. Klinozoisit findet sich spärlich, theils im Krümelaggregat, theils im Granat. Rutil ist sehr reichlich vertreten, so dass er schon makroskopisch auffällt, sowohl im Granat, als in den Umwandlungsprodukten des Pyroxens. Er ist meist goldgelb, seltener violettgrau bis schwärzlich.

Mit äusserster Wucht in die Klufträume injicirt, hat eine verhältnismässig geringe Menge Quarz genügt, um im Verein mit überhitzten Dämpfen die Metamorphose dieser centralen Partie in einem Process zu bewirken. Von nachträglichen Injectionen und Infiltrationen weist der Schlift keine Spur auf.

Der Hofer Realschulsammlung verdanke ich eine kleine Probe des farbenprächtigsten aller Fichtelgebirgseklogite, welcher nach freundlicher Mittheilung des Herrn Rechtsanwalts GLASS in Hof vom Aufschluss am Aussichtsturm auf dem Weissenstein herrührt. Das Gestein enthält in ziemlich gleichmässiger Vertheilung smaragdgrüne Flecke und sehr viel Cyanit. Im Schlift gleicht es bis auf den Mangel an Glimmer und den geringeren Quarzgehalt auffällig dem Eklogit vom Rank'schen Steinbruch bei Silberbach.

Der Pyroxen enthält stellenweise ungemein viel Rutilmikrolithe, welche wiederum bestätigen, dass lebhaft grüne Stellen im Eklogit und Saussuritgabbro in erster Linie bedingt werden durch den Pyroxen, dessen Rutilinterpositionen noch in der gleichen oder ähnlichen Vertheilung vorhanden sind, wie die opaken Erzinterpositionen im Diallag und o-Pyroxen der Gabbros und Norite. Die Concentrationsprodukte der Rutilmikrolithe — grössere Rutilkörner — sind verhältnismässig spärlich zu treffen. Der Pyroxen hat im Uebrigen vielfach den gewöhnlichen Omphacithabitus. Der in spärlichen Körnern mit Pyroxenmikrolithen als Einschluss auftretende Quarz bewirkt durchaus keine Zerfaserung des Pyroxens. Farbloser Amphibol ist nur wenig vertreten; auch er enthält Rutilmikrolithe. Der Granat tritt in grossen, völlig unregelmässig begrenzten Körnern auf und bildet ein grobes Netz. Die einzelnen Granate sind höchst einschliessreich und machen oft mehr den Eindruck von Aggregaten, als von Individuen. Mitunter sind sie perimorphosenähnlich. Disthen ist in kleinen Körnern sehr reichlich vorhanden, stellenweise angehäuft, während manche Partien sehr arm daran sind.

Einige aus der Gegend zwischen Markt Schorgast und dem Weissenstein gesammelte Proben von Eklogit habe ich einer näheren Prüfung unterzogen, weil das eine Gestein — vom Buchanger bei Falls — in ungewöhnlicher Weise von einem pegmatitähnlichen Trüm durchsetzt ist, während das andere — vom Steinhügel bei Markt Schorgast — wegen der Nähe gabbroähnlicher Gesteine beachtenswerth erschien.

Etliche durch Sprengung aus dem Eklogitfels am Buchanger — in dessen nächster Nähe Serpentin vorkommt — gewonnene Proben sind farbenprächtiger Eklogit, im wesentlichen ein mittelkörniges Gemenge von hellrothem, häufig dodekaedrischen Granat mit lebhaft hellgrünem Omphacit und wenig Glimmer. Ausgelesene Blättchen des letzteren sind etwa gleich häufig fast streng einachsige und andererseits von dem Achsenwinkel des Muscovits. Die „Pegmatitader“ wird höchstens 5 cm stark und besteht der Hauptsache nach aus einem sehr groben Quarzaggregat, in welchem reichlich bis 10 cm lange und bis 0,5 cm breite blaue Cyanitleisten (bis 1 mm dick), ferner bis 2 cm grosse Tafeln ein- und zweiachsigen Glimmers liegen. Die beiden Glimmerarten sind äusserlich durch nichts verschieden; es sind farblose bis grünliche Blätter, welche stellenweise Ferrihydroxyd als Zersetzungsprodukt enthalten.

Der richtungslos struirte Eklogit bietet unter dem Mikroskop keinerlei ungewohnte Erscheinungen dar. Ein kleiner Theil des vorherrschenden Omphacits ist durch fast farblosen Amphibol mit grossen Rutil- und Granateinschlüssen ersetzt. Der Granat ist sehr arm an Rutilmikrolithen, die nur ganz selten in Streifen auftreten und eine gewisse gleichmässige Orientirung nicht



verkennen lassen. Dagegen finden sich im Granat häufig grosse Rutilkörner und zahllose zoisitähnliche Nadelchen. Der Pyroxen enthält ganz allgemein nur grössere orangefarbene Rutilkörner. Die bekannten Contactphänomene am Pyroxen beschränken sich der Hauptsache nach auf die unmittelbare Nachbarschaft des pegmatitartigen, glimmer- und disthenreichen Quarztrums. Die Zerfaserung ist seltener eine vollständige. Im „fond“ ist vielfach Quarz sicher zu erkennen, doch scheint auch Plagioklas beteiligt zu sein. Das mikroskopische Bild der Verwachsungen zerkräuselten Pyroxens mit Quarz erinnert — wie auch sonst vielfach in Eklogiten — an ähnliche Erscheinungen in Quarzdiabasen.<sup>1)</sup> Quarz findet sich ausserhalb der grobkörnigen Intrusion nur in minimaler Menge und enthält alsdann öfters Rutilmikrolithe. Innerhalb der Intrusion zeigt er mitunter Zerfaserung durch Druck. Auch die Quantität der meist grossen Glimmerblätter (ebenso häufig einachsige wie zweiachsige) nimmt von dem „Pegmatit“ weg rasch ab. Disthen ist nur in der Nähe des Trums in einigen wenigen Körnern zu sehen. Alle Bestandtheile zeigen kataklastische Beschaffenheit, am meisten der Granat.

Die auffälligeren Veränderungen einzelner Mineralbestandtheile durch die pegmatitische Injection lassen sich im Allgemeinen nur bis zu wenigen Millimetern Abstand von letzterer erkennen. Doch dringen an weniger widerstandsfähigen Stellen die Produkte der sauren Injection noch etwas weiter in den Eklogit ein, der im Allgemeinen den gewöhnlichen Typus repräsentirt.

Der hellfarbige mittelkörnige Eklogit vom Steinhügel bei Markt Schorgast nähert sich in seinem äussern Habitus den Eklogiten vom Goldberg. Die Bestandtheile der Grundmasse sind ungefähr || gelagert. Pyroxen + Amphibol kommen an Menge dem feinkörnigen Granat annähernd gleich; letzterer ist netzartig gruppirt.

Die kleinen, meist scharf dodekaedrisch begrenzten Granate zeigen in sehr geringen Mengen die gewöhnlichen mikrolithischen Einschlüsse centrisch gehäuft, selten Klinozoisit, die oft || orientirten Rutilmikrolithe meist in scharf abgegrenzten Gruppen. Pyroxen zeigt allgemein Omphacitecharakter, selten die feinstengelige Beschaffenheit des Diallags. Rundliche Quarzeinschlüsse darin stellen anscheinend ein vereinzelt auftretendes Auslaugungsphänomen dar. Der ziemlich reichlich als Zwischenfüllung auftretende Quarz zerfasert den Pyroxen und auch den spärlichen einachsigen Glimmer nur ganz unbedeutend. Der „fond“ ist zum Theil Plagioklas.

Unter den Pyroxenkörnern finden sich einzelne kleine mit || Auslöschung, vielleicht  $\alpha$ -Pyroxen.

In ungefähr gleicher Menge ist dem Pyroxen ein ganz blass bräunlicher Amphibol beigemengt, der, hie und da kleine Granatkrystalle enthaltend, mit dem Pyroxen || verwachsen ist. Der nicht spärliche einachsige Glimmer hängt stets unmittelbar mit dem Granat zusammen, ist durch Quarz randlich zerfasert und mit Biotitläppchen eingefasst. Rutil, ausserhalb des Granats selten, bildet gelb- bis schwarzbraune pleochroitische Körner. Zoisit  $\alpha$ , wenig vertreten, enthält öfters fein zertheilte Zersetzungsprodukte schwarzen Titaneisens.

Die Eklogite vom Steinhügel und Beerberg bei Traindorf gehören im Allgemeinen den gewöhnlichen Eklogittypen an.

Ein feinkörniges, hellgrünes Gestein mit makroskopischem Karinthin längs feiner verzweigter Trümer und hellfarbiger Glimmerlagen zeigt die Granate ausgeprägt netzförmig gruppirt, den vorwiegenden Pyroxen sehr wenig zerkräuselt, die Hornblende in Körnern und als Infiltration von sehr blasser Färbung auch da, wo sie als Saum um Granat auftritt. Es enthält wenig farblosen, meist einachsigen Glimmer, viel Rutil, wenig Quarz und Zoisit  $\beta$ . Die Granate sind einschussarm. Viele || Risse gehen durch das Gestein und durchsetzen scharf Granat und Pyroxen. Die Auslaugung und Concentration der Titanverbindungen ist sehr schön an einigen Pyroxenkörnern zu sehen, welche kleine Granate einschliessen. Ganz feinstengelig struirte diallagähnliche Körner erscheinen mitunter in Körnern vom gewöhnlichen Aussehen des Omphacites zerdrückt. (Fig. 14.)

Auch bei ungleichmässiger äusserer Beschaffenheit, die sich in der Anhäufung des Granates zu derben Aggregaten, in einem Wechsel zwischen richtungslos körniger und Lagen-Struktur äussert, bleibt der Mineralbestand der gleiche. Granat tritt gern leistenförmig und als Einschluss in Pyroxen auf. Die Maschenräume des ziemlich deutlichen Granatnetzes sind mit grossentheils vermiculisirtem Pyroxen erfüllt. Letzterer ist zum Theil in krümelige, schwach pleochroitische Hornblende umgewandelt. Der allgemein kataklastische Quarz macht durchaus den Eindruck

<sup>1)</sup> H. ROSENBUSCH [110, S. 329].



eines in sehr dünnflüssigem Zustand injicirten Materials. Uralitbüschel wachsen dendritisch in den Quarz hinein, welcher oft in Form der charakteristischen buchtigen Lacunen auftritt.

Im Quarzbereich ist etwas Disthen zu treffen, der auch makroskopisch hervortritt. Klinozoisit, etwas Epidot, sowie Zoisit  $\beta$  kommen unter den gewöhnlichen Verhältnissen vor, ebenso Rutil. Der sehr reichliche, häufiger zweiachsige, als einachsige Glimmer zeigt oft Druckerscheinungen und ist mitunter von Biotitläppchen umsäumt. Die Hornblende, welche den Granat einfasst, erreicht nicht den Pleochroismus des Karinthins. Pyritkörner sind selten.

Ein farbenprächtiges Gestein von mittelkörniger, vorwiegend flaseriger Beschaffenheit aus dem Beerberg bei Traindorf zeigt makroskopisch reichlich Glimmer, sowie eine Sonderung in Lagen, in denen abwechselnd Granat, graugrüner Pyroxen und Quarz die Vorherrschaft haben. Der ganze Habitus erinnert an Eklogite vom Weissenstein und von Weidmes bei Grafengehaig (Sammlung des Oberbergamts München). Auch der Fattigauer Eklogit zeigt mitunter ähnliche Lagenstruktur. Der Quarz offenbart weniger deutlich seinen Charakter als Injectionsmaterial. Immerhin corrodirt er Granat und Pyroxen und ist in ähnlicher Weise von Glimmer begleitet, wie die pegmatitähnliche Ader im Eklogit vom Buchanger. Granat-Pyroxen, Zoisit  $\alpha$  und  $\beta$ , Epidot, Glimmer treten sonst in der gewöhnlichen Weise auf, ebenso kleine Mengen von ziemlich kräftig gefärbtem Amphibol. Der Granat ist ungemein reich an Rutilmikrolithen.

Einen der schönsten Eklogittypen stellt ein glimmerreiches Gestein von Traindorf dar. Die graurüne Grundmasse erhält durch || orientirte dünne Lagen silberglänzenden Glimmers äusserlich eine Art von Schieferstruktur. Die gleichmässig vertheilten Granate sind klein. Das quarzreiche Gestein zeigt plattige Absonderung.

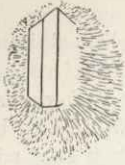
Dasselbe ist von sauren Injectionen in ausgiebigster Weise durchdrungen und weitgehend modificirt. Die Struktur erscheint unter dem Mikroskop durchaus richtungslos und kataklastisch. Die ziemlich einschlossarmen Granate bilden ein undeutliches Netz. Selten sind sie von einem lückenhaften Saum blass grüner, radial gestellter Amphibolstengelchen umgeben. Die Grundmasse ist durchweg zerkrümelnd und besteht wohl grossentheils aus ganz blasser strahlsteinartiger Hornblende. Nur hin und wieder finden sich dazwischen kleine Pyroxenreste. Der Quarz erscheint — mit Ausnahme der mikrolithischen Einschlüsse in Granat — als injicirtes Material. Im „fond“ der krümeligen Grundmasse ist sehr allgemein Plagioklas erkennbar. Disthen wird recht häufig angetroffen, wie er überhaupt in glimmerreichen Eklogiten sich gern einzustellen pflegt. Zoisit  $\beta$  ist sehr reichlich beigemischt, weit spärlicher Zoisit  $\alpha$ . Farbloser Glimmer in grossen, ziemlich gleichmässig orientirten Blättern bildet einen wesentlichen Bestandtheil und zeigt öfters Verbiegung. Rutil tritt in der gewöhnlichen Weise auf.

Besonderes Interesse nehmen einige Gesteine aus einem kleinen Aufschluss bei Martinsreuth<sup>1)</sup> in Anspruch, da sie von der gleichen Lokalität stammen, wie zwei der beschriebenen Gabbronorite, und zum Theil Uebergänge darstellen, die einerseits in vielen Punkten bemerkenswerthe Uebereinstimmung mit jenen aufweisen, andererseits zum ausgeprägtesten Eklogittypus führen. Abgesehen von der Zerfaserung ist die Struktur mittelkörnig. Schon das unbewaffnete Auge unterscheidet an einigen Proben aus der kleinen gangähnlichen Linse von Martinsreuth unregelmässige Lagen eines dichten, schmutzigweissen, mit sehr kleinen bräunlichen Granaten erfüllten Aggregates, welches mit dichten, schon recht eklogitähnlichen Partien untermengt ist. Auch unter dem Mikroskop erscheinen Stellen von gewöhnlichem Eklogithabitus mit randlich zerfasertem Pyroxen im Uebergang zu solchen, in denen beispielsweise Gruppen kleiner blasser Granatindividuen in der Grösse und annähernd auch in der Gestalt kleinen Plagioklasleisten jener Gabbronorite gleichen. Hiedurch und durch die Vertheilung mehr oder weniger modificirter Biotitblättchen gewinnt die Struktur eine überraschende Aehnlichkeit

<sup>1)</sup> Etwa 100 m ausserhalb Martinsreuth am Rande des Strässchens nach Silberbach.



mit der jener Gesteine. Die meist scharfe Abgrenzung der durchweg rissigen Granate gegen benachbarte feinste Faseraggregate wird durch schmale Karinthinsäume bewirkt. Die grösseren Granatindividuen sind bei genauer Betrachtung meist recht deutlich aus kleinen Leisten und Körnern zusammengesetzt und schliessen besonders Körner von Pyroxen, Quarz und gelben, mit Titaneisenerzresten verwachsenen Rutilen ein. Den Granat begleiten und ersetzen hie und da ähnlich geformte Zoisitkörner. Pyroxenkörner von den noch sehr an Diallag erinnernden Eigenschaften des Omphacites (blass blaugrün, deutliche Absonderung nach (100), scharfe prismatische Spbk.,  $c:c 45^\circ$ ) sind nur noch in buchtig begrenzten Kernen erhalten, im Uebrigen vom Rande her partiell (Fig. 26), meist total zerfasert, seltener wurmförmig zerkräuselt („vermiculisirt“).



Figur 26.

Der Auslöschungsrichtung nach sind diese äusserst fein verästelten Randfasern Uralit. Inwieweit die feinen Faseraggregate etwa saussuritischen Ursprungs sind, lässt sich aus der Beobachtung nicht ableiten. Jedenfalls spielt Saussuritisierung im gewöhnlichen Sinne, wenn überhaupt, eine nicht beträchtliche Rolle in den gekräuselten und den feinfaserigen Aggregaten. Am meisten erinnern noch die nicht zahlreichen Zoisitkörner im Granatbereich an eine Art von Saussuritisierung. Plagioklas lässt sich im „Fond“ des Uralitfilzes nirgends bestimmt erkennen.

Der für ein eklogitähnliches Gestein aussergewöhnlich stark vertretene und recht allgemein unmittelbar an Granat angrenzende Biotit ( $c = b$  tief fuchsigbraun,  $a$  blass bräunlich, fast genau einachsige) ist mehr oder weniger zerkräuselt und tritt meist skelettartig auf; kleine Lättchen davon schliessen oft einen farblosen centralen Theil ein, der gleichfalls annähernd einachsige ist. Sehr allgemein schliesst Biotit pleochroitische Rutilkörner (dunkelbraun, graubraun) ein, die in der Regel feine Titanitsäume besitzen.

Der Biotit ist oft verwachsen mit Rutil- und Titanitanhäufungen, die bei gleichzeitigem Auftreten von Granat-„Primitivkörnern“ sehr an die Titan-eisenerzeinschlüsse im Biotit des Gabbonorites von der gleichen Lokalität erinnern.

Reichlicher Quarz bildet viele kleine, rundliche Einschlüsse in Granat und Pyroxen, ferner Lacunen im zerkrümelten Pyroxen mit zierlicher Einfassung aus schwach gefärbten Amphibolkryställchen.

Er zeigt demnach, wenigstens zum Theil, das Verhalten von injicirtem Quarz, korrodirt Granat, zerfasert und zerkrümelt Pyroxen, grenzt sich in der bei zweifellosen Quarz-injectionen in Eklogit öfter beobachteten Weise durch „Randsteinchen“ (Fig. 16) gegen den vermiculisirten und uralitisirten Pyroxen ab, bildet auch vielfach den „fond“ der veränderten Pyroxenaggregate. Inwieweit er bei letzterem Auftreten durch Plagioklas ersetzt ist, lässt sich an den vorliegenden Schliffen nicht mit Sicherheit ermitteln. Doch scheint Plagioklas am „fond“ öfter betheiligte zu sein, insbesondere in der Umgebung der Granate, wo die Pyroxenkrümel eine blassgrüne Färbung ( $c$  blaugrün,  $b$  gelbgrün,  $a$  ganz blass bräunlich) annehmen und „Karinthinsäume“ bilden, die, wie sonst bei Eklogiten, meist aus radial gestellten Amphibolleisten bestehen, aber an Farbenintensität gegen typischen Karinthin noch etwas zurückstehen, dafür aber mehr mit den „Karinthinsäumen“ in den Gabbonoriten übereinstimmen. Hie und da entwickelt sich ein grösseres Korn von Karinthin.



Der reichlich vorhandene Rutil wird öfters begleitet und ersetzt von Titanerzkörnchen und Leistchen, die ganz mit solchen in Gabbronoriten und Diabasen übereinstimmen. Nicht selten geht der Rutil in Titanit über. Sehr kleine Magnetkieskörnchen finden sich allgemein verbreitet. Titanerzmikrolithenschwärme fehlen.

Einige Proben vom Martinsreuther gangähnlichen Eklogitaufschluss zeigen bei völlig dichter Beschaffenheit und grauer Farbe äusserlich eine gewisse Aehnlichkeit mit Diabas, von dem sie sich makroskopisch nur durch sehr kleine Granatkörnchen unterscheiden. Durch Quarz ausgeheilte feine Sprünge durchlaufen ganz regellos das sehr zähe Gestein, das unter dem Hammer sphäroidale Ablösung der Verwitterungsrinde ergiebt.

Unter dem Mikroskop zeigt das eine durch Infiltrationen mechanisch und chemisch stark beeinflusste Gestein eine sehr zierliche Anordnung der Granate in Form eines Netzes, das einigermaßen an die ophitische Struktur eines mittelkörnigen Gabbros gemahnt (vgl. Fig. 12). Die kleinen, fast einschlussfreien Granatprimitivkörner liegen in meist genau geradlinigen Reihen, welche die Form und die divergentstrahlige Anordnung von Plagioklasleistchen ziemlich getreu nachahmen (vgl. Fig. 13). Einzelne Granatkörner sind kelyphitähnlich von radialen Hornblendestengelchen umgeben, andere enthalten in zahlreichen Rissen Chlorit. Der Pyroxen ist fast ganz in äusserst feine Faseraggregate verwandelt. Oft zeigen grosse Körner nur noch ein einheitlich auslöschendes (41°) Skelett von Pyroxensubstanz. Während also ein Theil der Faseraggregate wohl nur stofflich wenig veränderten Pyroxen vorstellt und nur hie und da echte Uralitisirung aufweist, ist ein anderer aus strahlsteinähnlicher Hornblende zusammengesetzt und erinnert durchaus an saussuritische Partien in Gabbros, welche Aehnlichkeit noch erhöht wird durch eingelagerte farblose Granatkörner mit ganz blassem Karinthinsaum und Aggregate von solchen.

Vom Titaneisen sind noch Reste im Zusammenhang mit goldgelben Rutilkörnern anzutreffen. Quarz bildet grosse, zierlich eingefasste Lacunen.

Das Infiltrationsmaterial in mehreren feineren Rissen ist meist Quarz; aus angrenzendem veränderten Pyroxen schiessen in denselben haarfeine Strahlsteinnadeln herein; hie und da füllt farbloser Strahlstein neben Quarz die Sprünge. Auffällig ist der Mangel an Feldspath und Glimmer.

In einer der vorigen äusserlich gleichenden Probe ist offenbar die durch Quarzinjection bewirkte Uralitisirung und auch die Saussuritbildung sehr viel durchgreifender gewesen. In dem recht eintönig feinkörnigen Hornblendegestein erinnern nur die einer gewissen Regelmässigkeit nicht entbehrende Orientirung der Hornblendesäulchen — ähnlich der in Saussuritgabbros vorkommenden Durchwachsung von Plagioklas mit Amphibol —, sowie die Gruppierung der nicht reichlich vorhandenen, mechanisch stark beeinflussten Granatkörner einigermaßen an Gabbrostruktur.

Die im Allgemeinen sehr gleichmässig blass grüne, weitaus vorherrschende Hornblende nimmt hie und da bei Berührung mit Titanit viel stärkeren Pleochroismus und viel höhere Interferenzfarben an. Die Granatkörner haben als Einschluss meist Quarz, der auch den Fond des Hornblendekörnchenaggregates bildet und manchmal zu kleinen Lacunen anwächst. Rutil ist meist in Titanit umgewandelt und von Körnchen desselben kranzförmig umgeben. Ganz spärlich finden sich Klinozoisit, Zoisit  $\alpha$ , Biotit und Magnetkies.

Im Martinsreuther Aufschluss wurde auch typischer, grob- bis mittelkörniger Eklogit im Zusammenhang mit den eben beschriebenen Proben gefunden, von welchem einzelne äusserst frische Stücke makroskopisch folgendes Bild geben. Zart rosabräunlicher Granat, zu derben Aggregaten, oft bis 5 mm Durchmesser angehäuft, wechselt ganz unregelmässig ab mit ungefähr gleich stark

vertretenen Lagen eines hell lauch- bis smaragdgrünen Mineralgemenges, aus dem sich hie und da grosse Schwefelkieskörner und farblose Glimmerschüppchen abheben.

Der sehr frische Granat zeigt sich unter dem Mikroskop ziemlich kräftig pigmentirt und ist nur selten von schmalen Karinthinsäumen eingefasst.

Weitaus überwiegender Gemengtheil, bildet der Granat ein grobes, aber noch deutlich ausgebildetes Netz und tritt weniger häufig in compacten Krystallen, als in Form von complicirt zusammengesetzten Krystalloiden und lockeren Körneranhäufungen auf, welche Quarzlacunen, Rutil, farblose Hornblendekörner, Zoisit und Pyroxen einschliessen. Die Krystalloide setzen sich aus Körnern und Leisten zusammen, die häufig Rutilmikrolithenschwärme enthalten, und zwischen denen sich massenhaft sehr kleine, seltener ansehnlichere Zoisitsäulchen, also gewissermassen Saussuritelemente, finden.

Die Pigmentirung der bis 2 mm grossen, auf Querschnitten oft recht diallag-ähnlichen Pyroxenkörner ist sehr ungleich; in der Mehrzahl farblos bis ganz blass blaugrün, zeigen einige davon smaragdgrüne Flecke mit rasch abnehmender Intensität nach der Peripherie zu.<sup>1)</sup> Rutilmikrolithenschwärme finden sich auch in Pyroxen, aber weit seltener als in Granat; zwischen den Pyroxenkörnern liegen vereinzelt Blätter farblosen einachsigen Glimmers, mitunter mit einem zarten Saum aus Biotitläppchen. Ein kleiner Theil des Pyroxens ist durch farblose oder ganz blass bräunliche Stengelchen und Körner von Hornblende ersetzt. In dem reichlich als Zwischenfüllmasse vorhandenen Quarz, der anscheinend ein primärer Gemengtheil ist und in ganz unbedeutendem Maasse eine Zerfaserung des Pyroxens bewirkt, schwimmen hie und da Zoisitsäulchen. In allgemeiner Verbreitung finden sich Körner (bis 1 mm gross) von goldgelbem bis orange-farbenem Rutil, die nur ganz ausnahmsweise einen Titanitsaum zeigen.

In einem Steinhaufen bei der Epplasmühle — im äussersten Norden des Münchberger Gneissgebietes — fand ich einen glimmerreichen, schieferigen Eklogit, der mancherlei Analogien zu den Martinsreuther Vorkommnissen darbietet.

Das sehr intensiv kataklastische, mittel- bis grobkörnige Gestein zeigt unter dem Mikroskop in flaseriger Anordnung bis mehrere Millimeter grosse Granate, ungewöhnlich zahlreiche Glimmerschuppen, sowie Quarzkörneraggregate, alles durchknetet mit einem dichten Filz äusserst feiner Nadelchen.

Der Granat stellt sehr unregelmässig begrenzte, zerdrückte Aggregate sehr blasser Körner vor, welche reichlich durchsetzt sind mit Quarz, Karinthin, Klinozoisit, Chlorit, hie und da auch mit Biotit und Plagioklas. Die Körner selbst schliessen Quarz in rundlichen Körnchen, nicht sehr reichlich dunkelbraunen Rutil und spärliche Titanitkörner ein. Plagioklas findet sich, abgesehen von einer jüngeren Infiltration, hie und da in kleinen undeutlichen Körnchenaggregaten zwischen Granat und Glimmer eingeklemmt und manchmal auch im Granat in undeutlich lamellierten, sehr kleinen Körnern. Ganz spärlich ist blass grünlicher Chlorit in Risse des Granats eingedrungen, oft auch Klinozoisit. In dicht filzigen Aggregaten, die ich geneigt bin für Saussurit zu halten, sind hie und da — genau wie im saussurischen Gabbro-norit von Martinsreuth — schärfstens begrenzte Granatdodekaeder (0,16 mm Durchmesser) enthalten neben Leisten von Titaneisenerz und Körnchen von Zoisit und Klinozoisit. Kleine Körnchen Zoisit  $\alpha$  und Klinozoisit finden sich häufig im Bereiche des Granats.

Glimmer ist so stark vertreten, wie sonst in keinem Eklogit. Er ist ganz allgemein einachsigt, meist farblos, und geht randlich, wie auch sonst gewöhnlich, in

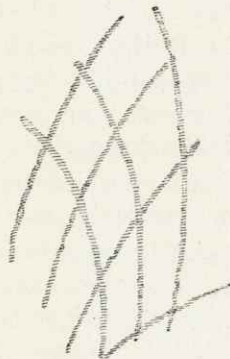
<sup>1)</sup> Vgl. A. LACROIX [91]. Vielleicht handelt es sich hier um einen ungleichmässig vertheilten Chromgehalt.



einen Saum von Biotitschüppchen über. Er bildet 1—2 mm grosse, ganz unregelmässig begrenzte Blättchen, allgemein mit undulöser Auslöschung.  $\gamma - \alpha > 0,036$ .

Bis 4 mm lange und breite Stellen im Schliff bestehen nur aus wirt durcheinanderliegenden, randlich corrodirten, farblosen Glimmerschüppchen, immer mit Biotit eingefasst; oft ist nur noch ein Skelett aus Biotit vorhanden. Der Glimmer enthält hie und da Magnetkies oder Rutil, ist also wohl ein älterer Gemengtheil. Der in Quarz eingeschlossene Glimmer ist stets randlich corrodirt, also älter als der einschliessende Quarz und nicht aus einer sauren Injection ausgeschieden. Jüngere Infiltrationen bestehen aus Quarz und Plagioklas. — In dem Hornblendekrümel-Aggregat bildet injicirter, kataklastischer Quarz buchtig begrenzte, durch Strahlsteinkörnchen eingefasste, bis 5 mm grosse Lacunen, welche Rutil und Magnetkies enthalten. Karinthinartige kataklastische Hornblende von ziemlich blasser Färbung durchzieht und umgibt die sehr lückenhaften und rissigen Granatgebilde und geht unmerklich in den krümeligen bis faserigen Amphibol der Grundmasse über. Vereinzelt finden sich bis 0,5 mm grosse Körner von Titaneisen. Rutil und Magnetkies sind öfters miteinander verwachsen. Hie und da trifft man ein Orthitkorn mit pleochroitischem Hof in karinthinartiger Hornblende.

Die Eklogite vom Aufschluss „am Gesterer Berg“ bei Wölbattendorf zeigen meist grosse, scharf begrenzte Granatdodekaeder, die eine Art Flaserung des Gesteins bewirken, gern reihenweise liegen und sich ungewöhnlich leicht aus der mittelkörnigen bis dichten Grundmasse herauslösen. In letzterer finden sich oft jene lebhaft hellgrünen Partien, die auch in Eklogiten von Martinsreuth und vom Goldberg auffallen und genau so aussehen, wie der sogenannte „Smaragdit“ in Saussuritgabbros. Ebene Absonderungsflächen sind häufig mit Quarz bedeckt. Von Rissen und Klüften aus erfolgt gewöhnlich Karinthinbildung, mitunter in dicken Lagen. Hie und da machen kreisbogenähnliche, annähernd konzentrische Streifen aus Karinthin, die ein zweites System solcher Streifen schneiden, eine eigenartige Zerklüftung sichtbar (Fig. 27). Vereinzelte Karinthinkörner bilden einen anscheinend älteren Bestandtheil der Grundmasse.



Figur 27.

Das mikroskopische Bild zeigt bei solcher äusserer Beschaffenheit naturgemäss weitgehende Kataklaste besonders der mit Neubildungen — wie Klinozoisit und Karinthin, weniger mit Chlorit und Epidot — durchsetzten Granate. Letztere, mitunter leistenförmig, zeigen häufig einschlussfreie, von Saussurit umgebene Kerne, eine Wachsthumerscheinung, die an den Saussuritgabbro von Wurlitz erinnert. In einem Schliff formiren die Granate ein grobes Netz. Der Rutilstaub in den Granaten bildet stets scharf begrenzte Figuren. Die Lücken in den nicht völlig geschlossenen Granatgebilden sind gewöhnlich durch kataklastische Pyroxenstengel ausgefüllt. Zoisit  $\beta$  stellt zum Theil leistenförmige Aggregate, mitunter reine Pseudomorphosen nach Plagioklas dar, meist im Zusammenhang mit Granat, dessen durch grössere Granatgebilde mitunter etwas gestörtes Netz sie gelegentlich ergänzen. Ausser in diesen saussuritischen Partien tritt Zoisit vereinzelt in verhältnismässig grossen Säulchen im Pyroxenaggregat auf, schliesslich auch in dichtgedrängten Zügen, wie man sie so oft in Amphiboliten sehen kann. — Der farblose Pyroxen zeigt in allen Wölbattendorfer Eklogiten die grösste Aehnlichkeit mit Diallag, vor allem durch die oft noch ganz regelmässige Orientirung der Mikrolithe, welche bei schwacher Vergrösserung meist als bläulicher Staub im Pyroxen erscheinen, bei stärkerer Vergrösserung aber deutlich als Rutil erkennbar sind. Da, wo durch das Wachsen

grösserer Granate Flaserung eintritt, sind die Pyroxene in kleine Stengelchen umgewandelt.

Die grossen Rutilite sind von düsterer Färbung und erinnern in ihrem Habitus an Titaneisenkörner im Köditzer Diabas. Die stärkst veränderten Theile des Grundgewebes zeigen Calcitinfiltrationen. Reichliche Mengen injicirten Quarzes treten in der gewohnten Weise auf, mitunter auch in feinen Rissen nach Art von „infiltrations téléfiloniennes“. Pyroxen ist hie und da durch nahezu farblosen Amphibol ersetzt. Von o-Pyroxen trifft man einzelne stark veränderte Körner an. Farbloser Glimmer ist nicht immer reichlich beigemenget; meist findet er sich an der Granatperipherie. Derselbe ist zum Theil fast einachsigt, zum Theil hat er den Achsenwinkel des Muscovites. Disthen tritt nur ganz vereinzelt auf.

In einigen Pyroxen- und Amphibolkörnern werden die sonst sehr dichten Rutilmikrolithen-Schwärme lückenhaft; dafür stellen sich in den leeren Stellen grössere Rutilkörner ein. Es zeigt sich also eine beginnende Concentration der veränderten Titanerz-Interpositionen.

Der fast karinthinfreie Eklogit vom Geesterer Berg lässt im Schriff hauptsächlich folgende Gesteinselemente unterscheiden: 1. grosse Krystalle, gern in Reihen geordnet; 2. der von letzteren umschlossene Raum ist von einem Aggregat bis 6 mm grosser Pyroxenkörner erfüllt; 3. in diesen liegen scharf begrenzte Saussuritleistchen, und schliesslich 4. finden sich — ähnlich wie bei Feldspat-Augen im Gneiss — im Anschluss an grössere Granate Auskeilungen, deren verschiedenartiges Material man am kürzesten als Gemenge saussuritischer mit uralitischen Elementen bezeichnen kann. Die Korngrösse sinkt darin theilweise bis zum feinsten Zerreibsel herab.

Der Granat, stark kataklastisch wie die übrigen Gemengtheile, weist bei vorzüglicher Krystallbegrenzung und den gewöhnlichen saussuritähnlichen Einschlüssen wenig Besonderheiten auf, ausser etwa den Reichthum an scharf begrenzten Schwärmen staubfeinen Rutilen, die oft weisslichen Reflex zeigen. Der in anscheinend krystallbreiartiger Umgebung erst rasch, dann etwas langsamer gewachsene Granat hat eine Art Flaserung kleiner Pyroxenstengel bewirkt. In den erwähnten Auskeilungen der „Granataugen“ findet sich ausser viel Quarz Zoisit  $\beta$ , Disthen, farblose Hornblende und Pyroxen, letzterer in Berührung mit Quarz zum Theil randlich zerfasert. Ein bogenförmiges Ausweichen kleiner Pyroxene um grössere ist öfters zu beobachten. Der kl-Pyroxen ist von sehr blasser Färbung und zeigt nur da, wo er Mikrolithenschwärme beherbergt, bei stärkster Vergrösserung eine dilute grüne Färbung. Er erweist sich, kurz gesagt, meistens als ein nur wenig modificirter Diallag, der in allen wesentlichen Punkten mit dem kl-Pyroxen eines Saussuritgabbros übereinstimmt. Seine Aehnlichkeit mit dem Diallag im Saussuritgabbro von Wurlitz ist stellenweise eine überraschende. Im Uebrigen erinnern die Menge und die Orientirung der staubfeinen Rutilinterpositionen, mehr aber noch die in Eklogiten<sup>1)</sup> ganz ungewöhnlichen Einlagerungen zum Theil scharf und geradlinig begrenzter trüber Saussuritleistchen<sup>2)</sup> an fast genau gleiche Erscheinungen im Gabbronorit von Martinsreuth und Glenzlamühle<sup>3)</sup>. Dort gewähren stellenweise kleine Plagioklasleistchen im einschlussreichen Pyroxen dasselbe Bild, wie im Eklogit vom

<sup>1)</sup> sc. fichtelgebirgischen.

<sup>2)</sup> Figur 19.

<sup>3)</sup> Figur 9.



Geesterer Berg die Leistchen, welche der Hauptsache nach aus ganz kleinen Prismen von Zoisit  $\beta$  zusammengesetzt sind. Zwischen den letzteren findet sich eine schwach licht- und doppelbrechende Substanz, die wahrscheinlich Plagioklas ist. Wenigstens trifft man am Rande der Leisten mitunter deutlich erkennbare Plagioklaskörnchen. Ferner bilden einen Bestandtheil dieses Saussurits sehr feine farblose Nadeln, deren Eigenschaften auf Strahlstein stimmen. Genau wie im Gestein von Martinsreuth weichen die Interpositionen des Pyroxens vor den eingelagerten Leistchen zurück, auch da, wo die letzteren nicht in der Schliffebene liegen.<sup>1)</sup> Der Saussurit ist stellenweise in Risse zerquetschter Pyroxene hineingepresst. Letztere sind zum grossen Theil ausserordentlich stark mechanisch beeinflusst, mitunter förmlich durcheinander geknetet.

Die Eklogite vom Geesterer Berg zeigen aufs deutlichste die Abhängigkeit der grünen Färbung einzelner im Handstück auffallender Pyroxenkörnerpartien, welche hier auch farblose smaragdähnliche Hornblende enthalten, von dem Vorhandensein feiner Rutil-Interpositionen. In keinem wesentlichen Punkte unterscheiden sich derartige Partien unter dem Mikroskop von den smaragdgrünen Aggregaten in Saussuritgabbros.

Smaragdähnliche Hornblende findet sich poikilitisch in veränderten Pyroxenkörnern eingeschlossen, ferner in den flaserigen Gemengen aus saussuritischen mit uralitischen Elementen. Grosse Individuen derselben im Pyroxenkörneraggregat haben eine einschlussfreie Randzone. Zahllose rundliche Hohlräume im Innern solcher grosser Körner sind mit anders orientirter Hornblende und Substanzen von niedrigerer Licht- und Doppelbrechung, darunter Quarz, erfüllt. Oefters zeigen die Gruppen dieser Einschlüsse scharfe Abgrenzung gegenüber geradlinigen einschlussfreien Streifen; ein ähnliches Bild wie in den Pyroxenen mit Rutilstaub-Interpositionen. Es handelt sich offenbar um Auslaugungserscheinungen und um eine nachträgliche Erfüllung der Hohlräume mit Quarz etc. In der Berührung mit Granat wird die farblose bis blass grüne Hornblende in geringem Umfang karinthinartig. Meist klar und einschlussfrei, enthält sie hie und da Concentrationen von staubförmigen Erzmikrolithen, darunter oft deutlich Rutil.

Der sehr spärliche Karinthin bildet nur ganz schmale Säume um Granat und dringt hie und da in Lücken desselben ein.

Disthen — ohne erkennbaren Pleochroismus — ist recht verbreitet, öfters verwachsen mit einzelnen spärlichen Rutilkörnern und am Rande mitunter ähnlich zerfasert wie Pyroxen. Quarz findet sich in den ocellaren Gebilden um Granat und in kleinen Lacunen im Pyroxenkörneraggregat, wo er die gewöhnlichen Contacterscheinungen hervorbringt. An der Granatperipherie trifft man einige Blätter farblosen einachsigen Glimmers an.

Vereinzelt finden sich stark zersetzte und zerdrückte Reste von  $\alpha$ -Pyroxen. Dieselben erscheinen meist wie ausgelaugt, fast frei von Titanerz-Interpositionen. Daneben sind Alveolen mit dem Auslaugeprodukt — Mikrolithenstaub oder einigen grösseren Rutilkörnern — erfüllt.

Die nähere Umgebung von Wölbattendorf bietet noch einige farbenprächtige Beispiele stark injicirter und kataklastischer Eklogite.

Eine mittel- bis grobkörnige Probe aus einem kleinen Steinbruch „in der Leite“ zwischen Wölbattendorf und Epplasmühle ist ausgiebig mit Quarz injicirt, welcher die gewöhnlichen Contacterscheinungen in grösster Ausdehnung und Vollständigkeit hervorbringt und sogar Granat und Zoisit corrodirt. Die oft in lockere Aggregate zerdrückten, sehr grossen Granatgebilde schliessen ungewöhnlich viel dihexaedrischen Quarz, spärlicher saussuritische Elemente (Zoisit) ein. Von dem monoklinen diallagähnlichen Pyroxen sind noch einige grössere Kerne erhalten

<sup>1)</sup> Figur 9 und 19.



geblieben; das meiste ist feinstens zerfasert und zerkräuselt. Umwandlungsprodukte der ausgelaugten Titanerz-Interpositionen<sup>1)</sup> sind düster gefärbter Rutil, viel reichlicher grosse Titanitkörner, letztere häufig in Begleitung von Zoisit  $\alpha$  und  $\beta$ . An den Granat grenzen ausser farblosem Glimmer mit Biotitsaum grosse Karinthinkörner an, welche letztere Form des Amphibols neben Biotit häufig als Granateinschluss zu treffen ist. Klinozoisit ist recht verbreitet, Disthen nur vereinzelt zu finden.

Manche Erscheinungen deuten darauf hin, dass hier eine reichlichere Quarz-injection erst nach der Eklogitbildung stattgefunden hat, so besonders die Corrosion des Granates und die ganz ungewöhnliche des Zoisites. Der Karinthin sieht zum Theil wie geflossen aus und scheint alsdann ein jüngeres Infiltrationsprodukt zu sein.

Unweit der letztgenannten Lokalität — am nördlichsten Punkt der Münchberger Gneissregion, ganz nahe der Grenze derselben gegen Devonschichten — wurde eine Einlagerung von Eklogit gefunden, welcher viel derben, braunrothen Granat in einer dunkelgrünen, äusserst zähen Grundmasse enthält.

Quarzinjectionen haben das stellenweise flaserige, durchweg kataklastische, mittel- bis grobkörnige Gestein stark verändert. Die grossen Granatgebilde sind zum Theil regellose Aggregate kleiner Körner und bis auf die äusserste Peripherie mit den gewöhnlichen Einschlüssen erfüllt, zu denen sich als seltenere Titanmagnetit und Plagioklas ( $\perp$  c 17%) gesellen, letzterer mehr aussen an, als im Granat. Grosse Karinthinkörner zwischen den Granaten sind häufig durchwachsen mit Oligoklas, der mitunter kleine Granatkörner einschliesst. Sonst bildet ein mehr dem Albit nahestehender Plagioklas den „fond“ lockerer Amphibolkörneraggregate. Diallagähnlicher Pyroxen ist nur noch wenig erhalten geblieben. Der sehr reichliche Quarz stellt sich in Form grobkörniger Intrusionen dar, die mehr gröblich zermahlend, als in ihrem Umkreis vermiculisirend gewirkt haben. Doch sind auch einzelne zierliche mikropegmatitische Verwachsungen mit Pyroxen anzutreffen. Zoisit tritt im Granatbereich — auch in Granat eingeschlossen — öfters in rundlichen Körnern auf. Die braunen Rutil haben meist einen Saum von Titanit, der auch für sich Körner und Körneraggregate bildet. Hier und da findet sich zerkrümelter Titanmagnetit.

Die flaserigen Eklogite aus einem Feld zwischen Neumühle und Neudorf, westlich von Leupoldgrün, zeigen Reihen mittelgrosser Granate von lebhafterer Färbung als gewöhnlich, die ein grobes, unregelmässiges Netz in einer durchaus kataklastischen, feinkörnigen bis filzigen Grundmasse aus uralitischem Material bilden. Der Mineralbestand ist Amphibol, Granat, kl-Pyroxen, Zoisit  $\beta$  und  $\alpha$ , Klinozoisit, Epidot, Chlorit, farbloser Glimmer, Plagioklas, Rutil, Quarz.

Die Granate sind arm an Rutil, der theilweise durch Zirkon ersetzt ist, dagegen reich an den gewöhnlichen Zersetzungsprodukten, z. B. Epidot und äusserst verschieden intensiv gefärbtem Karinthin, der auch als Saum um den Granat auftritt. Diese Produkte ersetzen mit Zoisiten oft völlig den Granat und bilden mitunter Brücken von einem Granatindividuum zum nächsten. Solche „Brücken“ bestehen manchmal nur aus Zoisit  $\alpha$  und farblosem Glimmer. Hier und da ziehen sich gefaltete Bänder, aus Rutilkörnchen zusammengesetzt, durch ungestört gewachsenen Granat, sind also älter als dieser. Gruppen von Rutilkörnern grenzen besonders häufig an Granat an, liegen oft auch an oder in Gebilden, in denen der Granat vorwiegend durch Klinozoisit, vermengt mit Rutil, Titanit, Titaneisenerz und Karinthin ersetzt ist. Das sind die gleichen Substanzen, die in compacten Granaten neben spärlichem Plagioklas als mikrolithische Einschlüsse auftreten. Blass grüner Amphibol findet sich in Form kataklastischer, rutilhaltiger Körner, meist aber zerfasert und zerkrümelte, zum Theil in filzartigen Aggregaten, mitunter in mikropegmatitischer oder gitterförmiger Verwachsung mit Plagioklas, so dass Gebilde entstehen, die an Feldspath mit Gitterstruktur erinnern. Die krümeligen und verfilzten Theile der Grundmasse enthalten öfters noch grosse Kerne kl-Pyroxens mit spärlichen Rutileinschlüssen. Rutilmikrolithe finden sich häufig auch in Klinozoisit,

<sup>1)</sup> Zum Theil vielleicht aus grösseren Titanerzkörnern entstanden.



nicht in den Zoisiten. Vereinzelte Aggregate kleiner Plagioklaskörner (L a 77<sup>o</sup>) sind anscheinend Reste grösserer Leisten, die von Rissen aus durch eindringenden Strahlstein saussuritisirt worden sind. Kleine dichte saussuritähnliche Partien bestehen aus Plagioklas, Klinozoisit und Chlorit. Schuppen farblosen Glimmers, selten bis 3 mm gross, meist mit kleinem Winkel der optischen Achsen, sind recht häufig, besonders in Berührung mit Granat und Klinozoisit. — Titanit umsäumt selten den stets gelben Rutil. Pyrit tritt vereinzelt in grossen Körnern auf. Jüngere feine Quarzinfiltrationen enthalten viel Plagioklas.

Der Eklogit von Fattigau, durch einen Steinbruch nächst dem „Saal“ gut aufgeschlossen, gehört grösstentheils zu den reinsten Eklogittypen, die es gibt. Da, wo er an Augengneiss und „Hornblendegneiss“ angrenzt, zeigt er alle Uebergänge von Resorptionsschlieren, d. h. mit reinen Quarzfasern durchzogenen Zoisitamphiboliten,<sup>1)</sup> zu dem bekannten feinkörnigen Fattigauer Eklogit, der in allen Sammlungen anzutreffen ist.

Quarzarmer, feinfaseriger bis schieferiger Amphibolite, von graugrüner Farbe, glimmerreich auf Absonderungsflächen, setzen sich zusammen aus unscharf gesonderten || Lagen sehr blass grüner, etwas rutilhaltiger Hornblende einer- und Zoisit $\beta$  andererseits, dessen schlanke Säulchen Individuen von Zoisit $\alpha$  und Klinozoisit an Menge weit übertreffen. Quarz und Plagioklas bilden ganz spärliches Zwischenklemmungsmaterial. Solcher Amphibolit zeigt vielfach kataklastische Phänomene, und seine ganze Struktur lässt ihn als ein Auswalzungsprodukt erscheinen.

An einer Stelle findet sich in einem Schriff dieses Gesteins ein spindelförmiges, 6 mm grosses Orthoklasauge mit Quarz- und Plagioklasauskeilung; ein eigenartiges Seitenstück zu den Amphibolitschlieren im „Hornblendegneiss“. An Stellen starker mechanischer Beeinflussung ist grüne — nie die braune — Hornblende in Chlorit mit normalen Interferenzfarben umgewandelt. Diese Zoisit-Amphibolite sind mittelkörnig.

In einer hornblendereichen Probe von gröberem Korn tritt Klinozoisit an die Stelle des Zoisit $\beta$ . Der vorwiegend gleichsinnig orientirte Klinozoisit entsteht augenscheinlich innerhalb trüber Plagioklaskörner, von denen frischere Umwandlungsprodukte das optische Verhalten des Oligoklases zeigen.

Manches in dieser etwas titanithaltigen, aber rutilfreien Probe erinnert an Hornblende-gabbro aus der Gegend von Windisch Eschenbach in der Oberpfalz, so die Struktur, die bräunliche Farbe der vorwiegenden, richtungslos gelagerten Hornblendekörner, auch das Eindringen bis 1 cm dicker aplitischer Injektionen. Nur ist es in dem titaneisenreicheren oberpfälzischen Gestein zur Bildung von viel Granat im Plagioklas gekommen, welches letzterer im Fattigauer Amphibolit nur Spuren Granat, wohl aber reichlich Klinozoisit hervorgebracht hat.

Dunkel graugrüne Klinozoisit-Amphibolite, reich an Rutil, meist auch an Titanit, zum Theil mit einem nicht unbedeutenden Gehalt an Plagioklas, theils von parallelfaseriger Struktur, theils von dichter, völlig kataklastischer Beschaffenheit, vermitteln dadurch einen Uebergang zum Eklogit, dass die mitunter augenähnlichen Klinozoisitbutzen mit „Schwänzen“ aus feinkörnigen Quarzaggregaten allmählich durch Granat mit Quarzeinschlüssen ersetzt werden. Um letzteren findet sich ganz allgemein feinstengeliger Karinthin radial gestellt oder tangential angeschmiegt. Andererseits bekunden 1—2 mm dicke, Hornblende- und Klinozoisitfragmente einschliessende Quarzlagen durch ihre zunehmende Reichlichkeit, dass in Fattigau, wie sonst ganz allgemein, grössere Eklogitlinsen nach der Peripherie zu in immer quarzreichere Auswalzungsprodukte und schliesslich in Resorptionsschlieren übergehen.<sup>2)</sup> Ältere und jüngere saure Infiltrationen haben die schon wiederholt erwähnten Wirkungen hervorgebracht.

Die Fattigauer Eklogite haben fast durchweg einen sehr gleichartigen makroskopischen Habitus. Etwa 1 mm grosse, isometrische Granatgebilde, glänzend

<sup>1)</sup> Vgl. H. ROSEBUSCH [103, 320 ff.].

<sup>2)</sup> Vgl. H. ROSEBUSCH [103, 321].



frisch, liegen entweder gleichmässig vertheilt, ziemlich dicht gedrängt in einer feinkörnigen, hell lauchgrünen Grundmasse, oder erscheinen lagenweise angereichert, ähnlich wie dies auch bezüglich der schwarzgrünen karinthinartigen Hornblende der Fall ist. Die Karinthinbildung folgt im Eklogit und seiner Randfacies ebenen Klufflächen mit Glimmerbelag, seltener beliebig verlaufenden älteren Sprüngen im Gestein, stets aber Richtungen, längs deren saure Injectionen stattgefunden haben. Die Abgrenzung solcher oft umfangreicher, glänzend schwarzer Karinthinlagen gegen die hell lauchgrünen Lagen, in denen der Pyroxen wenig verändert erscheint, ist natürlich nie eine scharfe.

Unter dem Mikroskop bilden kleine Körner und Krystalle des verhältnismässig einschlussarmen, fast nur Rutil führenden Granates Gruppen und Reihen, die ein meist deutliches Netz zusammensetzen.

Der reinste Typus des feinkörnigen Fattigauer Eklogites hat ein sehr dichtes Granatnetz, dessen Maschen ein fast reines Pyroxenkörneraggregat einschliessen. Nur in unmittelbarer Berührung mit Granat finden sich einzelne Prismen einer karinthinähnlichen, etwas braunstichigen Hornblende. In kleinen Quarzonen um die Granate schwimmen Zoisit  $\alpha$  und  $\beta$ , Rutil, Pyroxen und vor Allem Klinozoisitprismen. Solcher Quarz bewirkt nur eine minimale Auffaserung des angrenzenden Pyroxens und ist gegen Hornblende scharf abgegrenzt. Auch solche wenigst veränderte Eklogite zeigen kataklastische Erscheinungen, die sich vor Allem im Rissigwerden der Granate offenbaren. In stärker injicirten Eklogiten haben die grösseren Quarzpartien um Granat annähernd die gleiche Beschaffenheit, wie in den Klinozoisitamphibolitschlieren. Die reichlichere Bildung von karinthinartiger Hornblende durch spätere Injectionen sauren Materials erfolgt auf Kosten des Pyroxens und des Granates, bezw. dessen Ursubstanzen. Der Granat hat ausserdem noch Epidot und Chlorit zu Umwandlungsprodukten. Die Veränderung des Pyroxens beginnt mit einer terminalen Zerfaserung (Fig. 28) und führt schliesslich zur Bildung von Karinthinadeln, weniger zu jenen mikropegmatoiden Verwachsungen wurmartig gekräuselter Produkte mit Plagioklas bezw. Quarz, die man anderswo so häufig beobachtet. Während demnach gewisse saure Injectionen älteren Datums, die in oft unregelmässig verlaufenden Klüften Quarz und Plagioklas absetzten, zur Karinthinbildung (einer Art Uralitisirung) geführt haben, wobei Hornblendenadeln oft büschelförmig in die Klüfte hinein wuchsen, bewirkten jüngere Quarz-Plagioklas-Infiltrationen nichts weiter, als die Ausheilung feiner Sprünge, die oft scharf durch ganze Reihen von Granaten hindurchsetzen.



Figur 28.

Die Veränderung des Pyroxens beginnt mit einer terminalen Zerfaserung (Fig. 28) und führt schliesslich zur Bildung von Karinthinadeln, weniger zu jenen mikropegmatoiden Verwachsungen wurmartig gekräuselter Produkte mit Plagioklas bezw. Quarz, die man anderswo so häufig beobachtet. Während demnach gewisse saure Injectionen älteren Datums, die in oft unregelmässig verlaufenden Klüften Quarz und Plagioklas absetzten, zur Karinthinbildung (einer Art Uralitisirung) geführt haben, wobei Hornblendenadeln oft büschelförmig in die Klüfte hinein wuchsen, bewirkten jüngere Quarz-Plagioklas-Infiltrationen nichts weiter, als die Ausheilung feiner Sprünge, die oft scharf durch ganze Reihen von Granaten hindurchsetzen.

Von Erzen ist Titaneisen in Begleitung von Rutil und Titanit, ferner Magnetkies zu treffen. Die Titanmineralien, ziemlich spärlich in den untersuchten Amphibolitproben von Fattigau, sind in den Eklogiten von dort, vor Allem als Rutil sehr reichlich vertreten und nehmen im Bereich jüngerer saurer Injectionen gern die Form des Titanites oder zerstäubten schwarzen Eisenerzes an. Hellfarbiger Glimmer, auf Klufflächen im Fattigauer Steinbruch eine sehr gewöhnliche Erscheinung, ist im compacten Gestein seltener anzutreffen. Er ist dann, wie so häufig, fast einachsigt und mit Biotitläppchen umsäumt.

Die nächste Umgebung von Silberbach bietet eine Fülle echter Eklogite, die durchwegs reich an Disthen und farblosem Glimmer erscheinen. Da die Eklogite aus der Silberbacher Gegend allbekannt sind und schon vielfach beschrieben wurden, so kann ihre petrographische Charakteristik an dieser Stelle kurz gefasst werden. Mineralogische Details haben schon Berücksichtigung gefunden.



In dem berühmten Gestein vom Rank'schen Steinbruch liegen bis 1 cm grosse Aggregate || verwachsener Granatdodekaeder in einem meist sehr ein förmigen Grundgewebe aus bis 5 mm langen, blass lauchgrünen Omphacitstengelchen, die eine sehr ausgeprägte gleiche Orientirung zeigen und sich flaserig um die Granate schmiegen. Wo sich farbloser bis lichtgrüner Glimmer in dünnen Lagen anhäuft, die zur Bildung von Absonderungsflächen führen, da findet auch eine Anreicherung an Quarz und rundlichen Disthenkörnern statt. Solche Partien sind — im Gegensatz zu dem sonst äusserst zähen Eklogit — im Mörser leicht zu zerreiben. Das gröbliche Pulver gestattet unter der Lupe eine mühelose Auslese der himmelblauen, 0,3 bis 1 mm grossen Disthenkörner, an denen der Silberbacher Eklogit ganz ungewöhnlich reich ist. Der Glimmer ist fast ausnahmslos streng einachs. Quarz bildet an solchen Stellen, die ein innigeres Ineinandergreifen der Gemengtheile durchaus vermissen lassen, klare Körneraggregate bis einige Millimeter Durchmesser. Die Rutilkörner zeigen im groben Pulver metallischen Glanz.

Auf angeschliffenen grösseren Stücken des Silberbacher Eklogites erscheinen die Granate in einer Anordnung, die ein grobes Netz repräsentirt. Dasselbe wird gebildet durch unregelmässig sich kreuzende Granatkörnerreihen. Unter dem Mikroskop erscheint farbloser Strahlstein (Smaragdit), meist deutlicher stengelförmig und mit schärferen Spaltrissen als der Pyroxen, regellos eingelagert in Form grosser Individuen. Karinthin fehlt gänzlich. Die randliche Zerfaserung der Pyroxene ist entsprechend dem Mangel an Quarz injectionen eine ganz minimale.

Einen grossen Reichthum an blauem Disthen und smaragdgrünem Amphibol zeigt schon makroskopisch ein mittel- bis feinkörniger Eklogit<sup>1)</sup> aus dem Hohlweg, der von Unterpferdt nach Silberbach führt. Die Struktur ist richtungslos körnig; das Granatnetz tritt mit mässiger Deutlichkeit hervor. Der Mineralbestand ist folgender: Granat, diallagähnlicher Pyroxen, grüner Amphibol, Disthen, Quarz, farbloser Glimmer, Rutil und Magnetkies, letzterer reichlicher, als in dem sonst gleich zusammengesetzten Silberbacher Eklogit, der dafür etwas mehr Titaneisen enthält. Beide Eklogite sind feldspathfrei. Zoisit fehlt gleichfalls, wenn man nicht die Schaaren mikrolithischer Nadelchen in den Granaten für Zoisit  $\beta$  ansehen will, mit dem sie allerdings wesentliche Merkmale gemein haben. Aus der gleichen Schürfung im Hohlweg Unterpferdt-Silberbach stammen auch eklogitartige Amphibolite, welche Plagioklas und Zoisit enthalten. Der innige geologische Verband mit dem zuletzt beschriebenen Eklogit lässt keinen Zweifel aufkommen, dass diese hornblendereicheren, zum Theil ganz pyroxenfreien Gesteine gleichen Ursprungs mit dem Eklogit sind und nur eine Rand- oder Grenzfacies desselben vorstellen. Wie fast alle beobachteten Grenzformen des Eklogites (vgl. die einschlägigen Gesteine von Wölbattendorf, vom Schaumberg, aus dem Hohlweg Wustuben-Eppenreuther Mühle, vom Aufschluss bei Stammbach etc.) zeigen auch die meisten Proben aus dem Hohlweg Unterpferdt-Silberbach knollige bis rein sphäroidale Verwitterungsform. Ebene Absonderungsflächen sind anscheinend auf Zerklüftung durch Druck zurückzuführen und in der Regel mit Infiltrationsmaterial, meist Quarz, bedeckt.

Mit dem Eklogit sind diese Gesteine durch cyanitreiche Uebergänge verbunden. Die eklogitähnlichste unter den vorliegenden Proben zeigt stellenweise schon ein Ueberwiegen des dunkel lauchgrünen Amphibols über den hellfarbigen

<sup>1)</sup> Analysenmaterial. Vgl. S. 147.

Pyroxen. Sonst ist das mittel- bis grobkörnige, sehr erzeiche Gestein dem Silberbacher Eklogit äusserlich noch ziemlich ähnlich. Sein Mineralbestand ist gegen den des letzteren, ausser um wenig Plagioklas und Zoisit, noch um stark pleochroitischen Karinthin, um etwas Glimmer, Klinozoisit und Orthit reicher. Apatit, zum Theil in Granat, ist sehr selten zu erkennen. Der Granat enthält bräunlichen Amphibol mit Rutilmikrolithen, Biotit und verhältnismässig grosse Zoisitsäulchen, welche der vorhin erwähnten Annahme als wesentliche Stütze dienen, dass nämlich viele Mikrolithenschwärme im Granat von Eklogiten aus der Silberbacher Gegend Zoisit seien. Die sehr ungleichartigen Amphibole gehören sicher verschiedenen Generationen an, als deren jüngste kräftig pleochroitische Karinthinfiltrationen erscheinen, die hie und da von Klinozoisit begleitet sind. Spärliche Feldspathneubildungen zwischen der Hornblende gehören saureren Plagioklasen an. Längs feiner, verzweigter Risse finden sich allenthalben Pyroxen und Amphibol in feinsten Zerfaserung. Der Gehalt an Magnetkies ist sehr gross.

Wenig verschieden im äusseren Habitus und in der allgemein grobkörnigen, theilweise flaserigen Struktur sind von diesen pyroxenhaltigen Eklogit-Grenzformen die gänzlich pyroxenfreien. Auch letztere sind stark kataklastisch, ungewöhnlich reich an Magnetkies, arm an Quarz. Als Zersetzungsprodukte des Granates treten u. a. Chlorit und Klinozoisit auf. Die bis 1 cm grossen Granatgebilde sind zum Theil echte Aggregate und schliessen in möglichster Vollständigkeit jene Mineralien ein, deren Paragenesis für die complicirter zusammengesetzten Granatkörner in eklogitähnlichen Amphiboliten charakteristisch ist. Die Feldspathkörner im Granat sind meist saure Plagioklase, dem Oligoklas nahe, vereinzelt findet sich ein Fragment von Labrador-Bytownit (Auslöschung  $\perp$  c  $31^\circ$ ). Im Bereiche der meist sehr blass grünen Hornblende findet sich öfters Plagioklas, in welchen farblose Amphibolnadeln || oder gitterförmig eingelagert sind.

Der Quarz zieht sich von kleinen kataklastischen Körneraggregaten mitunter in den uraltischen Faserfilz hinein, welcher einen grossen Theil der proteusartig veränderlichen Hornblende ausmacht.

Auf die Genesis der in allen Gesteinen der Lokalität so reichlich vertretenen, zum Theil ungewöhnlich grossen Magnetkieskörner wirft die im mineralogischen Theil näher beschriebene randliche Umwandlung eines grossen Pyritkornes in Magnetkies ein helles Licht. Der Disthen wird sehr spärlich und fehlt ganz in einem fast dichten Amphibolit, in dessen düster graugrüner Grundmasse regellos kleine Granate eingelagert sind. Der Mineralbestand vermehrt sich um reichlicheren Titanit, der in der vorigen Probe nur spärlich als Umrandung des Rutils an stark veränderten Stellen auftritt. Der Rutil zeigt in den Amphiboliten dieser Lokalität meist sehr dunkle Färbung und ist sehr oft mit Titaneisenerz und Magnetkies verwachsen. Chlorit und Klinozoisit werden häufiger. Stellenweise können die Centren von Granatkrystalloiden — oft wahren Aggregaten — geradezu als Saussurit bezeichnet werden, der sich aus Strahlstein, Zoisit, Klinozoisit, Plagioklas, Quarz und Chlorit zusammensetzt. Um die Granate lagert sich in der Regel eine schmale, quarz- und plagioklasreiche Zone mit spärlichen, kurzen, dicken Säulchen von Zoisit z. Die Grundmasse wird durch ein feinkörniges Aggregat bräunlich grüner Hornblende gebildet, deren Lücken durch Plagioklas und Quarz ausgefüllt sind. Letzterer macht theilweise den Eindruck eines injicirten Materials von granitisch-körnigem Gefüge.



## Anhang.

### a) Eklogitähnliche Gesteine von Wildenreuth bei Windisch Eschenbach in der Oberpfalz.

Die geologische Karte von Bayern — Blatt Erbdorf-Freihung — zeigt in der Gegend zwischen Neustadt a. W. N. und Wildenreuth bei Windisch Eschenbach eine ähnliche Configuration, wie in der Münchberger Gneissregion. Dies veranlasste mich, dort einige Eklogitlokalitäten aufzusuchen, welche vorwiegend eine Ausbeute an diorit- und gabbroähnlichen Granat-Amphibol-Gesteinen im Verband mit Granitgneiss bzw. Aplit lieferten.

Einige der markantesten Proben davon sind in einem früheren Abschnitt beschrieben und zeigen sehr beachtenswerthe Anfänge zu einem Uebergang echter Hornblende-Gabbros und Granat-Diorite in eklogitähnliche Gesteine.

Eklogite im engeren Sinne konnte ich in jener Gegend überhaupt nicht finden. Allein die granatreichen Gesteine, welche bei Wildenreuth als Glasschleifmaterial gewonnen werden, kommen in ihrem äusseren Habitus und auch in ihrer mineralischen Zusammensetzung dem Eklogitcharakter sehr nahe. Freilich fehlt ihnen der Pyroxen gänzlich. Fasst man diese Thatsache damit zusammen, dass unter den dortigen, wenig veränderten Tiefengesteinen pyroxenarme und pyroxenfreie Hornblendegabbros eine wesentliche Rolle spielen, so ist dadurch eine Brücke geschlagen zur genetischen Beurtheilung der pyroxenfreien „Eklogite“ von Wildenreuth.

Diese sind zum Theil fast reiner, richtungsloser, grobkörniger Granatfels<sup>1)</sup> mit nur spärlicher Zwischenfüllmasse aus Quarz, Titaneisen und Hornblende, sowie einigen Zersetzungsprodukten, wie Chlorit, Calcit, Titanit.

Die grossen Granate — neben denen und innerhalb deren kleine Granatindividuen in allen Formen und Grössen vorkommen — sind sehr rissig, besonders im Sinne einer guten dodekaedrischen Spaltbarkeit. In Rissen und Lücken finden sich die oben genannten Zersetzungsprodukte. Zerstäubtes Titaneisen, nur selten in Rutil umgewandelt, zeigt meist noch die Umrisse des leistenförmigen Erzes, von welchem auch einzelne Körner, oft in Begleitung sehr grosser Magnetkieskörner, im Granat anzutreffen sind. Der Quarz bildet in Form grosser, etwas kataklastischer Körneraggregate bis mehrere Millimeter lange und breite zackige Buchten und erfüllt auch schmale Räume zwischen den Granaten, in deren Lücken er reichlich eindringt. Der meist ganz feinstengelige Amphibol, fast farblos, strahlsteinähnlich, seltener dem Karinthin genähert ( $c:c=18^\circ$ ), tritt strahlig gruppiert um Titaneisen, auch mikroperthitisch mit Quarz verwachsen auf. Chlorit, || c fast farblos,  $\perp$  c meergrün, mit anomalen blauen Interferenzfarben, kommt in und zwischen den Granatgebilden in einheitlichen, bis einige Millimeter grossen Schuppen vor.

Eine andere Probe des Wildenreuther Eklogites zeigt die sehr dunkel almandin-farbigen Granate in meist recht vollkommenen, bis 7 mm grossen Dodekaedern. Dieselben sind kataklastisch und ganz regellos vertheilt. Der Quarz verhält sich wie in der eben erwähnten Probe. Er schliesst ungemein viel porösen, schlackenähnlichen Magnetkies ein, der in seinen zelligen Hohlräumen Quarz und Karinthin enthält. Die Hornblende ist meist in Quarz eingeschlossen und fast farblos, seltener, in Berührung mit Eisenerz, karinthinartig; ( $c:c=21^\circ$  auf [010].) Nur hie und da zeigt sie die braunen Töne einer Gabbro-Hornblende. Sie erscheint

<sup>1)</sup> Vgl. Litt. 108. Nr. 131. Eklogit von der Arête des Pétoudes.

durch Quarz stark korrodirt. Orthit, mit pleochroitischen Höfen umgeben, findet sich ungewöhnlich zahlreich in der Hornblende, sodann Titaneisenkörnchen, deren ausserordentlich grosse Zahl — auch in Granat — für das Gestein charakteristisch ist. Grosse Titaneisenkörner füllen Lücken im Granat aus, zu dessen auffälligeren Einschlüssen schwarzbrauner und durch Chloritisirung grüner Biotit gehören.

Von ähnlicher Beschaffenheit, aber ärmer an Erzen, ist ein Wildenreuther Eklogit aus der Sammlung des naturwissenschaftlichen Vereins in Regensburg. In einer fast farblosen, feinstengeligen Amphibol-Grundmasse liegen grosse Granate, deren äusserst zahlreiche zellige Hohlräume meist mit Quarz erfüllt sind.

### **b) Kleinere, scharf abgegrenzte Amphibolit-Einlagerungen (Linsen, Bänder u. dgl.) im Hornblendegneiss des Münchberger Gebietes.**

(Ohne erkennbare Beziehungen zu eklogitartigen Gesteinen.)

Eine Biotit-Amphibolit-Linse aus dem Steinbruch an der Kirchhöhe bei Stammbach, kreisrund, von 10 cm Dicke und 25 cm Durchmesser, war in feinkörniges, weisses granitisches Gestein eingeschlossen. Letzteres ist arm an Biotit und farblosem Glimmer und hat gegen die Linse zu eine biotitreichere Zone, auf welche wieder eine dünne, fast rein weisse Zone folgt. Diese ist von dem leicht ablösbaren Linsenmaterial durch eine Rutschfläche abgegrenzt.

Unter dem Mikroskop zeigt der granitische Theil ein richtungslos feinkörniges Aggregat aus sehr vorwiegendem Orthoklas mit Quarz und untergeordnetem Plagioklas (Albit-Oligoklas bis Oligoklas-Andesin) und sehr wenig Biotit, repräsentirt also einen, von haarfeinen Rissen durchzogenen, Granitit. Der Biotit tritt in kleinen Fetzen gegen die Linse hin etwas reichlicher auf. Hie und da ist eine kleine Partie des Plagioklases in Klinozoisitkörneraggregate zersetzt — eine Art Saussuritbildung. Eine Zone aus trübem Infiltrationsmaterial, anscheinend zerriebenem und zersetzten Feldspath, mit Quarz und Leukoxen vermengt, zieht sich entlang der Grenze zwischen Granitit und Linse. Eine zersetzte Infiltrationsmasse ragt an einer Stelle in die Linse hinein und zeigt Lamellirung und Spaltrisse eines Plagioklases (Albit). Auch an der Linsenperipherie findet sich noch viel granitisches Material, dem sich allmählich Biotit mit verbogenen Lamellen, sodann ganz blass röthlicher Granat — meist mit Biotit verwachsen im Plagioklas —, ferner zahlreiche Titanitkörner und ziemlich viel Klinozoisit beimegen. Dieser letztere hat oft einen gleich stark lichtbrechenden, fast isotropen Kern, der mit einer blass grünen Zone umgeben ist; ausserdem schliesst Klinozoisit Titanit, Rutil und etwas Zirkon ein. Der Kern ist wohl ein thulitähnliches Glied der Epidotreihe.

Man gewinnt den Eindruck, dass die zoisitähnlichen Mineralien aus Feldspath hervorgegangen sind. Kleine Eisenerzkörnchen an der Linsenperipherie sind in Limonit umgewandelt.

Die Gemengtheile der Linse sind durch Quetschung und Biegung zum Theil stark verändert, besonders der makroskopisch rothbraune Biotit. Das Gemenge besteht im Wesentlichen aus bis 5 mm grossen Blättern und Leisten von Hornblende ( $c > b$  sehr blass graulichgrün,  $a$  farblos,  $c:c$  auf  $[010] = 22^\circ$ ) und weniger zahlreichen, ziemlich gleichmässig vertheilten Biotitfetzen (bis höchstens 2 mm Durchmesser;  $c = b$  hell sepiabraun,  $a$  ganz blass rosabräunlich). An Zerstellungsprodukten ist hie und da Calcit in Begleitung von Titanit beigemengt. Spärlich finden sich Kryställchen von Zoisit  $\alpha$  und Plagioklaskörner. Rutil stellt nicht häufig scharf ausgebildete Prismen, öfter Körnchen dar, die vielfach in Titanit übergehen. Quarz ist spärliches Ausfüllungsmaterial. Apatit findet sich nur in Spuren. Die Hornblende enthält vereinzelte Körnchen Orthit mit pleochroitischen Höfen.

Die Linse hat die Kennzeichen eines Umschmelzungsproduktes einer Scholle des vom Granit durchbrochenen Gesteins. (H. ROSENBUSCH, mikr. Physiogr. mass. Gest. S. 81.)



### Bandförmige Einlagerung eines Epidot-Klinozoisit-Amphibolites im „Hornblendegneiss“ des Steinbruches am Ottenberg bei Mussen.<sup>1)</sup>

Am Handstück zeigt der grobflaserige Theil glänzend schwarze Hornblende-knauer, bis mehrere Centimeter gross, umwachsen mit etwa 5 mm langen Säulchen und Körnern schwärzlich grünen Amphibols. Im feinschuppigen Theil, welcher von dem grobflaserigen durch eine 1—8 mm dicke, gelblichweisse, feinkörnige, stark gefaltete Zwischenlagerung getrennt ist, liegen zahlreiche, schmutzig weisse Körnchen. Das Gestein ist deutlich gequetscht und gefaltet und zeigt auf ebenen Absonderungsflächen ganz dünne, nicht abfärbende braunrothe Verwitterungskrusten. An einer grösseren Gesteinsprobe von dort erscheint das feinschuppige Material trumartig in das grobflaserige eingedrungen.

Unter dem Mikroskop sieht man ein mittel- bis feinkörniges Hornblendeaggregat mit Andeutung einer || Struktur und mit unregelmässig, annähernd lenticulär geformten, bis mehrere Millimeter langen Einlagerungen, die reich an Epidot und Klinozoisit sind. Die Hornblende — vom Pleochroismus eines kräftig gefärbten Karinthins — bildet ein lockeres Aggregat von Körnern (selten bis 2 mm), häufiger von Stengelchen, die regelmässig mit farblosem Klinozoisit und Epidot untermengt sind. Letzterer, sehr schwach pleochroitisch, zeigt ganz deutlich die fleckige Vertheilung verschiedenartig zusammengesetzter Partien. Die epidot- und klinozoisitreichen Einlagerungen sind oft langgestreckt und verzweigt. Quarz bildet nur in minimalen Mengen kleine Zwischenfüllmassen. Reichlich finden sich Titanitkörnchen, oft mit Rutilkern. Rutilkörnchen sind sonst selten.

### Amphibolit-Lage aus dem „Hornblendegneiss“ des Steinbruchs nächst Poppenreuth bei Münchberg.

Dicke Lagen eines ziemlich grobkörnigen Aggregates frischer, grünlich schwarzer Hornblende wechseln mit annähernd || verlaufenden granitischen Partien, die durch ihre Verästelung den Eindruck injicirten Materials machen. Quer zur Schieferung finden sich mit Quarz erfüllte feine Klüfte. Unter dem Mikroskop ist die Hornblende ziemlich gleichsinnig, stellenweise streng || orientirt. Unregelmässig eingelagerte Hornblende ist kataklastisch modificirt. Die meisten Amphibolindividuen erscheinen im Querschnitt vollkommen idiomorph und zeigen ausser (110) oft (100) und (010). c grünlichblau, b blass gelblich graugrün, a fast farblos; c:c 18°. In dem Injectionsbereich ist die Hornblende weniger regelmässig gelagert und begrenzt. Oefters enthält sie Rutilmikrolithe, meist in Nadelform. Quarz tritt spärlich als Zwischenfüllmasse auf, zum Theil mit Plagioklas vermengt. Manche Quarzlacunen führen Hornblende, Klinozoisit, Zoisit Chlorit (Klinochlor) und saure Plagioklase (zum Theil Andesin und Albit-Oligoklas). Im Bereiche einer Quarzinjection finden sich — meist fein zerrieben — ausserdem noch Muscovit, Epidot und goldgelbe Rutilkörner.

### c) Granatfreie Amphibolite aus umfangreicheren Hornblendegesteins-Einlagerungen des Münchberger Gneissplateaus.

(Ohne erkennbare Beziehungen zu eklogitartigen Gesteinen.)

#### Dichter Quarz-Epidot-Hornblendeschiefer von einem Felsköpfchen zwischen Ackermannshof und Stein bei Berneck.

Das schwarze, auf frischer Bruchfläche matt glänzende Gestein ist sehr zäh und gibt unter dem Hammer scharfkantige Splitter. Unter dem Mikroskop erscheint die wellige Schieferung bedingt durch den Wechsel breiterer Lagen aus sehr feinkörnigen Aggregaten von Hornblende, Epidot und Quarz mit solchen aus Quarz und Epidot. Die dunkleren Lagen sind richtungslos struirt und bestehen weit vorwiegend aus karinthinartiger hypidiomorpher Hornblende (c dunkel blaugrün, b bräunlichgrün, blautichig, a blass gelblich; c:c 22°), schwach pleochroitischem, nur annähernd hypidiomorphem Epidot, winzigen Körnchen und Aggregaten von Quarz, zahllosen Leisten und Körnchen eines schwarzen, fast glanzlosen Eisenerzes (Magnetit, der hie und da zu Limonit verwittert) und Spuren von Klinozoisit. Feldspath ist nirgends mit Sicherheit zu erkennen.

<sup>1)</sup> Figur 3.

## Hornblendeschiefer aus einem Steinbruch zwischen Benk und Weisdorf bei Münchberg.

Das feinwellig-schieferige, ausserordentlich zähe Gestein, von mittlerem bis feinem Korn, unterscheidet sich von dem vorigen durch die weit undeutlichere Sonderung der Lagen und durch den fast völligen Mangel an Titanmagnetit. Dafür ist es ziemlich reich an Titanitkryställchen. Die weitaus vorherrschende Hornblende (Körner und Stengel bis 2mm) zeigt ähnlichen karinthartigen Pleochroismus wie im vorigen Gestein (a blass grünlich braun). Die übrigen, meist sehr klein ausgebildeten Gemengtheile sind Chlorit, Zoisite, Klinozoisit, Epidot, Plagioklas (zum Theil Andesin), Quarz, Titanit.

## Dichter Amphibolit mit Titaniteconcretionen aus den Wiesen zwischen Kosermühle und Röhrig bei Markt Leugast.

In dem richtungslos feinkörnigen, graulich schwarzen Gestein sind reichlich und sehr gleichmässig verteilt bis 1 mm grosse, annähernd isometrische, schmutzig weisse Fleckchen.

Unter dem Mikroskop zeigt sich ein sehr gleichförmiges, richtungsloses Aggregat hypidiomorpher Hornblende von karinthähnlichem Pleochroismus mit etwas bräunlichen Tönen (c:c 17°), welchem viele Körner von Klinozoisit, Epidot und Zoisit  $\beta$ , Rutil und schliesslich spärliche, meist in Limonit umgewandelte Magnetitkörnchen beigemischt sind. Die Zwischenräume dieses etwas lockeren Aggregates sind durch farblose, wenig Rutil führende Gemenge kleiner Körner von Quarz und Plagioklas, vielleicht auch etwas Orthoklas, ausgefüllt. Quarz bildet auch kleine Einschlüsse in Hornblende und Zoisit. Die dichten Titaniteconcretionen haben starken Leukoxenreflex; die einzelnen Körnchen schliessen viele Rutilmikrolithe ein und sind mit spärlichen Hornblende- und Klinozoisitkörnchen, weniger mit Quarz untermengt.

Klinozoisit-Amphibolitschiefer vom „Judenbegräbnis“ bei Oberkotzau. Das dichte bis feinschuppige, bläulichschwarze Gestein wird von einer 5–20 mm breiten, schneeweissen aplitartigen Ader durchzogen. Die Lagerung der Hornblendestengelchen etc. ist zunächst der Intrusion ||, bis etwa 1 cm davon entfernt; dann nimmt das Hornblendeaggregat jenseits einer fast nur aus Klinozoisitstengelchen bestehenden dünnen Lage abrupt eine andere Orientierung seiner Individuen an. Im allgemeinen tritt gegen die karinthartige, etwas bräunliche Hornblende der Klinozoisit erheblich zurück, welcher ihr mit dem noch mehr untergeordneten Quarz sehr gleichmässig beigemischt ist. Das optische Verhalten des Klinozoisits nähert sich zum Theil dem des Epidots. Aeusserst zahlreiche, sehr kleine Titanitindividuen sind in dem grünen Körneraggregat eingestreut. — Der aplitische Gang besteht weitaus vorwiegend aus saussuritischem getrübbten, bis 6 mm langen und halb so breiten Körnern von Plagioklas (Albit-Oligoklas), dem wenig Orthoklas und Spuren von farblosem Glimmer beigemischt sind. Zwischen den Plagioklaskörnern findet sich ziemlich viel Calcit als Zersetzungsprodukt. Am Rande der Intrusion liegen viele Klinozoisitkörner.

Klinozoisit-Amphibolitschiefer zwischen Moschendorf und Oberkotzau. Streng || angeordnete, ebene, grauliche bis schwärzliche Lagen werden durch theilweise wellige, feine, grünlichgelbe Zwischenlagerungen (bis höchstens 1–2 mm dick) von einander geschieden. Unter dem Mikroskop zeigen die dunklen Lagen ein richtungslos mittelkörniges Gefüge und bestehen aus ungefähr gleichviel karinthartiger Hornblende und farblosen Körneraggregaten, in denen Klinozoisit (zum Theil in Epidot übergehend) und Plagioklas (Oligoklas) gegen spärlichen Quarz weit vorwiegen. Apatit ist in Prismenfragmenten öfter vertreten; Titanminerale fehlen gänzlich. Eine bis 1 mm dicke Zwischenlagerung (siehe oben) besteht aus einem sehr feinkörnigen Gemenge von Epidot, Plagioklas und Quarz.

### 3. Chemische Zusammensetzung.

#### a) Eklogit.

Das nachstehend verzeichnete Analysenergebnis I habe ich nach den allgemein üblichen Methoden erhalten. Als Material diente ein äusserst frischer typischer Eklogit vom Hohlweg Unterpferdt-Silberbach. Bei ungewöhnlich gleichmässiger Struktur des mittelkörnigen Gesteins ist der Mineralbestand desselben: Granat, diallagähnlicher Pyroxen, Disthen, grüner Amphibol,



Quarz, farbloser Glimmer, Rutil, Magnetkies. Zum Vergleiche werden beigefügt die Ergebnisse der Eklogitanalysen E. v. GERICHTENS,<sup>1)</sup> J. MAUTHNERS,<sup>2)</sup> M. SCHUSTERS,<sup>3)</sup> endlich von L. DUPARC und L. MRAZEC.<sup>4)</sup>

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Si O <sub>2</sub>	50,42	57,10	55,00	48,81	50,13	45,81	48,75	49,12	45,35	47,25
Ti O <sub>2</sub>	0,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,40	11,66	13,54	16,25	14,37	19,61	14,32	16,07	} 34,25	16,26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	2,84 <sup>5)</sup>	2,74 <sup>5)</sup>	6,00	13,02	2,02	—	—		—
Fe O	5,72	3,22	3,37	7,48	—	3,15	16,47	16,65	} 34,25	17,02
Mn O	Spur	0,31	0,20	0,43	—	—	—	—		—
Ca O	11,00	13,80	12,09	9,72	12,85	13,08	10,55	10,34	11,36	9,67
Mg O	10,77	6,37	10,21	7,52	6,46	13,68	7,37	7,02	7,18	6,67
K <sub>2</sub> O	0,13	0,81	0,50	0,46	0,14	0,52	0,48	nicht be-	0,88	0,49
Na <sub>2</sub> O	2,80	2,21	2,10	2,64	2,35	2,24	1,23	stimmt	1,80	3,16
H <sub>2</sub> O	—	0,54	0,32	0,12	—	0,23 <sup>6)</sup>	—	—	—	—
	100,64	98,86	100,07	99,43	99,32	100,34	99,17	99,20	100,82	100,52

- I. Eklogit von Unterperfdt (Granat, diallagähnlicher Pyroxen, Disthen, grüner Amphibol, Quarz, farbloser Glimmer, Rutil, Magnetkies). E. DÜLL.
- II. Eklogit von Eppenreuth (Granat, Omphacit, Disthen, Quarz, selten Apatit und Eisenkies). E. v. GERICHTEN.
- III. Eklogit von Silberbach (Omphacit, Granat, Disthen und Quarz). E. v. GERICHTEN.
- IV. Eklogit aus der Nähe von Markt Schorgast (Fallser Höhe) (Disthen, Karinthin, Muscovit, Biotit, Oligoklas, Quarz, Hyacinth, Olivin, Apatit, Magnetkies, Eisenkies). E. v. GERICHTEN.
- V. Eklogit von Eibiswald (Granat, Omphacit, Hornblende, wenig Quarz.) J. MAUTHNER.
- VI. Eklogit von Ober Feistritz (Bacher in Steyermark) (Granat, Omphacit, Cyanit). M. SCHUSTER.
- VII. Eklogit vom Trient, wenig Quarz, ziemlich viel Zoisit.
- VIII. „ von der Arête des Pétoudes. } L. DUPARC  
IX. „ „ „ „ „ „ „ } und  
X. „ „ „ Aiguille du Greppon. } L. MRAZEC.<sup>7)</sup>

### b) Granat.

Zur Analyse benützte ich den tadellos frischen, blass röthlichen Granat aus dem Eklogit vom Rank'schen Steinbruch bei Silberbach. Die Trennung der Granatsubstanz von den meisten Beimengungen geschah mittelst Methylendijodid und mit dem Elektromagneten. Letztere Trennung wurde wegen der mikrolithischen Einschlüsse mit dem von staubfeinen Beimengungen durch Abschlämmen

<sup>1)</sup> Litt. 49.

<sup>2)</sup> Litt. 48.

<sup>3)</sup> Litt. 76. (Citat.)

<sup>4)</sup> Litt. 108.

<sup>5)</sup> v. GERICHTEN ist geneigt, alles Eisen als Oxydul anzunehmen.

<sup>6)</sup> Glühverlust.

<sup>7)</sup> Fe O und Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> wurden nicht getrennt bestimmt, Fe als Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> eingesetzt. Mn O und Ti O<sub>2</sub> wurden nicht bestimmt. „Die Eklogite bilden das basisreichste Gestein aus den krystallinischen Schiefem des Mont Blanc“ [Litt. 108].

befreiten Pulver wiederholt und lieferte ein Material, das noch Rutil und Nadelchen von niederer Doppelbrechung und meist gerader Auslöschung (wahrscheinlich Zoisit) in geringer Menge als Einschluss enthielt. Dasselbe wurde noch einmal zerrieben — aber nicht zu Staub — und abermals mit dem Elektromagnet behandelt. Der Erfolg war recht befriedigend. Das Endprodukt enthielt aber immer noch geringe Mengen von Rutil und Spuren von Quarzeinschlüssen. Die Beseitigung dieser sehr geringfügigen Verunreinigungen ist nicht möglich. Durch Elimination des  $\text{TiO}_2$ , 0,28 %/o, aus dem Analysenergebnis war eine Ausscheidung des Rutils sehr leicht gemacht. Das weitere Verfahren war das übliche.

Zum Vergleich sind die Ergebnisse von H. TRAUBES [88] und E. v. GERICHTENS<sup>1)</sup> Granatanalysen beigelegt.

I. Granat von Silberbach (mit Spuren von Quarzeinschlüssen). E. DÜLL.

Ia.	„	„	Frankenthal i. Schl. [„3 Th. Granat + 1 Th. Zoisit“].	H. TRAUBE.
II.	„	„	Eppenreuth.	} E. v. GERICHTEN.
III.	„	„	Silberbach.	
IV.	„	„	der Fallser Höhe.	
V.	„	„	vom Weissenstein bei Stammbach.	

	I.	Ia.	II.	III.	IV.	V.
$\text{SiO}_2$ . . . . .	39,99	40,11	43,37	43,16	41,45	43,14
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	24,75	22,31	23,13	23,04	16,15	24,01
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	2,55	2,42	—	—	11,50	—
$\text{FeO}$ . . . . .	12,65	—	14,63	14,60	12,40	17,59
$\text{MnO}$ . . . . .	Spur	1,41	0,98	0,91	0,91	0,87
$\text{CaO}$ . . . . .	7,71	28,69	13,48	13,54	10,51	8,94
$\text{MgO}$ . . . . .	12,54	2,24	4,78	6,05	8,36	3,98
		2,17 <sup>2)</sup>				
	100,19	99,35	100,37	101,30	101,28	98,53

D. H. NEWLAND [107] bestimmte die Brechungsindices für den Granat von Silberbach (I) und von der Fallser Höhe (II).

	I.	II.
Li-licht . . . . .	1,7568	1,7647
Na-licht . . . . .	1,7610	1,7706
Tl-licht . . . . .	1,7650	1,7747
sp. G. =	3,758.	

c) Omphacit (Pyroxen).

Ich citire hier der Vollständigkeit halber die Analysen v. GERICHTENS,<sup>3)</sup> DAMOURS,<sup>4)</sup> und H. TRAUBES [88].

<sup>1)</sup> Litt. 49 und 58.

<sup>2)</sup> Glühverlust.

<sup>3)</sup> l. c.

<sup>4)</sup> Litt. 91.



	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO <sub>2</sub> . . .	52,57	52,35	52,77	52,16	54,53	49,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	9,12	9,69	9,19	8,71	14,25	3,96
FeO . . .	5,32	4,08	4,81	11,63	3,39 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	$\left\{ \begin{array}{l} 1,56 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ Spur Cr}_2\text{O}_3 \\ 6,23 \text{ FeO} \end{array} \right.$
CaO . . .	17,41	18,05	18,11	14,16	12,40	
MgO . . .	13,75	12,85	13,60	10,77	7,50	14,09
Na <sub>2</sub> O . . .	1,11	1,73	1,22	0,87	6,21	MnO 1,01
K <sub>2</sub> O . . .	0,28	0,32	—	0,14	—	—
Glühverlust	0,32	0,62	0,41	0,50	—	0,83
	99,88	99,69	100,11	98,94	98,18	100,54

- I.—IV. Fichtelgebirgs-Omphacite. E. v. GERICHTEN.  
 V. Pyroxen aus dem Eklogit von Fay. DAMOUR.<sup>1)</sup>  
 VI. " " " " " Frankenstein i. Schl. H. TRAUBE.

#### d) Hornblende.

	I.	II.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	40,90	50,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21,16	12,90
FeO . . . . .	10,26	$\left\{ \begin{array}{l} 1,73 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \\ 4,69 \text{ FeO} \end{array} \right.$
CaO . . . . .	10,60	
MgO . . . . .	8,83	17,68
Na <sub>2</sub> O . . . . .	—	2,28
K <sub>2</sub> O . . . . .	—	0,64
	91,75	100,00

- I. Hornblende vom Weissenstein. E. v. GERICHTEN.  
 II. Karinthin von der Saualp. G. TSCHERMAK.<sup>2)</sup>

#### e) Glimmer. (E. v. GERICHTEN.)

SiO <sub>2</sub>	58,64	CaO	0,61	K <sub>2</sub> O	5,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,00	MgO	2,11	H <sub>2</sub> O	2,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,11	Na <sub>2</sub> O	1,31		

Bezüglich des Glimmers behalte ich mir weitere Untersuchungen vor. Die optischen Eigenschaften desselben deuten darauf hin, dass es sich meistens um farblosen Magnesiaglimmer — gewissermassen durch Quarz gebleichten Biotit — handelt. Nach E. SANDBERGER hat der sogenannte Kaliglimmer der Eklogite einen hohen Ca-Gehalt.

<sup>1)</sup> Ueber einen ganz ähnlichen Na-reichen Pyroxen aus der Gegend von Oropa im Biellese vgl. Litt. 113.

<sup>2)</sup> Litt. 43.

f) Analysen von **Eklogitgrundmassen.** (E. v. GERICHTEN.)

	I.	II.	III.	IV.	V.
Si O <sub>2</sub> . . . . .	60,43	59,85	58,00	56,06	54,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8,49	9,14	9,45	16,02	11,94
Fe O . . . . .	4,10	3,80	4,56	4,50	7,88
Mg O . . . . .	10,10	10,52	10,28	6,52	5,92
Ca O . . . . .	14,21	13,28	13,18	10,23	12,78
K <sub>2</sub> O . . . . .	1,34	0,58	0,55	1,09	—
Na <sub>2</sub> O . . . . .	2,50	2,86	2,41	3,89	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,61	0,47	0,79	0,30	—
	101,78	100,50	99,22	98,61	93,10

I. Von Eppenreuth (Omphacit, Quarz, Glimmer, ziemlich viel Disthen, wenig Smaragdit).

II. Von Silberbach (wie I., weniger Disthen und Quarz).

III. Von Lausenhof bei Silberbach (Omphacit, Glimmer, Quarz, Disthen, etwas mehr zersetzt wie I. und II.).

IV. Von Markt Schorgast (Omphacit, Karinthin, Smaragdit, sehr wenig Disthen und Quarz).

V. Vom Weissenstein bei Stammbach.

**g) Analyse eines Zoisits.** H. TRAUBE [88].  
(Aus dem Eklogit von Frankenstein in Schlesien.)

Si O <sub>2</sub> . . . . .	39,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	33,37
Ca O . . . . .	24,64
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,98
	99,64

Zum Vergleich mit der Zusammensetzung der Eklogite möchte ich noch einige Analysen von Diabasen und Gabbros citiren.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Si O <sub>2</sub> . . . . .	52,28	46,75	53,04	52,40	49,63	48,57
Ti O <sub>2</sub> . . . . .	0,06		0,14	0,19	1,75	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18,84	18,52	16,99	19,47	16,18	18,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } . . . . .	9,50	6,38	3,95	4,15	1,92	0,67
Fe O } . . . . .		7,38	4,82	3,80	12,03	6,21
Mn O . . . . .	—	—	—	—	0,30	0,07
Ca O . . . . .	4,14	8,45	7,36	8,60	9,33	12,23
Mg O . . . . .	2,46	3,41	3,30	2,26	5,38	9,56
K <sub>2</sub> O . . . . .	2,48	1,49	2,59	1,11	0,81	0,30
Na <sub>2</sub> O . . . . .	5,86	3,68	4,58	4,45	1,89	3,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	2,17	1,98	0,44	—
S . . . . .	0,07	—	0,10	0,17	—	—
H <sub>2</sub> O chem. geb. } . . . . .	3,19	2,48	1,07	0,79	0,55	0,81
H <sub>2</sub> O mech. „ } . . . . .			0,28	0,34		
CO <sub>2</sub> . . . . .	0,65	1,10	—	—	—	—
	99,53	99,64	100,39	99,71	100,21	100,33



- |  |   |
|--|---|
| I. Proterobas vom Heiligen Grab bei Hof. K. HAUSHOFER.       | } Cit. in V. DELERÉ. In.-Diss. Erlangen 1895; auch C. W. GÜMBEL: die palaeolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirgs. Festschrift. München 1874. S. 16, 20. |
| II. Proterobas von der Buttermühle bei Steben. K. HAUSHOFER. |   |
- III. Diabas in Hornblendegestein umgewandelt, von der Kohlweise bei Nonrod, Hessen. CHELIUS.<sup>1)</sup>
- IV. Diabas in Hornblendegestein umgewandelt, Einschluss in Diorit, von Balkhausen in Hessen. CHELIUS.<sup>1)</sup>
- V. Gabbro mit viel Hypersthen und mit Glimmerblättchen. Radauthal bei Harzburg. Cr-haltig. [Litt. 110 S. 151.]
- VI. Frischer Olivinggabbro. Sulitelma. [Litt. 110 S. 151.]

Die Zusammensetzung der beiden letzteren Gesteine nähert sich sehr meinem Analysenresultat vom Eklogit aus dem Hohlweg bei Unterpferdt.

### III. Schlussfolgerungen.

1. Der Münchberger Gneiss ist eine granitische Eruptivmasse und ist jünger, als die palaeozoischen Schichten, welche er ringsum überlagert. Er wird an einzelnen Stellen von jüngeren Diabasen intrudirt.

2. Der Glimmergneiss ist Granit mit wenig oder keinen Resorptionsprodukten. Er erhält seine Parallel-Struktur hauptsächlich durch die gleichmässige Orientirung des Glimmers und geht vielfach in richtungslos körnigen Granit über. Nie zeigt er eine wahre Schichtung.

3. Der Hornblendegneiss ist Granit, welcher in der verschiedenartigsten Weise mit Resorptions- und Umkrystallisationsprodukten, zum Theil mit Produkten einer Art Umschmelzung, durchsetzt erscheint.

4. Sowohl der Glimmergneiss, wie der Hornblendegneiss enthalten als Einlagerungen Eklogite und denselben verwandte Amphibolite.

5. Die Eklogite des Münchberger Gebietes sammt den sie begleitenden und ersetzenden Amphiboliten sind Produkte der Metasomatose älterer Massengesteine, welche die vom Granit durchbrochenen palaeozoischen Schiefer unterlagert und durchsetzt hatten, im Contact mit ringsum einschliessendem Granit, also in heissem, sauren Bad.

6. Die in Eklogite und zugehörige Amphibolite umgewandelten Massen waren im Wesentlichen Tiefengesteine, doch können gelegentlich auch Ergussformen derselben — Diabase — betheilig gewesen sein.

7. Basische Eruptivmassen, welche Material zur Entstehung der Gesteine aus dem Formenkreise der Eklogite geliefert haben, gehören allermeist der Familie der Gabbros an. Aus wenig veränderten Ueberbleibseln an verschiedenen Stellen des Münchberger Gneissgebietes ist zu schliessen, dass vielfach quarzhaltige, biotit- und titaneisenreiche Gabbro-Norite betheilig waren. Uebergänge derselben zu Eklogiten und eklogitähnlichen Amphiboliten sind vorhanden.

<sup>1)</sup> CHELIUS, Mittheilungen aus den Aufnahmegebiet. Sommer 1894. Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde etc. Darmstadt 1894.

8. Gelegentlich mögen grössere oder kleinere Partien dioritähnlicher Tiefengesteine das Object einer Umwandlung in Amphibolite, nie aber in Eklogite, gewesen sein. Hiefür finden sich vereinzelt Anhaltspunkte sowohl im Münchberger Gneissgebiet, als auch in der Gegend von Neustadt a. W. N. in der Oberpfalz. Es liegt nahe, derartige dioritähnliche Gesteine als Grenzfacies von Gabbros aufzufassen, welche unter dem Einflusse des Granites Modificationen erfahren haben.

9. In der Oberpfalz sind als Gesteine, bei denen die Umwandlung in eklogitähnliche Amphibolite in den Anfängen stehen geblieben ist mehrfach Hornblende-Gabbros nachzuweisen.

10. Die am wenigsten veränderten gabbroiden Gesteine zeigen im Münchberger Gneissgebiet deutlicher, als in der Gegend von Neustadt a. W. N., dass die Umwandlung in Amphibolite und Eklogite mit Erscheinungen beginnt, welche unter den Begriff der Saussuritbildung fallen.

Die Plagioklase erfüllen sich mit strahlsteinähnlichen Nadelchen und geben vielfach zur Zoisitbildung das Material. Als auffälligste Neubildung nimmt der Granat sehr allgemein im Plagioklas seinen Ursprung in ganz analoger Weise wie in Saussuritgabbros, welche ihre Umwandlung in basisreicherem Bade gefunden haben bzw. bei denen wenigstens eine Einwirkung saurer Agentien nicht zu konstatiren ist. Zu diesen ersten Granatbildungen — ich möchte sie Granat-Primitivgebilde nennen — haben in den gabbroiden Gesteinen des Fichtelgebirges und auch in zahlreichen Uebergängen derselben zu Amphiboliten und Eklogiten Titaneisen und Glimmer Material geliefert. Von Glimmern kommt vor allem Biotit in Betracht, welcher jenen Gabbronoriten und einem vereinzelt angetroffenen ophitischen Quarzglimmerdiorit eigen ist. Ausserdem erscheint sehr allgemein ein farbloser einachsiger Glimmer, unzweifelhaft ein Umwandlungsprodukt des Biotits, an der Granatbildung theilhaftig. Auf diese Weise mussten Granate entstehen, welche mit der Zusammensetzung eines Kalkthonerdesilikates<sup>1)</sup> begannen, durch Hinzunahme von Magnesium- und Eisensilikat aber allmählich jene wechselvolle und abnorme chemische Zusammensetzung erreichten, welche für die Eklogitgranate charakteristisch ist. Bei Mangel an Titaneisen und Biotit haben sich aus dem Plagioklas öfters isometrische oder leistenförmige Zoisitanhäufungen gebildet. Grössere Granatgebilde in den stärker veränderten metasomatischen Massen haben nicht nur das Plagioklasmaterial bis auf meist sehr spärliche Reste oder auch restlos aufgebraucht, sondern bei ihrem Wachsthum alle in ihrem Bereich gelegenen resorbirbaren Substanzen — insbesondere aus einschliessreichem Pyroxen<sup>2)</sup> und Amphibolen, aus Biotit, Titaneisen und Titanmagnetit aufgenommen, wenig veränderte Reste dieser Mineralien und Zersetzungsprodukte derselben — wie Zoisite und Klinozoisit, auch farblosen einachsigen Glimmer — eingeschlossen. Annähernd isometrische Anhäufungen von Gemengen dieser Substanzen ersetzen hin und wieder bis zu einem gewissen Grade den Granat. In fast allen Granaten zeigen sich die nicht assimilirbaren Substanzen,  $TiO_2$  und überschüssiges  $SiO_2$ , als Rutil und

<sup>1)</sup> Vgl. die Granatanalyse von H. TRAUBE.

<sup>2)</sup> Vgl. die Versuche von H. BARVÍŘ [99].



und Quarz, meist in Form von Mikrolithenscharen als häufigste Einschlüsse. Die Rutilmikrolithe finden sich im Granat häufig noch in der gleichen Orientirung, wie die Titanerzinterpositionen in Gabbro-Pyroxenen.

11. Es erscheint demnach die Bildung der Eklogite und kognaten Amphibolite als ein **Vorgang von nicht sehr kurzer Dauer**, welcher mit einer Saussuritisirung der Feldspathe und partiellen Umwandlung der Pyroxene in Amphibol begann, im weiteren Verlauf aber intensivere Wirkungen hervorbrachte.

12. Die Acidität des Bades, in welchem die Umkrystallisirung stattfand, hat nicht auf die Granatbildung, wohl aber auf nachträgliche Zersetzungen des Granates direkten Einfluss gehabt, insbesondere auf die Bildung von Karinthin aus uralitischem Material, zu welchem letzterem sich Bestandtheile des Granates und Alkali aus dem Feldspath addirt haben.

13. Schon im Stadium der gewöhnlichen Saussuritbildung begann in den Gabbronoriten die terminale Umbildung der Pyroxene in bräunliche Hornblende mit Titanerz-Interpositionen.

14. Saure, meist mehr oder weniger alkaliführende Injectionen haben bei der Umbildung der basischen Tiefengesteine mitgewirkt. Ihre quantitative Beimengung zum Umwandlungsprodukt steht im umgekehrten Verhältnis zur Masse des letzteren und zur Tiefe des Eindringens.

15. Das granitische Magma, welches palaeozoische Schiefergesteine durchbrochen und aufgeblättert, zum Theil resorbirt und zum Theil umgeschmolzen hat, fand in emporgehobenen und vom heissen Medium völlig umflossenen Bruchstücken der jene palaeozoischen Gesteine durchsetzenden Eruptivmassen Objekte von grösserer Widerstandsfähigkeit.

16. Kleinere Fragmente zergingen allerdings völlig im Magma des Granits und bildeten das Material für die allgemein verbreiteten Resorptionsschlieren, die einen Theil des Hornblendegneisses ausmachen.

17. Grössere Schollen der emporgehobenen gabbroiden Gesteine wurden nur in ihren äussersten Partien verflüssigt und resorbirt. Weiter nach innen gelegene Theile wurden erweicht, zerdrückt und meist sehr kräftig injicirt. So entstanden die den Eklogiten kognaten schwarzen, granathaltigen Amphibolite, welche die äusserste Zone der compacten Eklogitmassen bilden. Auch diese Zone ist holokrystallinisch, im übrigen feinkörnig bis dicht, und sieht makroskopisch allermeist wie aus dem Schmelzfluss erstarrt aus. Dieser Zone entsprechen die gleichfalls an verhältnismässig langsam erstarrte Schmelzflüsse erinnernden sphäroidalen Absonderungs- bzw. Verwitterungsformen der eklogitähnlichen Amphibolite. Typische Eklogite zeigen diese sphäroidalen Formen meistens nicht.

18. Noch weiter nach einwärts gelegene Theile grösserer metasomatischer Schollen (Linsen) erlitten nur noch eine mässige Injection, wurden aber in einen Krystallbrei verwandelt, welcher gleitendem Drucke nachgab. So entstanden durch Auswalzung grobflaserige Zoisit-Amphibolite und Eklogite, erstere unmerklich in letztere übergehend,

deren stengelige Bestandtheile annähernd gleichsinnig orientirt sind und sich flaserartig um die Granate schmiegen.

19. Die centralen Theile grösserer linsenförmiger Einlagerungen im Granit wurden verhältnismässig wenig verändert. Ihre Struktur blieb im Wesentlichen erhalten.

20. Das zeigt sich am auffälligsten in den oft sehr gut ausgebildeten Granat-Zoisit-Netzen, welche in vielen Fällen unzweifelhaft das ophitische Feldspathleistennetz der umgewandelten gabbroiden Gesteine repräsentiren, und an welchen oft zweifellos saussuritische Elemente in mannigfaltiger Weise theilhaftig sind.

21. Die centralen Theile der Eklogitlinsen sind durch saure Injectionen in ihrer quantitativen Zusammensetzung nur wenig modificirt worden. Nur im unmittelbaren Bereiche solcher Injectionen fanden erhebliche Veränderungen des Mineralbestandes typischer Eklogite statt.

22. Die reinsten fichtelgebirgischen Eklogittypen bestehen aus Granat, Pyroxen, Disthen, sehr schwach pleochroitischem bis farblosem Amphibol, Quarz, Glimmer und Rutil.

23. Ich stelle mir vor, dass bei der Bildung dieses reinsten Eklogit-Typus aus dem innersten Kern einer von granitischem Magma umflossenen compacten grösseren Gabbro-Masse hohe Temperatur, Druck, Zeit und als einziger agent minéralisateur Wasser in Form überhitzten Dampfes zusammengewirkt haben.

24. Das überhitzte Wasser hat im Bereiche der Feldspathleisten des Gabbros in der sub 10 angedeuteten Weise zur Bildung von Granat geführt. Granat ist allgemein in den Eklogiten jünger, als der „Omphacit“.

25. Demnach halte ich den Eklogit-Pyroxen und seine den Amphibolen angehörigen Aequivalente für die verhältnismässig wenig modificirten Pyroxen-Körneraggregate aus den Maschenräumen des ophitischen Feldspathleisten-Netzes eines gabbroiden Urgesteins.

26. Ich stelle mir vor, dass jene überhitzten Wasserdämpfe die Diallag- und Hypersthen-Krystalle durchdrangen, sie bis zu einem gewissen Grade molekularer Beweglichkeit erweichten, ohne die Lagerungs- und äusseren Gestaltsverhältnisse merklich zu beeinflussen.

27. Die Titanerz-Interpositionen der Pyroxene wurden dabei in Rutil verwandelt und behielten in selteneren Fällen ihre Orientirung bei. Solche Pyroxenkörneraggregate mit dicht gehäuften, regelmässig gelagerten Rutil-Interpositionen erscheinen makroskopisch lebhaft grün, gleichviel, ob sie grüne Hornblende in erheblichen Mengen enthalten oder nicht.

28. Gewöhnlich wurden die in Rutil umgewandelten Interpositionen der Pyroxene durch Dämpfe ausgelaugt und zu grösseren Körnern concentrirt. Alsdann können die Diallage immer noch ihre sonstigen Merkmale recht gut erhalten zeigen. Meist aber sind die ausgelaugten Diallage und die o-Pyroxene durch gleichzeitige Druck- und Wärmewirkung in gemeinen Omphacit verwandelt worden, unter Mitwirkung überhitzten Wasserdampfes.

29. Zugleich entstanden farbloser Glimmer und Disthen, insoferne aequivalente Bildungen, als sie beide, besonders deutlich in stärkeren Quarzadern,



ähnlich wie die grösseren Rutilkörner, Produkte der Auslaugung und Sekretion der nicht assimilirbaren Substanzen sind.

30. Glimmer und Disthen entsprechen der Tendenz zur Bildung solcher Mineralien, welche den möglichst kleinen Raum einnehmen und durch ihre gute Spaltbarkeit und Gleitung mechanischen Einwirkungen möglichst leicht nachgeben.

31. In die reinsten Eklogitkerne dringen noch herein die äussersten Verzweigungen älterer saurer Injectionen, die in ihren letzten Endigungen meist nur noch aus Quarz, dem dünnflüssigsten Injektionsmaterial, bestehen.

32. Dieser injicirte Quarz bildet oft Linsen um Granate und ist dann von primär vorhandenem Quarz nicht immer zu unterscheiden. Meist sind in seinem Bereiche die Pyroxene, vermuthlich unter gesteigerter Mitwirkung von Dämpfen, die der Quarz mit sich führte, in der gleichen Weise vermiculisirt, seltener uralitisirt, wie sie A. LACROIX [91] in seiner klassischen Arbeit über die Eklogite der Loire Inférieure eingehend beschrieben hat.

33. Der vermiculisirte Pyroxen hat als „fond“ Quarz und Plagioklas in wechselnden Mengen und geht unmerklich in blassgrüne Hornblende über, welche oft ausgezeichnet schön mit Plagiokas und Zoisit mikroperthitisch verwachsen auftritt. Der völlige Uebergang des Pyroxens in solchen Amphibol ist nur in den äusseren, amphibolitischen Theilen grösserer Linsen oder in der ganzen Masse kleinerer Linsen zu treffen.

34. Der nur im Bereich saurer Injectionen ausgiebiger in Amphibol umgewandelte Pyroxen geht in der Berührung mit Granat in Karinthin über.

35. Von A. LACROIX und L. DUPARC wird alle Hornblende in den Eklogiten und zugehörigen Amphiboliten als Uralit aufgefasst. Ich finde diese Ableitung der Amphibole aus Pyroxen im Allgemeinen bestätigt, muss aber auf die oberpfälzischen Hornblendegabbros hinweisen, aus denen freilich nie eigentliche Eklogite hervorgehen konnten, sondern nur eklogitähnliche Amphibolite.

36. Im späteren Verlauf der vermuthlich langsam sich vollziehenden Eklogitverfestigung und auch nachträglich haben noch zahlreiche Infiltrationen sauren Materials stattgefunden, die aber keine namhaften Mineralumwandlungen mehr bewirken konnten.

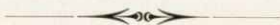
37. Die jüngeren Titanmineralien — Rutil und Titanit — sind theils aus den Titanerzinterpositionen der Pyroxene, theils aus grösseren Titan-eisenkörnern der gabbroiden Gesteine hervorgegangen. Der Titanit hat sich nur im Bereich stärkerer saurer Injectionen gebildet. Umgewandelte Partien, welche fast nur aus Plagioklas sich ableiten, ermangeln in auffälliger Weise der Titanmineralien.

38. Die Beschaffenheit der Eklogitmineralien ist im Allgemeinen die von Contactprodukten. Sie greifen — abgesehen von dem injicirten granulitischen Quarz — nicht zahnartig ineinander, sondern stossen in geradlinigen polygonalen Conturen aneinander.

39. Es gibt durchaus keine scharfe Abgrenzung zwischen den Eklogiten und den begleitenden und ersetzenden kognaten Amphiboliten. Letztere sind die Grenzformen grösserer Eklogitlinsen oder das Umbildungsprodukt kleinerer äquivalenter Einlagerungen im gneissartig auftretenden Granit.

## Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
<b>Ernst Düll, Ueber die Eklogite des Münchberger Gneissgebietes. Ein</b>	
Beitrag zur Kenntnis ihrer genetischen Verhältnisse . . . . .	65—156
Vorwort . . . . .	65
Litteratur-Verzeichnis . . . . .	66—69
Historische Einleitung . . . . .	69—71
<b>I. Geologische Uebersicht</b> . . . . .	72—77
<b>II. Petrographische und chemische Charakteristik</b> . . . . .	77—151
A. Gneiss und wenig veränderte Eruptivgesteine . . . . .	77—92
B. Hornblendegesteine und Eklogite . . . . .	93—152
1. Allgemeine mineralogische Beschaffenheit . . . . .	93—112
2. Spezielle petrographische und mineralogische Verhältnisse . . . . .	112—146
3. Chemische Zusammensetzung . . . . .	146—151
<b>III. Schlussfolgerungen</b> . . . . .	151—155





# Ueber Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthrakolith zum Theil).

Von

Dr. Otto M. Reis.

(Mit 4 Tafeln.)

## I. Ueber Stylolithenbildung.

Seit meinen Ausführungen hierüber im Geogn. Jahreshft 1901 S. 62—92 wurden mir von verschiedenen Seiten Bedenken geäußert, welche kurz zu besprechen von Werth sein dürfte.

S. 74 l. c. habe ich zur Begründung dafür, dass die Stylolithenbildung in gefestetem Gestein stattgefunden haben müsse, darauf hingewiesen, dass die innerhalb und ausserhalb der Stylolithen zu beobachtende Gesteinsbänderung keine Spur jener Schleppung zeigte, welche eine solche intensive Bewegung in nur verhältnismässig weichen Massen begleiten müsste. SORBY hat dieses Argument auch schon bei der Erklärung der Eindrücke von Geröllen benutzt und sich daraus gegen die Annahme eines früheren plastischen Zustandes der Gerölle erklärt.

Nun wäre es ja immerhin möglich, dass solche Bänderung eine Folge des Gebirgsdruckes wäre; abgesehen nun, dass hiefür mikroskopisch keine Anzeichen vorliegen und diese Streifen als mit einer schwachen Veränderung des Kornes verbundene Ablagerungen von Bitumen und Thon erscheinen, konnte ich durch neue Anschliffe der Bohrkern mit Bimsstein, die manches sehr gut hervortreten<sup>1)</sup> lassen, an vielen Stellen nachweisen, dass diese Bänderung deutlichste Lagerungsdiscordanz aufweist, als Folge sehr feiner Bodenströmungen bei ihrem Absatz, wie ich dies auch in etwas grösserem Maasstabe im Geogn. Jahresh. 1901 Kap. 1, S. 29 dargestellt habe und wie dies auch von FRANTZEN (Jahrb. d. preussisch. geol. Landesanstalt 1892. XIII. 138—176) aus dem Schaumkalk erwähnt und abgebildet wurde. Dies zeigt sich besonders schön in einem Anschliff an dem l. c. Taf. IV Fig. 2 von mir abgebildeten gebänderten Dolomit vom Profil Bergheinfeld, dessen übrige Eigenheiten ich bei anderer Gelegenheit besprechen möchte.

Zweifellos zuverlässiger und schlagender sind die Thatsachen des Verhaltens der Stylolithen zu Petrefacten, wie dies ROTHPLETZ bei den Drucksuturen betonte.

<sup>1)</sup> Dies ermöglicht mir auch fernere Ergänzungen zu meinen Untersuchungen hinzuzufügen.

Die Frage, ob daher eine Druck-Durchstossung oder Auflösungs-Durchlöcherung vorliegt, wird hier mikroskopisch besonders deutlich entschieden werden können; ich habe diese Untersuchung an den schon am Schluss meiner Abhandlung erwähnten oolithischen Trochitenkalken aus der bayerischen Rheinpfalz, dem ersten mir diesbezüglich zugänglichen Material, nachgeholt, vgl. Taf. IV Fig. 9 und 10 (vergrössert).

Wie erwähnt, erscheinen hier die Oolithkörnchen, ohne eine Spur Zertümmerung zu zeigen, in verschiedenster Weise zu beiden Seiten der Vertikalflächen durch diese angeschnitten und haarscharf durchschnitten; man sucht bei dieser scharfen Durchschneidung in den der Schnittflächen anliegenden Gegenstyolithen ganz vergeblich nach der entsprechenden II. Hälfte; die Oolithkörnchen sind nun jedenfalls im Moment ihrer Ablagerung harte Gebilde gewesen und als solche in einem weichen, feinkörnigen Kalkdetritus eingebettet worden. Bei einer geringen Bewegung, selbst in einer schon erhärtenden Masse,<sup>1)</sup> hätten sich die Oolithkörner ablösen müssen und wären in die Bewegung mitgezogen worden; wenn ich die Ausführungen von ROTHPLETZ recht verstehe, so sind es gerade solche vereinzelte, feinere und härtere Körner, welche in der anstossenden weichen Masse die Seitenriefung der Styolithen verursachen sollen. Wenn aber die Oolithkörner allgemein durchschnitten wurden, so ist dies eben ein Beweis, dass das Zwischennittel durchgängig schon viel härter war als das Oolithkorn, d. h. dass es eben schon volle Gesteinshärte erlangt hat und Bewegungen in weichem Zustande als solche nicht mehr zulassen konnte; dass man die zugehörigen Hälften in den an die vertikalen Durchschneidungsflächen (— Linien) angrenzenden Räumen nicht findet, ist ein Beweis, dass sie durch chemische Auflösung ausgemerzt worden sind. Dies wird um so deutlicher, je grösser die Fragmente sind, besonders wenn sie solche von Muschelschalen etc. darstellen; man findet die Fortsetzung eines ohne Spuren von Druckdurchbrechung an einer Vertikalgrenze anstossenden Schalenfragmentes nie in dem seitlich angrenzenden Styolithenraum, dagegen nur, wenn der Styolith schmal genug oder das Fragment dick und lang genug ist, jenseits dieses Raumes in vollster Deutlichkeit in dem gleichgerichteten nächsten Styolithen (also im Nachbarstyolithen, nicht im Gegenstyolithen); die einzigen Fragmente, deren Fortsetzung man im Gegenstyolithen zu erkennen vermeint, das sind die Fortsetzungen der unmittelbar unter der Thonkappe liegenden Theile und zwar beim Gegenstyolithen ebenfalls unmittelbar unter der Thonkappe; das ist meiner Theorie gemäss.

Als ein weiterer Beweis einer gewissen Plasticität der Masse bei der Styolithenbildung wurde mir das Vorkommen von an ihrem Kopf abgebogenen und auch zurückgekrümmten Styolithen entgegengehalten, wie mir solches auch aus der Abbildung in v. GÜMBELS Geologie von Bayern Bd. 1 S. 252 bekannt war. Es war mir bis jetzt nicht möglich, derartige Styolithen aufzutreiben; ich glaube aber nicht, dass es sich bei solchen Gebilden wirklich um einheitliche Formen handelt. Beachtet man die auf l. c. Taf. VI Fig. 2, 3, 5 dargestellten, von der Kappe eines Styolithen herabhängenden Tochterstyolithen, so wird man zugeben müssen, dass eine combinirte Zusammenwachsung verschieden alter und verschieden gerichteter Styolithen leicht die Erscheinung einheitlich zurückgekrümmter, im Innern aber höchst complicirter Styolithen hervorbringen müssen; wie solche Combinationen auftreten können, das zeigen die in Taf. II Fig. 1 (a—d) dargestellten Paralleldurchschnitte durch einen Styolithenzug aus den rheinpfälzischen Trochitenkalken.

<sup>1)</sup> Die Calcitmasse der Zwischensubstanz hat sich radial um die Oolithkörner herum gruppirt; ich halte dies nicht für eine Erscheinung der ersten Erhärtung, sondern für eine der Metamorphose.



a) Der oberste Parallelzug zeigt rechts und links zum Theil lange, aber normal stehende Styloolithen; die mittlere Partie zeigt aber zwei übereinander geordnete, schief stehende Styloolithengruppen, von denen rechts die äussersten Styloolithen aber in Folge ihrer schrägen Stellung von dem vertikal stehenden Zapfen seitlich abgeschnitten werden; der mittlere schiefe Zacken zeigt einen ganz merkwürdigen Knick, von dem zwar ein sehr zarter Sprung ins Innere geht, der aber dort für die Lupe ganz verschwindet; wie dieser Knick, der parallel den schiefen Styloolithen rechts davon abbiegt, zu Stande kommt, das zeigen die folgenden Durchschnitte.

b) Schnitt in einer ca. 3 mm entfernten Parallelebene; von dem breiten Styloolithen ist nur noch ein kleiner vorstehender Zacken übrig; die zwei übereinander stehenden und schief gerichteten Gruppen ziehen so in der Umgebung des breiten, dessen Ausdehnung ihren Verlauf ja vorher beschnitten hat, ungehindert fort; der Styloolithensprung wird aber nach rechts immer schwächer und verschwindet für die Lupenansicht; zugleich sieht man, wie die vertikalen Styloolithen in die diagonalen eingreifen; am schönsten ist dies an dem nachweisbar geknickten Styloolithen des Zuges I zu sehen und als die Ursache des „Knickes“ leicht erkennbar.

c) und d) zeigen den weiteren Verlauf des Styloolithenzuges in zwei 4 mm und darauf 10 mm entfernten Parallelschnittflächen desselben durchsägten Trochitenkalk-Handstücks. Man sieht, wie inmitten normal senkrecht stehender Styloolithen ganz complicirte Gebilde auftreten können mit einseitig abgebogenen und abgelenkten Spitzen, wie sogar durch Verschwinden der Spaltebenen (wenigstens für das Auge mit der Lupe) scheinbar einheitliche Gebilde entstehen, deren Bildungsgeschichte durchaus nicht einfach ist.

Aus seitlichem Zusammenwachsen mit Styloolithen einer höheren Zone könnten auch complicirte Styloolithen mit zurückgewandtem Kopf hervorgehen, deren Verständnis erst durch einen Anschliff des Styloolithenkörpers selbst oder vielmehr seiner ganzen Umgebung gegeben sein kann, was bis jetzt noch nicht geschehen ist.

Dass das Zusammenwachsen von Styloolithen nahe übereinander liegender, normal laufender Bänder zu einheitlichen Vertikalstyloolithen eine häufige Erscheinung ist, davon konnte ich mich an den styloolithenreichen Oolithschichten aus der Basis des Hauptmuschelkalks bei Rothenburg a. d. T. wohl überzeugen.

Ein weiterer Einwand wurde mir von AL. BITTNER brieflich mitgetheilt, im Anschluss an seine inzwischen (Verh. d. k. k. R. A. Nr. 16, 1900) erschienene Notiz über „Styloolithen aus unterem Muschelkalk von Weissenbach an der Enns“.<sup>1)</sup> Er erwähnt hier styloolithenartige Bildungen von feinsten und dichtgedrängtesten Rauigkeiten an bis zu Zapfen von über 1 dm Länge, welche, abgesehen davon, dass sie sonst alle (auch nebensächlichen) Anzeichen typischer Styloolithen aufweisen, doch eines nicht haben, nämlich eine breite Kappen-Endfläche, dabei erwähnt er aber Verschmälerungen der Zapfen mit einspringenden Winkeln, auf denen der Rest eines „durchbrochenen Mergels haften geblieben“ sei. Man erkennt daraus, dass die „Zuspitzung“ nicht eine wesentliche ist und durch die den Styloolithen charakteristische Art der treppenförmigen Absätze geschieht, wie das sehr häufig bei typischen Styloolithen ist. Es sind das also Gebilde, die ich auch zwischen typischen Styloolithenbändern<sup>2)</sup> und auch im Verlauf solcher (besonders gegen das Ende zu) beobachtete

<sup>1)</sup> Den Beweis eines weiteren alpinen Vorkommens von Styloolithen liefert ein Grabstein aus rothem Liaskalk auf dem nördlichen Friedhof in München.

<sup>2)</sup> Ich behalte trotz BITTNERs Widerspruch gegen die Anwendung dieses Wortes bei ROTHPLETZ, l. c. 1900, dieses doch bei, da man allgemein bei einer „Bänderung“ eines Gesteins (wie dies auch

und als Uebergänge von Drucksuturen („Spitzensuturen“) und Styloolithenbändern („Styloolithensuturen“) betrachtet habe.

BITTNER betont nun auch in seiner erwähnten Notiz mit grossem Nachdruck, dass an der Hand der vorhandenen älteren Definitionen von beiden Gebilde die Zuthellung vieler Vorkommen nach der einen oder anderen Seite ganz unmöglich sei. Es scheint so von den Unterscheidungsmerkmalen beider Bildungen nichts Anderes übrig zu bleiben, als die Hypothese ihrer verschiedenen Entstehungsweise,<sup>1)</sup> von denen die eine (Drucksuturen) in bestimmter Weise begründet wurde, während man die andere (Styloolithen) als in anderer Hinsicht längst fertig, widerspruchsfrei abgeschlossen betrachtete, was sie aber durchaus nicht ist! Auch AL. BITTNER hat sich in einer solchen Voraussetzung gefangen, die lediglich als äusserlicher Anschein oder als „Eindruck“ hätte behandelt werden müssen; er sagt nämlich, dass die Styloolithen bedeckt seien von einer Kappe dunklen, schmierigen Mergels, die leicht abfällt und „offenbar einer ursprünglich die beiden Schichten trennenden Zwischenlage, welche durch Entstehung der gedachten Unregelmässigkeiten in einzelne Fragmente auseinander gerissen wurde, entnommen worden sein muss“. Die Hypothese von TH. FUCHS hat also BITTNER hierauf durchaus nicht angewandt sehen wollen und behandelt demnach die Gesteinstrennungsflächen der Styloolithenverzäpfung noch stets als „Schichtflächen“.

So konnte er sich auch mit der von mir befürworteten völligen Zusammenlegung hieher gehöriger Formen nicht zufrieden stellen und glaubte, es müsse noch styloolithenartige Gebilde mit anderer Entstehung geben als die, welche ich mit einer, wie er sagte, „ganz einleuchtenden Erklärung“ aus dem Muschelkalke Frankens bekannt machte. Anlass gab ihm hierzu das Zusammenvorkommen der von ihm beobachteten Styloolithen mit ganz feinen Rauigkeiten, die, wie er meinte, unmöglich so erklärt werden könnten, wie die von mir beobachteten grösseren Formen. Dies wurde mir auch von anderer Seite betont; jedoch finden sich diese kleinsten Formen überall mit den grösseren verbunden und zwar so, dass eine verschieden zeitliche Entstehung ausgeschlossen ist und nur ein einheitliches gleichzeitiges Werden bei beiden Formen angenommen werden kann.

Die von mir ausgeführte Möglichkeit der Entstehung von Styloolithenembryonen bei Gesteinszersprengungen, welche sich häufigst an den Grenzen eingeschalteter, verschieden gearteter und erhärteter Bänderzonen halten, wobei dann der Sprung von der einen Seite nach der andern hinüber schneidet, so dass hierdurch an der Spaltfläche alternirend verschieden auflösbare Gesteinsflächen gegenüber gestellt werden, diese Annahme lässt gerade die Bildung kleinster, dichtgedrängtester Styloolithenkörperchen verständlich erscheinen. Je feiner die eingeschaltete Lage nämlich ist, desto dichter liegend können ja die räumlich hin und zurückgehenden Ueberschneidungen sein. Man beobachte sehr feingeschieferete Gesteine bei der Flächenzerspaltung, wobei massenhaft kleinste Fragmente der einen Schicht an der anderen Schichtfläche haften bleiben; nicht ganz die gleiche, aber eine sehr naheliegende Erscheinung schliesst meine Annahme ein. Berechnet man ausserdem die Höhe der

---

mehrfach im Geogn. Jahresheft 1901 betont wurde) oder sogar bei „Fäden“, die das Gestein durchziehen, stets den Durchschnitt von Flächen oder Schichten im Querdurchbruch durch die Gesteinslagerung im Auge hat. Der Zug der Styloolithenlinien nimmt im Querdurchschnitt oder der Seitenansicht eine gewisse Breite ein, für die man das Wort Band sehr wohl anwenden darf.

<sup>1)</sup> Von diesem Standpunkte aus muss, man freilich die von mir an der Grenze zweier Gerölle im Schaumkalk Taf. V Fig. 5 abgebildete Styloolithenbildung für Drucksuturen erklären.



von mir beobachteten Styolithen von 18—20 mm mit der zugehörigen, hier thatsächlich vorhandenen und alternierend zur Styolithenkappe liegenden Schallage von etwa 1 mm auf die Höhe von Rauigkeiten von 2 mm, wie sie etwa die von ROTHPLETZ als Drucksuturen auf einer Bianconeplatte (Geol. Querschn. durch die Ostalpen S. 212 Fig. 95) abgebildeten, höchst styolithenartigen Verzahnungsrauigkeiten haben, so erhält man schon eine Schallage von  $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{10}$  mm und bei einer mittleren Entfernung von 5 mm wieder eine solche für die erwähnten Rauigkeiten von unter  $\frac{1}{4}$  mm. Solche Schallbänderungen mögen aber noch viel feiner sein, da es bei dem weiteren Wachsthum gar nicht auf die Dicke der Lage allein, sondern auch auf die Verschiedenheit in der Auflösungsfähigkeit und zwar am allerersten Anfange des Auflösungsprocesses ankommt; die dünnsten flächenhaften Substanzunterschiede, — auch secundäre Bänderung und feinste Capillargänge kommen hier in Betracht, — können die Ursache feinsten Auflösungsverschiedenheit bilden. Zu betonen ist, dass durch den aus der beginnenden Auflösung entstammenden und neu hinzutretenden Thonbelag auf der zuerst weniger aufgelösten Fläche, welche mit der Zeit ja auch der Auflösung verfallen würde, diese nun geschützt wird, so dass die ursprünglich sehr geringen Differenzen hierdurch rasch gesteigert und sehr scharf gemacht werden.<sup>1)</sup>

Wie l. c. S. 89 betont, kommt es auch bei der Erklärung der Drucksuturen darauf an, Gründe dafür zu finden, warum je einer Spitze eine leichter auflösbare Masse gegenübersteht, in deren Auflösungsraum sich nur dann jene Spitze einsenken kann, wenn seitlich von ihr sich wieder das Gegengestein einfügen, d. h. sich auch mit Spitzen in neu durch Auflösung entstandene Vertiefungen einsenken kann; hierbei wird der mit den Spitzen (in Folge der hier von Anfang an geringen Auflösung) inniger verbundene und fester verwachsene Thonbelag die gleiche Rolle beim weiteren Wachsthum spielen; das Princip der Erklärung muss dasselbe sein. Ich sehe die Ursache ihres durchaus nicht ausschliesslich auf alpine Verhältnisse beschränkten Vorkommens nicht etwa in der unter gewaltigem Druck entstandenen Gebirgserhebung überhaupt, sondern in der durch diese Hebung verursachten unregelmässigen und stärkeren Zerklüftung, sowie in den dabei auch zu folgender ungleichen und unregelmässigen Belastungserscheinungen und auch fortdauernd mehr willkürlichen Zersprengungsfolgen.

Nur die unter normalen Belastungsverhältnissen in möglichst ungestörten Schichtensystemen vorgehenden Horizontalzersprengungen können auch in ihren räumlichen Sprungwechseln den Embryonalformen jene geometrische Regelmässigkeit im Umriss verleihen, welche noch später die meisten grösseren Styolithen aufweisen.

Für die l. c. Taf. V Fig. 6 abgebildeten Querschnitte durch Styolithen-Körper habe ich in Rothenburg a. d. T. ein neues, sehr instruktives und völlig mit der

<sup>1)</sup> Der Umstand, dass nach dieser Erklärung der Thonrückstand von der stärker in Auflösung begriffenen Fläche nach der weniger auflösbaren geschafft würde, konnte nur dadurch erklärt werden, dass bei der Auflösung des Kalks hier stärkere Molekularbewegungen erzeugt werden, welche, verbunden mit Ausgleichsströmungen, die Thontheilchen nach der Seite geringerer Auflösung verbrächten! Bei den meisten Auflösungen wird aber Wärme gebunden; das ist da der Fall, wo mit Erhöhung der Wärme die Löslichkeit vermehrt wird. In CO<sub>2</sub>-haltigem Wasser werden aber bei geringerer Temperatur erheblichere Mengen von Kalkcarbonat gelöst; es nimmt auch bei gleichem Druck mit steigender Temperatur die Löslichkeit ab; dies ist nur dann möglich, wenn bei der Auflösung von Kalk Wärme erzeugt wird, was A. SCHWAGER mir auch experimentell mit verschiedensten Säuren vorwies (l. c. S. 86 Anm. 1).



erwähnten Abbildung übereinstimmendes Material gesammelt (vgl. S. 166 Anm.). Da ich hier an blossgelegten Wänden eines dichten, dickbankigen Kalkes auf lange Erstreckungen hin auch auskeilende Styloolithenbänder beobachten konnte, habe ich auch die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, ob an irgend einer Stelle die noch nach A. BITTNER'S Ansicht hypothetisch durchbrochene Thonlage auch über die Erstreckung der einzelnen Styloolithenbänder hinaus als selbständige Thon-schicht weiter fortsetzen möchte; wie hiefür noch keine einzige Beobachtung vorliegt, so habe ich auch an dieser günstigen Stelle nichts davon sehen können; vielmehr zeigt es sich auch hier (wie an vielen Stellen in dem Material aus den fränkischen Salz-Bohrlöchern), dass die Thonlagen zugleich mit der Höhe der Styloolithenbänder schwächer werden, mit ihnen auskeilen und nie selbständig über sie hinausragen, dass also Thonkappen und Styloolithen-körper genetisch zusammengehören!

Bedenken sind nun noch bezüglich der Einzelheiten des Erklärungsversuches geäußert worden, besonders was die Annahme einer stets sich durch Auflösung erneuernden Höhlung am Kopf der Styloolithen betrifft; ich meinte hiermit natürlich keinen bedeutenden, aber einen doch immerhin zeitweise nicht völlig geschlossenen Auslaugungsraum. Horizontalzersprengungen können zwischen zwei Vertikaldruck-flächen, also z. B. stehenden Gebirgsspalten, entstehen; diese Zersprengungen sind aber gleichbedeutend mit einer Entfernung der Gesteinskörperhälften von einander, die sehr minimal sein, bei bleibendem Seitendruck stationär, bei geringem Ueberdruck von oben aber auch wieder geschlossen werden kann; in diese Spalte dringen von den Hauptspalten her kohlen-säurehaltige Wasser, deren erhöhter Kohlen-säuregehalt vielleicht lediglich auf den Druck der darüberliegenden Wassersäule zurück-zuführen ist und dessen Auflösungs-fähigkeit für Carbonatgesteine sich mit dem Druck sehr rasch steigert;<sup>1)</sup> die flach liegenden, alternirenden Auslaugungs-räume, die hierbei entstehen, unterminiren so das Gebiet des Hangendgebirges gleichmässig, das bei endlichem Uebergewicht die entstandenen Höhlungen zu schliessen strebt; zunächst den Zuführungsspalten sind die Auflösungs-räume natürlich grösser, das Maass der Auflösung kann aber nicht überall gleich sein, die sinkende Hangend-schicht wird bei immer noch wirkendem Seitendruck und sehr langsamer Bewegung nach unten auf höher stehende Zapfen stossen, welche, wie dies sehr häufig ist, einerseits zersprengt werden, anderseits bei genügender Stärke mit anderen als Stütz- oder Haltesäulen der Schichtsenkung wirken müssen. Durch das Ueber-gewicht auf der einen Seite werden aber hierdurch auch Zerrungen auf der ent-gegengesetzten Seite, den auskeilenden Enden der Horizontalzersprengungen, ent-stehen und das im Sinne einer weiterschreitenden Entfernung der übereinander-liegenden Gesteinskörper; ich habe so die feste Ueberzeugung, dass die Styloolithen-spalten nach diesen Seitenenden sich fortwährend weiter erzeugen, hier wieder Gesteinsverminderungen auftreten, so dass an den Hauptwachsthumsstellen die Styloolithen endlich eine bedeutende Höhe erreichen, die Zapfen sich sehr tief ineinander senken können, ohne dass die ineinander gefügten Gesteinskörper in ihrem innerlichen Gefüge starke Vertikalzerreissungen zu erleiden haben.

<sup>1)</sup> Die Möglichkeit ist jedenfalls offen zu lassen, dass die Kohlen-säure mit hoher Spannung von unten her kommt, an dem Druck einer darüber liegenden Wassersäule oder an dem Widerstand mangelhafter Gebirgs-communicationen einen Halt findet, daher mit starkem Eigendruck in die seitlichen Spaltenverzweigungen oder durch das Gestein selbst eindringt.



Ich glaube so, dass in eben dem Maasse, als die Styloolithen an einer continuirlich bleibenden Spalte an Länge wachsen, die Spalte sich über ihre ältere Horizontalerstreckung fortsetzt und, diesem langsamen Fortwachsthum entsprechend, eine hohe Regelmässigkeit der Zersprengung bewahrt, besonders an den auskeilenden Theilen blos nach minutiösen Gesteinsverschiedenheiten sich erweitert, die in feinen styloolithenartigen Spitzensuturen die Masse trennt.

Dass nun wirklich Auslaugungserscheinungen und Auflösungsräume zur freieren Bewegung der Flüssigkeiten etc. existirt haben, das noch weiterhin wahrscheinlich zu machen, könnten vielleicht folgende Thatfachen zweckdienlich sein.

Schon bei einer Besprechung der Entstehung der Längsriefen der Styloolithen und meiner Ansicht des Vorhandenseins von Auflösungserscheinungen machte mich mein College A. SCHWAGER auf auffällige feine Rillen aufmerksam, welche ganz feinkörnige Kalke bei der Aetzung mit Säure aufweisen; sie entstehen dadurch, dass die Gasblasen, sobald sie durch Vereinigung mehrerer die nöthige Spannung erhalten, um die Adhäsion am Gesteine und das Gewicht der Flüssigkeit überwinden zu können, sich an diesem hinziehen und sehr bald eine eigenartige, nur durch die Art der Fläche und ihre Neigung bestimmte, ziemlich constant bleibende Fortbewegung einschlagen. Durch diese Fortbewegung wird aber neue Lösungsflüssigkeit nachgezogen und so entstehen den Wegen der Blasen entlang ganz regelmässige Aetzungsvertiefungen, welche sich verzweigen und miteinander communiciren. Taf. III Fig. 9 und 10 stellen solche Rillen an regelmässig angeschliffenen bzw. unregelmässig gebrochenen Flächen von lithographischem Schiefer dar; an andern weniger gleichmässigen Gesteinen, z. B. oolithischen Kalken, tritt dieses Oberflächenrelief durchaus nicht auf (vgl. unten).

In den Trigonodusschichten des oberen Muschelkalks liegen nun inmitten der durch zahlreiche Schalenauslaugungen luckig porösen Masse vereinzelte längliche sehr dichte und sehr feinkörnige Kalkeinschlüsse; Styloolithen, welche diese Einschlüsse durchqueren, zeigen nicht nur in ihren Längsriefen viel feinere und schärfere Skulptur als sonst oder als an Stellen, wo die Styloolithen wieder aus den feinkörnigen Einschlüssen heraustreten, sondern sie zeigen auch Taf. III Fig. 11 noch ausserdem eine höchst feine und regelmässige Runzelung senkrecht zu diesen Längsriefen, die letztere ja den Weg der Fortbewegung der Styloolithen anzeigen; diese Runzelung ist nun nicht völlig regelmässig quer verlaufend, sondern schwach unregelmässig wellig und zeigt, was besonders auffällig ist, bezüglich der Dicke, der Dichte und des Verlaufs durch die ganze Höhe hindurch in den nämlichen Längs-Vertiefungen oder Erhöhungen genau den gleichen Charakter; sie weisen also eine Art Felderung auf und innerhalb dieser auch wechselnde Anastomosen und Einschaltungen, die aber in den gleichen Vertikalfeldern ihre Eigenheit beibehalten. Bemerkenswerth nun ist, dass die Gegenseite dieser Vertikalfläche, also die der Styloolithen selbst, sich hierin anders verhält, sogar bei sonst scharfer Längsriefung keine Querrunzeln aufzuweisen hat, wo diese an der Gegenseite vorhanden sind.

Da nun hier Styloolithenkörper und die entsprechende Seitenwand so dicht aneinander anliegen, als es überhaupt nur möglich ist, so ist kein Zweifel, dass die höchst feine regelmässige Zeichnung der Entstehung der Styloolithen selbst angehört; der Vergleich dieser Bildung mit den bei Auflösung von feinen Kalksteinen in Säuren entstehenden Runzeln ist so auffällig, dass man auch diese Runzeln nur auf ähnliche Auflösungsvorgänge zurückführen möchte.



Wenn hier Auflösungsvorgänge an einer schon vorliegenden Spalte vorlägen, so müssten auch an ihr anormale Erweiterungen zu beobachten sein, was nicht der Fall ist; die Regelmässigkeit der Querrunzeln wäre auch dann nicht zu verstehen.

Erklärlich ist die Sache nur nach unserer Auffassung der Styolithenbildung; die Auflösung dringt, entsprechend den Styolithenköpfen, seitlich peripher immer durch diese begrenzt, in der Richtung der Styolithenaxen in das Gegengestein vor, und so fügen sich in Folge der alternirenden Auslaugungshöhlungen die zapfigen Ungleichheiten ineinander ein; die seitlichen Grenzen der Auslaugung sind aber durch die beschriebenen Querrunzeln an der Gegenwand markirt und beweisen entsprechende periphere Strömungsbewegungen der auslaugenden Flüssigkeit. Wenn wie wir annahmen, durch die Wärmeentwicklung bei der Auflösung (vgl. S. 161 Anm.) eine Bewegung von der stärker geätzten Gegenfläche nach der Styolithenkappe stattfindet, so wird die einzige noch mögliche und hiermit nothwendig zusammenhängende Ausgleichsbewegung eine seitlich periphere sein müssen, welche natürlich durch die Vorsprünge und Einbuchtungen des Styolithenkörpers in ihrem Verlauf vorgezeichnet wird.

In die Gruppe dieser peripheren Erscheinungen gehört die viel gewöhnlichere der Streifung der schiefen Abdachungen<sup>1)</sup> der Thon- oder Pechkappe, welche von deren Unterkante, an Stärke sich vermindern, nach deren Horizontalfläche hin verlaufen; von den nach aussen vorragenden Theilen der Styolithen convergiren sie dahin, von den Einbuchtungen divergiren sie; diese Streifen auf den Pechkappen entspringen an den Enden der Riefen und Rillen der Vertikalflächen, sind aber lediglich Abdrücke der entsprechenden Skulptur an den seitlich anliegenden, ebenso schiefen Gesteinsflächen, also an jenen Oberflächen, von denen wir eben die Querrunzeln erwähnten. Wir erachteten nun die Riefen der Vertikalfläche der Styolithen wohl als die Geleise der Bewegung und hierdurch geglättet, aber nicht durch diese verursacht; die wirkliche Ursache ist die den Auszackungen der ersten Ueberschneidungs-Zerspaltung stets entsprechend begrenzte Horizontalfläche der Auflösung des Gegengesteins des Styolithenkörpers und der hierdurch ermöglichten vertikalen Ineinanderfügung der Zapfen. Nach der schiefen Fläche der Thonlage findet nun keine Bewegung der Massen statt, die Riefung ist daher hier eine in der Gesteinsdecke der Thonlage nach oben und aussen fortgesetzte, von den Vertikalriefen zwar entspringende, aber allmählich in ihrer Prägnanz sich verschwächende Auflösungsform jenes schiefen Theils der Nachbarwand der Styolithenkappe; sie gehört in der That nicht mehr dem Styolithenkörper, sondern seiner Gegenseite, dem Gesteinsdach der Thonkappe an.

Es müssen beim Wachsthum der Styolithen vor allem die dem Styolithenkopf entgegenstehenden Flächen zurückgesetzt werden, also auch die schiefen parallel mit sich fortrücken. Während daher die Oberkante der Abdachung, d. h. der Umfang der eigentlichen Horizontalfläche der Thonkappe die Stelle der gelegent-

<sup>1)</sup> Diese sind zwar nicht überall deutlich, auch thatsächlich nicht überall vorhanden, doch stellt sie schon QUENSTEDT, *Epochen der Natur* S. 489, aus bituminösem Gestein (dol. Hauptregion) des Salzschatzes von Friedrichshall, in ausserordentlicher Entwicklung dar. QUENSTEDT glaubte allerdings, dies sei der „bohrende Theil“, während der allein feste, zum Bohren befähigte Kalkkörper der Styolithen davon nichts zeigt und stets quer abgestumpft ist. Der angeblich „bohrende“ Theil besteht vielmehr völlig aus weichem Thon oder Erdpech; er ist gleichsam nur der thonige Ausguss der Höhlung über dem stumpfen Styolithenkörper, welche Höhlung aber peripher schiefe Abdachungen hat, die eine besondere Erklärung nöthig haben; ich habe ihre erste Entstehung auf die schiefen Ecksprünge zurückgeführt, ihre Streifung habe ich früher nicht erklärt.



lichen Bildung der oben erwähnten Querrunzeln wäre, welche, wie wir erwähnten, durch die Vorsprünge des Styololithenkörpers schon eine gewisse Felderungsverschiedenheit erleiden, ist die schiefe Abdachungsfläche selbst durch die vor- und einspringenden Pfeilerunregelmässigkeiten des Styololithenkörpers völlig beeinflusst. Die seitlichen Ausgleichsbewegungen würden hier sowohl durch die schiefe Abdachung nach aussen oben abgelenkt als auch durch die peripheren Bewegungen an der Oberkante der Abdachung angezogen. Ich stehe nicht an, diese Skulptur mit der in Taf. III Fig. 9 dargestellten, der Entstehung und Form nach für wesentlich gleich zu erklären (vgl. Tafelerklärung).

Wie könnte aber wohl die Drucktheorie diese scharfe und eigenartige radiale Skulptur erklären? Durch eine formengebende Einwirkung des horizontal zusammengepressten weichen Thones auf die benachbarte, jedenfalls weniger plastische Kalkmasse? Woher käme überhaupt die Abdachung?

Wir haben also auch an dieser Stelle ein der obigen Querrunzelung entsprechendes Anzeichen von Auflösung des Nachbargesteins während des Wachstums des Styololithenkörpers und seiner Thonkappe.

Was nun nach dem Vorhergehenden bei Styololithen noch der genaueren Erklärung harret, das ist die Frage nach dem inneren Bau zurückgekrümmter Styololithen, worauf ich etwaige Besitzer oder Finder solcher Vorkommen ausdrücklich aufmerksam machen möchte.

Schliesslich sei nochmals auf die Thatsache verwiesen, die ich im Geogn. Jahresheft 1901 S. 92 erwähnt habe und die ich unterdessen in mehrfacher Wiederholung feststellen konnte, dass nämlich Petrefakten in ihrer „lithomorphen“ Substanz als Deckel auf den Styololithen selbst gerieft seien und dass diese Riefen ununterbrochen in jene der Seitenfläche der Styololithen übergehen. Mag man nun den Begriff von Weichheit und Plasticität in einer Masse noch so weit ausdehnen (was bei dem noch geringen Belastungsdruck während einer Entstehung von Styololithen im pelomorphen Gestein nicht angängig ist), so können allein durch Bewegungserscheinungen in solchem auf einem Petrefakt keine Streifen entstehen, so geradlinig, parallel und so tief, wie die Kritzen der Gletscherschliffe, so dass sie mit diesen hierin nicht nur rivalisiren, sondern sie sogar weit übertreffen.

Es ist weiter bezüglich der Farbe der Thonkappen der Styololithen von anderer Seite mehrfach betont worden, dass sie im Unterschied zu den Auflösungsresiduen der Drucksuturen meist grün gefärbt seien. Die Styololithenkappen in den fränkischen Bohrkernen sind nun (einschliesslich der aus dem Zechstein etc.) sämtlich schwarz und braunschwarz, sei es, dass sie in reineren Kalken oder Trochitenbänken des Wellenkalks, sei es, dass sie in anhydritischen und salzhaltigen Kalkmergeln, in Kalkoolithbänken oder in Dolomiten des mittleren Muschelkalks vorkommen; dergleichen zeigen die oolithischen Schichten an der Basis des Hauptmuschelkalks von Rothenburg a. T. nur dunkel schwarzbraune Thonkappen; grünliche habe ich bis jetzt nur in den Trigonodusschichten dieses Horizontes beobachtet. Auch sämtliche Funde in den Trochitenkalken der Rheinpfalz zeigen dunkel schwarzbraune Thonkappen; nur da, wo sie etwas dicker sind, erscheinen sie heller grau gefärbt, wie die Funde mit dicken Thonkappen in den Trigonodusschichten.

Für alle Vorkommen ist nun das Gemeinsame zu betonen, dass die Carbonatgesteine, in denen sie vorkommen, bituminös sind; demgemäss ist auch die in verschiedenem Grade bis zur Bildung von Erdpechkappen gesteigerte Anreicherung von Bitumen zu erklären, wobei wir mehrfach hervorhoben, dass eine Auflösung

von Kieselsäure das Verhältnis von thonigem Residuum und Bitumen noch verändern und so die „Erdpechkappen“ mit stärkster relativer Anhäufung des Bitumens entstanden (vgl. l. c. 1901 S. 92, 124 Anm. und 127).

Dass nun wirklich bei der Bildung gewöhnlicher Styloolithenformen Auflösung von Kieselsäure zu beobachten ist, das lehren Vorkommnisse aus den hornsteinreichen Trochitenkalken der bayerischen Rheinpfalz. Gemäss unseres Erklärungsversuches verlaufen hier bei der horizontalen Zerspaltung des Gesteins die Sprungflächen oft an den ausgebreiteten oberen oder unteren Flächen der vertikal wenig hohen unregelmässig und verästelt linsenförmigen Ausscheidungen hin. Die seitliche Umgrenzung der Hornsteinknauer ist daher auch sehr oft die Grenze eines einzigen Styloolithenkörpers,<sup>1)</sup> wie bei Styloolithen mit Petrefakten „deckeln“; die Seitenriefen zeigen sich dabei gelegentlich auch in der Hornsteinmasse selbst! Ganz auffällig ist aber stets und ausnahmslos die „Deckel“-Aussenfläche der Hornsteinknollen von kleinen zackigen Erhöhungen mit Seitenriefen bedeckt; dies zeigen in genau gleicher Weise auch die wagrechten Aussenflächen der kalkigen Styloolithenkörper in unmittelbarer Nachbarschaft, während die entgegengesetzte, von diesen Vorgängen unberührte Oberfläche der Hornsteinknollen, wie ursprünglich, fast glatt ist. Wir erwähnten nun mehrfach, dass die Oberfläche der Styloolithenkörper und die ihr entgegengesetzte Gesteinsoberfläche (bezw. unter und über der Thonkappe) entweder gerundet- und glattwarzig oder auch von etwas mehr glatt-spitzigen, kleinen Erhebungen bedeckt sei; das sind die gleichen Erhebungen, welche die Hornstein „deckel“ aufweisen. Höchst bemerkenswerth ist, dass hie und da die nämlichen Knauer oben und unten von Styloolithensprünge tangirt werden und je nachdem daher als „Deckel“ zugleich nach oben und nach unten auftreten, was nach der Drucktheorie nicht zu erklären ist. — Es beweist dies erstens, dass bei der Styloolithenbildung die auflösende Flüssigkeit in einem Zustande ist, in dem sie neben Kalk auch Kieselsäure zu lösen vermag, was einschliesst, dass dieser Entstehung überhaupt Auflösungs Vorgänge zu Grunde liegen; dies würde also die Bitumen-Anreicherung zu Erdpechkappen verständlich machen. Zweitens beweist dies unwiderleglich, dass auch **unter** der Erdpechkappe, wie ich es schon (vgl. l. c. 1901 S. 76 unter 2) aussprach, Auflösungs Vorgänge stattfinden und die Einseitigkeit der Auflösung nur eine relative ist. Der Schutz, den die Thonkappen dem darunterliegenden eigentlichen Styloolithenkörper gewähren kann, beruht nachweislich darauf, dass an dieser der Auflösung ursprünglich langsamer zugänglichen Fläche feine und feinste Rauigkeiten entstehen, welche das feste Anhaften des Thones verursachen oder begünstigen, während die Fläche stärkerer Auflösung eher glatt und eben wird, so dass hier keine feste Verbindung vorliegt, welche dem Eindringen und der freien Bewegung neuer Flüssigkeit Widerstände bereitet; denn wie die SCHWAGER'schen Aetzrillen beweisen, ist es die Möglichkeit eines raschen Lösungsabtriebs und -ersatzes, welche die stärksten Auflösungserscheinungen hervorbringt.<sup>2)</sup> Andererseits ebenen sich die glatten Flächen über den Thonkappen

<sup>1)</sup> Dabei ist aber zu bemerken, dass der Styloolithenzerspaltung die Hornsteinknollen zu rundlich sind und sie daher noch Theile der angrenzenden Gesteinsmasse zu Herstellung eckiger, ja rechteckiger Umrisse sowohl nach der Vertikalen als nach der Horizontalen in den Styloolithenkörper hereinzieht (vgl. oben S. 161—162 und l. c. 1901 Taf. V Fig. 6).

<sup>2)</sup> Die dicht oolithischen Trochitenkalle bilden die Aetzrillen nicht, wohl wegen der entstehenden feinen Unebenheiten, welche der einfachen und geregelten Fortbewegung der Gasbläschen



auch durch die bei dem Weiterwachsthum und seinen ungleichen Auflösungs-vorgängen an den Spaltflächen nothwendig auftretenden kleinen und kleinsten Horizontalbewegungen weiter aus, welche, wie erwähnt, auch Horizontalzersprengungen an schwächeren Styolithenkörpern hervorbringen und die Styolithenspalten seitlich fortwachsen lassen.

Durch solche Vorgänge erscheinen also die Flächen stärkerer Auflösung, also die Gegenflächen der Styolithenkappen, den auflösenden Flüssigkeiten in erheblichem Maasse mehr zugänglich, als die Flächen unter den Styolithenkappen.

Zum Schlusse möchte ich hinzufügen, dass die von mir so bezeichneten horizontalen Entkalkungs-Spaltenzüge mit Auflösungsresiduen eine sehr weite Verbreitung in Carbonatgesteinen haben, dass sie nothwendig eine verschiedene Form annehmen müssen, als die von auflösenden Flüssigkeiten erweiterten und in grösserer Tiefe mit Letten etc. geschlossenen Vertikalspalten; sie werden bei der Profilanalyse meist als normale Sedimentirungsfugen mit Thonlagen angesehen, verdienen aber ihrer Entstehungsart nach eine besondere Beachtung. Man hat diese zwar den durch Seitendruck entstehenden Faltungen der Gesteine in vollem Maasse geschenkt, nicht aber den gleichartig und meist gleichzeitig entstandenen Horizontalzersprengungen und ihren wichtigen Folgeerscheinungen.

## II. Ueber Dutenstruktur in gewissen Carbonatgesteinen.

(Mit einem Anhang über „Conellen“. QUENST.)

### Cap. I. Aeltere Ansichten über die Entstehung der Dutenstruktur.

Die nachfolgenden Untersuchungen sind veranlasst durch die häufige vergleichende Zusammenstellung der Dutenstruktur und der Styolithenbildung von Seiten verschiedener Forscher (vgl. z. B. QUENSTEDT, *Epochen der Natur* 1861 S. 200). MARSH bemerkt so in den *Proceedings of the American Assoc. of Science* 1867 S. 142, wo er die Entstehung der Styolithen durch vertikale Einpressung härterer mit Petrefakten verbundener Schlammpartien in noch viel weichere erklärt und daran die einer suturartigen Verzahnung der Gesteinsschichten anschliesst, dass jedenfalls das andere Ende der Kette dieser Erscheinungen durch die cone-in-cone-structure, d. h. die Dutenstruktur gebildet werde. „Cone-in-cone“ may be due to the action of pressure upon conerctions, when in process of formation! Intermediate forms between stylolites and cone-in-cone had been observed by the author...“ Es ist bedauerlich, dass sich MARSH in Hinblick auf eine beabsichtigte, jedoch nicht ausgeführte Bearbeitung jener Beobachtung, an dieser Stelle nicht deutlicher über seine Ansicht ausspricht. — Da nun nach des Verfassers Ansicht die Entstehung der Styolithen nichts mit irgend einem Vorgang von „action of pressure“ in „process of formation“ zu thun hat, sondern nur im Anschluss an eigenartige Horizontalzersprengungen des völlig erhärteten Gesteins unter hohem Gas- und Gebirgsdruck durch wohl zu begründende, wechselseitige chemische Auflösungs-vorgänge zu erklären ist (vgl. oben I. und *Geogn. Jahreshfte* 1901. S. 62—92,

an der Gesteinsfläche und des hierdurch bewirkten Flüssigkeitsnachschiebs zu viel ungleichmässige Widerstände entgegenstellen.

Taf. III—VI), so erfordert die Erklärung der Dutenstruktur eine erneute Prüfung vom Standpunkte der bei der Erklärung der Entkalkungsbänder und der Styloolithenbildung neu erforschten und angewandten Thatsachen; es hat sich hierbei ergeben, dass solche regelmässige Bildungen zu ihrer Erklärung eigenartige Vorbedingungen erfordern und ihre Ausgestaltung einen ganzen Complex von Kräften und Vorgängen in Anspruch nimmt.

Die Dutenstruktur ist schon eine altbekannte Erscheinung.<sup>1)</sup> 1780 beschreibt sie schon DE MORVEAU in einer brieflichen Mittheilung im Journal de Physique — wo auch für die Kegel schon die Bezeichnung „Nägel“ (Nagelkalk!) gebraucht wird — mit zwei Abbildungen nach einem Stück aus dem Cabinet der Akademie von Dijon mit unbekanntem Fundort; er identificirt diese Bildung mit drei in einem Katalog kurz charakterisirten „Stalaktiten“ aus der Sammlung von DAVILA, die aus der Umgegend von Helsingborg stammen, hält ihre Entstehung indessen nicht für stalaktitenartig.

Die nächst älteste Beschreibung stammt nach YOUNG (1885, vgl. unten) aus dem Jahre 1793 von REV. DAV. URE M. A. in seiner History of Rutherglen and East Kilbride; sie soll nach Abbildung und Beschreibung eine klare Kennzeichnung des merkwürdigen Fossils zeigen.

Die wichtigste nächste Beschreibung lieferte der Göttinger Mineraloge J. FR. L. HAUSMANN (nach v. ZITTEL'S Geschichte der Geologie etc. auch einer der bedeutenderen Förderer der geologischen Wissenschaft durch Studien im In- und Auslande während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts) mit zwei prächtigen Abbildungen in den Annalen der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde III. Bd. 1. Heft 1812. Er hat die in den Sammlungen schwedischer Mineralogen als Strutt-Märgel (Dutenmergel) aufgeführten Bildungen an ihrer Lagerstätte in der Umgegend von Helsingborg selbst beobachtet. Die Schichten gehören den steinkohlenführenden Sandsteinen und Schieferthonen der „älteren Formation“ an;<sup>2)</sup> die Dutenmergelschicht liegt in der Mitte eines verhärteten grauen Thons, mit dem sie oben und unten ganz verwachsen ist; hier fand HAUSMANN eine Lage mit den Spitzen nach oben gerichtet; er beobachtet in klarer Weise ihre gereichte Anordnung, die queren Runzeln auf den Kegelflächen, einen langsplitterigen, ins versteckt Faserige übergehenden Bruch, einen schwachen Schimmer auf letzterem und hält sie für Stalagmiten, eine Kalksinterbildung im Thon. Interessant ist die Textstelle, die späteren Gedanken vorgriff (vgl. unten S. 169 und 172): „Aber der Thon widersetzte sich nicht allein der reinen krystallinischen Ausbildung des Kalksinters — darum der Mangel der vollkommen faserigen Textur, sondern auch der Verbindung der neuen Kalksinterüberzüge mit dem ersten Kerne — daher die Ablösung der oberen Lagen von den darunterliegenden.“

Die nächste Erklärung versucht HAIDINGER in den Sitzungsberichten der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien 1848, 8. Juni, S. 31. Er betont von seinem Material (von Steierdorf aus dem Banat im Hangenden der Gerlistyer Kohle), dass die Spitzen der Kegel nicht nur selbst sehr fest körnig krystallinisch seien, sondern auch in einem ebensolchen Kalkstein stecken; nach den Kegelbasen hin sei die Struktur lockerer und die Basen selbst seien mit Kalkpulver erfüllt. Wenn dieses Verhalten nach unserer jetzigen Kenntnis auf einer einseitigen Zersetzung des Gesteins beruhen könnte, so hat es HAIDINGER umgekehrt als den Zustand fortschreitender Entwicklung der Dutenstruktur angenommen und fasst seine Ansicht folgendermassen zusammen. Zwischen zwei Schichten wird aus der Gebirgsfeuchtigkeit pulveriger kohlenaurer Kalk gefällt; an gewissen Punkten tritt aus einer der Schichten, woselbst die späteren Kegelspitzen liegen, die Feuchtigkeit heraus. Aus dem Pulver bildet sich eine dünne Lage krystallinischen Kalksteins, am dünnsten, wo der Ausfluss ist; eine zweite Schicht lässt schon mehr Raum für den Strom der Feuchtigkeit; so wird fortwährend gefällter Kalk in die hohlen Kegel hineingepresst; das Pulver gewinnt an Festigkeit, schliesst sich zu Faser- und endlich Krystallindividuen zusammen.

Ich bin zu keiner klaren Anschauung von HAIDINGER'S Meinung gekommen, besonders nicht, wo die hohlen Kegel herkommen; da ausserdem das Material HAIDINGER'S in einem selteneren Ausnahmestand gewesen zu sein scheint, so erklärt sich hieraus die unklare Fassung der Erklärung.

Die uns alsdann zunächst liegenden Deutungen stammen von QUENSTEDT (Jura 1858, Mineralogie 1877) und beziehen sich auf die Vorkommen im unteren Lias und braunen Jura Württembergs.

<sup>1)</sup> Vgl. WALCH'S vortreffl. Beschreib. u. Abbild. in: Naturg. d. Verst. KNORR. Samml. 1771.

<sup>2)</sup> Vgl. HISINGER, min. Geogr. v. Schweden S. 219, weiter HAUCHECORNE: die kohlenführenden Bildungen in der Provinz Schonen etc. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuss. Staate 1878 S. 72. Nach HÉBERT (Annales des sciences géol. 1869) gehört das Schichtensystem der Zone der *Avicula contorta* an.



Er bemerkt hierüber (Mineralogie 1877 S. 497): „Dutenmergel (Nagelkalke) bilden Platten in dem Schieferthone der verschiedensten Formationen, besonders aber im Steinkohlengebirge und Jura. Die Eisenbahn hat hinter Balingen bei Frommern aus den Thonen des Braunen Jura mehrere Zoll lange Kegel herausgefördert, die vollständig einem Keisel gleichen; der späthige Bruch ist bei ihnen unverkennbar; allein es schieden sich zahlreiche kleine Kegel aus, die ihre Basis in der Plattenwand haben und ihre Spitzen gegeneinander verschränken.<sup>1)</sup> Längsstreifen und wellige Querstreifen gehen durch die ganze, theilweis sehr unregelmässig abgesonderte Masse: eine Bildung, die man noch nicht hat erklären können. Concretionen waren es jedenfalls.“

Im Jura 1858 (S. 303 Taf. 42 Fig. 1 und 2) bemerkt er zu ähnlichen Ausführungen noch: „die Kalkfaser läuft nicht der Oberfläche des Mantels, sondern dem Perpendikel parallel, welcher von der Spitze des Kegels auf die Basis gefällt wird! Bricht man schief gegen die Faser, so schimmert der blätterige Bruch des Kalkpaths heraus, so dass also die Richtung der Faser der Hauptaxe des Kalkpaths entsprechen würde. Da kann man also an einem Einfluss der Krystallisation gar nicht zweifeln.“ — „Die Streifen erinnern an Rutsch- und Druckflächen; vielleicht war die Schicht, während die Masse sich zusammenzog, in langsamer Bewegung.“

Dr. SORBY (On the origin of cone in cone, Brit. Assoc. Rep. for 1859 pt. 2, p. 124) glaubt auch, dass die Dutenstruktur eine eigenartige Form von Concretionen sei, welche nach der Ablagerung der Schicht, in denen sie vorkommen, entstanden, und zwar durch die Krystallisation von Kalkcarbonat und anderer isomorpher Basen; die Faserkrystallisation sei die der Oolithkörner und habe nur auf einer Seite des Aggregationcentrums stattgefunden; gegenseitige Interferenz habe die Eigenart der Cone-in-Cone-Struktur verursacht.

Folgende an HAUSMANN'S Ansicht erinnernde Meinung hat v. GÜMBEL entwickelt; er erklärt die Duten (Geologie von Bayern, I, 1888 S. 253) in ihren durch vorstehende Ränder treppenförmig quergestreiften oder gerunzelten Steintuten, als „Absonderungen, welche gewissen Infiltrationsvorgängen ihre Entstehung verdanken, wobei mit Mineralsubstanzen, besonders Kalkcarbonat, angereichertes Wasser nur an einzelnen Stellen durch die thonige, sonst impermeable Unterlage einen Durchgang fand und an solchen Punkten in dem tieferliegenden Gesteinsmaterial sich ausbreitend, den Mineralgehalt in Form einer Art kegelförmigen Stalaktiten absetzte.“ — ZIRKEL behandelt 1893 S. 509 die Tutensteine auch unter den Concretionen, bemerkt aber zu der GÜMBEL'schen Darstellung: „Die Querrunzelung wird dadurch nicht erklärt.“ — Auch nimmt v. GÜMBEL hierbei keine Beziehungen auf die mit diesen Querrunzeln verbundenen Einschaltungen von Thon; auf welche vor ihm schon HAUSMANN, QUENSTEDT und endlich YOUNG (Notes on Cone-in-Cone Structure, Transactions of the geol. Soc. of Glasgow 1885, vgl. Referat in Geol. Magazine 1885 S. 283—285) eingehend aufmerksam gemacht haben.

Die Darstellungen von JOHN YOUNG sind zweifellos solche, die nach den erwähnten schätzenswerthen Präliminarien die Kenntnis der Dutenstruktur um einen erheblichen Schritt weiter gebracht haben. Vorkommen, Lagerung, chemische Beschaffenheit des Hauptgesteins und seine Morphologie werden zum ersten Male eingehender erörtert. Zugleich ist eine allerdings der Tendenz der im Vorhergehenden aufgeführten Ansichten völlig entgegengesetzte Erklärung versucht, welche die besprochenen Einzelheiten zusammenzufassen sucht. Da wir im Grund zu der Hauptsache nur wenig beifügen können, ausser sehr seltenen Einzelheiten, welche aber interessant und wichtig genug sind, die Erklärung der Gebilde näher zu kommen, so geben wir eine Uebersicht der YOUNG'schen Feststellungen und gegebenen Erklärungen.

Entgegen früheren, zum Theil missverständlichen Auffassungen wird hier von YOUNG zuvörderst dargelegt (vgl. auch Geol. Magazine 1892 S. 279), dass die Spitzen der dutenförmig ineinander gesteckten Gesteinskegel, welche einheitliche, sich aus dem Gestein rings auslösende Kegelförper (lang und schmal als „Nägel“ bezeichnet) bilden, stets nach einer Seite und zwar nach YOUNG blos nach unten gerichtet seien; dass unter ihnen eine Zone mit kleinerer Kegelstruktur<sup>2)</sup> bis schwach welliger Lagerung folge. Die Kegel enden oben oft mit trompetenförmiger Erweiterung meist in

<sup>1)</sup> In den Begleitworten zum Atlasblatt Balingen und Ehlingen der geogn. Specialkarte von Württemberg S. 30 sagt QUENSTEDT bestimmter: „Sie liegen wie Brodlaibe im Schiefer und bestehen aus zwei Lagen, einer oberen und einer unteren, woraus die Basen der „Nägel“ in der mannigfaltigsten Grösse hervorstehen.“

<sup>2)</sup> Dies ist nicht ganz richtig, denn wenn man diese Struktur zur Kegelstruktur rechnet, dann ist auch die von YOUNG mit Recht bekämpfte Ansicht früherer Autoren richtig, dass die „Kegel“ ihre Spitzen „ineinander verschränken“.



einem Niveau, wobei ein mehr weniger starkes Herausragen der obersten nach innen immer kleineren Kegelgrundflächen eine sehr häufige und auffällige Erscheinung ist.

Die Auflösung der massiven Kegel in dutenförmige Einzelkegel von Kalkmergel wird ermöglicht durch dünnere Einschaltungen von Thon, welche selbst kleine, zwar nicht rings abgeschlossene Duten bilden; Young beschreibt hierbei ein eigenartiges treppenförmig-zackiges Ineinandergreifen von Kalk bzw. Thon und zwar immer nur an der Aussenfläche des Kalkes und der unteren Innenfläche der thonigen Einschaltungen. Die Beschränkung dieser zackigen Runzelung auf der inneren nach oben gerichteten Fläche der kalkigen Dutenscheiden ist jedenfalls von besonderer Bedeutung, und haben wir hierzu unten noch einige Beobachtungen im Einzelnen hinzuzufügen.

Während nun nach Young die Kalkduten nach oben zu mit gleich und ähnlich gelegenen der zunächst benachbarten Kegel sich häufig seitlich zusammen schliessen (desgleichen in gewisser Beschränkung auch die Thonduten), ist dies in den Axen der Kegel nach unten zu bei seinem Material nicht der Fall. Es sollen vielmehr nach Young in einem breiteren axialen Raum, der nach ihm aus thoniger (vgl. unten) Substanz besteht, die dutenförmigen Thonscheiden sich mit ihren Spitzen vereinigen: im Längsschnitt convergiren daher je zwei Thonstreifen nach diesem vertikalen Mittelband und schliessen die Kalkscheiden von einem gegenseitigen Ineinanderfliessen aus.

Das ersterwähnte obere seitliche Ineinanderfliessen der jeweiligen benachbarten Basenränder der thonigen und kalkigen Kegel<sup>1)</sup> zeigt oft grosse Regelmässigkeit, welche nach Young's Beschreibung an die Arkaden gothischer Spitzbogen erinnert; oft aber sind gerade an diesen Stellen in unregelmässigen Erhöhungen und Vertiefungen viel stärkere Thonansammlungen, als auf den gerunzelten Innenflächen der Kalkkegel. Im Innern der Kalkmasse der Kegel zeigt sich nun bei schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskop eine feine, den beiderseitigen Kegelwänden annähernd parallele Streifung, welche eine halb krystalline Struktur erkennen lässt; sie erzeugt oberflächlich eine Art Zickzackstreifung, welche aber nach Young (ein grosser Irrthum!) zu dem Verlauf der Kegelbildung keine Beziehung hat („but it evidently has nothing to do with its arrangement within the cones. S. 14—15.“)

Es werden auch im Innern wie zerrissen erscheinende kleine Fetzen von Thon beobachtet, welchen eine besondere Bedeutung zugemessen wird.

Was die Anordnung der Kegel betrifft, so bespricht auch Young im Anschluss an einzelne sehr schöne Abbildungen, wie beim Aneinanderstossen verschiedener Kegel, deren Form so beeinflusst ist, dass die Interferenzgrenzen ganz geradlinig werden; grössere Kegel überflügeln kleinere. Nach den dünnen Stellen der Schicht hört die Kegelstruktur auf, als ob zu ihrer Entstehung eine gewisse Dicke der Kalkmasse nothwendig wäre. Oefters zeigen die verschieden hoch über die Schichtfläche vorragenden Kegelbasen eine deutliche Anordnung in Längsreihen, wie Hügelketten.

Das sind im Wesentlichen die thatsächlichen Angaben Young's, wir kommen jetzt zu seiner Erklärung. — Aus dem Umstand, dass das Cone-in-Cone-Lager an gewisse Kalk- und Mergellagen inmitten von Eisenstein- und Sandsteineplexen gebunden ist, und in diesen Kalklagen häufiger im Hangenden und Liegenden Anhäufungen nicht nur von Entomostraken-Schalen (*Carbonia*, *Leperditia* und *Beyrichia*), sondern auch von *Anthrakosien* und Fischresten vorkommen, endlich aus dem Umstand, dass in den vergleichbaren Schichtenfolgen da, wo die Cone-in-Cone-Struktur auftritt, die erwähnten Fossilien nicht mehr nachzuweisen sind, daraus folgert Young, dass eine völlige Zerstörung dieser Schalenreste stattgefunden haben müsse und zwar unter den besonderen Umständen der Verwesung der Weichtheile unter Wasser in Süsswasserbecken. Es ist ihm nur ein Fall bekannt, wo zwischen zwei Lager mit Dutensteinen eine Einschaltung von einer Crinoidenbank vorliegt; diese Bank scheint ihm aber Folge einer Verschwemmung aus einer tieferen in eine seichtere Region zu sein, eine Bildung in einem marinen Morast, der wieder „favoured the escape of gases from the decaying organisms in the bed“ (S. 22 Anm.).

Nach Young sammeln sich also in den unteren Regionen über einer in turbulenter Zersetzung befindlichen Schicht mit Organismen zuerst schwächere Gasblasen, welche aufwärts drängen und

<sup>1)</sup> Im Allgemeinen kann man überhaupt nur von den über die Oberfläche der Dutenmergelbank herausragenden und sich so leicht aus dem Gestein auslösenden Theilen von massiven „Kegeln“ sprechen. Im Innern des Gesteins zeigen sich keine regelmässig abgegrenzten, besonders keine an ihrer Basis rings mit Thon umgebenen Kegel, ebenso wenig, wie wir sehen werden, dass die nach unten gerichteten Kegelspitzen rundum stets scharf abgegrenzt sind.



am Ort schwache wellige Struktur erzeugen; später, vielleicht in Folge zunehmender Zersetzung oder stärkerer Ansammlung unter dem sich erhöhenden Druck der wachsenden Schicht, concentriren sich die Gase an bestimmten Punkten und schleudern endlich bei anwachsendem Gasdruck nach Art einer Eruption den Kalkschlamm der sich fortbildenden Schicht in die Höhe. Es entstanden so vertikale Gaskamine und an ihren oberen Endigungen ringwallförmige Aufschüttungen des Kalkschlammes, deren Innenwände trichterartig nach unten und innen einschliessen. Darauf folgen in einem Wechsel des Sediments schwache Thonabsätze, welche sich auch auf die inneren Trichterwände ablageren; letztere haben sich vorher durch ihre Schwere in eigenartigen treppenförmigen Runzeln nach dem Innern des Kraters zu gesetzt und gesenkt, welche Stufen oder Runzeln der Thon ausfüllt, während die gleiche Erscheinung an den Thoneinschaltungen nicht beobachtet ist. Die Entstehung dieser Runzeln oder ringartig treppenförmigen Absenkungen wird nach Analogien dadurch erklärt, dass die Oberfläche rascher erhärte, als das Schlamminnere. Dieser Prozess wiederholt sich nun mehr oder weniger regelmässig in einer grösseren Anzahl von Perioden immer im Anschluss an die bestehen bleibenden Einzelkamme, wobei auch, aber selten, die Thoneinschaltungen ganz zerrissen und emporgeschleudert werden.

Die Darstellungen von YOUNG sind nun nicht ohne Widerspruch geblieben, zwar nicht von Seite der Kritik der Hypothese selbst, welche manches Räthselhafte zurückweisen könnte, sondern durch Aufstellung von Thatsachen, welche mit dieser Theorie nicht im Einverständnis zu sein scheinen. J. S. NEWBERRY, Geol. Magazine 1885, erinnert daran, dass die Dutenstruktur sehr häufig in linsenartigen Kalkfladen oder -Knollen vorkomme, wobei öfters die Dutenkegel ringsum die ganze Peripherie radiär nach innen gerichtet vorhanden wären, was ausser QUENSTEDT und SORBY auch schon 1868 C. A. WHITE (Amer. Journ. of science Bd. 45 S. 401), angeregt durch die Eingangs erwähnte Notiz von MARSH, behaupteten. YOUNG betont dagegen, dass erst bewiesen werden müsste, dass diese Stellung der Dutenkegel nicht eine secundäre, durch eine derartige Contraction der Masse entstandene Stellung wäre, so dass ursprünglich normal gestellte Kegel schliesslich eine völlig inverse Lage erhielten. NEWBERRY glaubt, lang vor ihm schon HAUSMANN und QUENSTEDT in Deutschland, dass die Struktur „is due to an impeded tendency of crystallisation“.

Aehnliches wie NEWBERRY und WHITE an amerikanischen Vorkommen, bringt W. S. GRESLEY im Geol. Magazine 1887 S. 17—22. Er betont: a) dass die Thoneinschaltungen mit ihren Zacken selbst semi-cone-in-cone-structure besässen, daher für sie nicht die Erklärung gelten könne, welche YOUNG aufstellt; ich halte diesen Einwurf sachlich nicht für ganz richtig und werde darauf zurückkommen. Weiter bespricht GRESLEY b) concretionäre Erhärtungen von ziemlich flach ellipsoidischer Form, welche oben und unten Dutenstruktur zeigen, dagegen nicht auf den Seiten, d. h. in einem gewissen Bereich über und unter der Horizontalebene durch die längste Axe. Hier kann natürlich nicht von einer Schrumpfung die Rede sein. Das Ganze sieht nur wie ein flach-ellipsoidischer Ausschnitt concretionärer Schichtenerhärtung, also wie eine Geode in einem horizontalen Schichtensystem aus, deren Mitte durch ein Pflanzenlager, deren mehr horizontale obere und untere Oberzone eben von der Cone-in-Cone-Struktur eingenommen ist. Man vermisst hiebei die ausdrückliche, vielleicht als selbstverständlich zu betrachtende Feststellung, ob die Kegel auf der Unterseite inverse oder normale Lagerung haben; es wird diese Thatsache für weitere Vorkommnisse (8) (und für Knollen in den Waverleyshales nach NEWBERRY) betont. Unter f) bespricht GRESLEY eine ähnliche Concretion feinkörnigen Thoneisensteins von Leicestershire, welche in der Ebene der grössten Axe ein horizontales Thoneisensteinband zeigt; die über diesem Band liegende Masse mit ihren Einbuchtungen hat in der unter ihm liegenden fast ihr Spiegelbild (vgl. unten Taf. II Fig. 17). Auch hier zeigt sich eine Abnahme der Struktur nach der Seite zu, zugleich zeigt aber das Bild wenigstens die Möglichkeit fast inverser Lage der Dutenkegel in Folge scheinbarer Schrumpfung der Oberfläche, wie dies YOUNG befürwortete. Ob freilich die Wiederkehr der Struktur auf der Unterfläche dieser Concretion ebenso erklärt werden kann, das ist sehr fraglich. Die hier thatsächlich, wie schon von NEWBERRY ausdrücklich betont, inverse Lage der Duten (with their bases pointing downwards) ist für YOUNG's Theorie sehr schwer zu erklären. Trotzdem bestärkt YOUNG (Geol. Magazine 1892, S. 193, 279, 480) seine älteren Feststellungen und Erklärungen, obwohl im gleichen Jahrgang des Geol. Magaz. die Controverse von GRESLEY (S. 432), ALFRED HARKER (S. 240), E. J. GARWOOD (S. 234), A. J. SACH (S. 505) fortgeführt wurde. Erstere drei Forscher beziehen sich hauptsächlich auf das Vorkommen der cone-in-cone-structure in fladenartigen Concretionen und zwar auf deren Ober- und Unterfläche mit einander nach der Mitte zugewandten Spitzen. YOUNG verlangt, auf die Erfahrung hin, dass cone-in-cone-artige Bildungen wirklich häufiger in ähnlichen Concretionen auftreten, für jeden Fall den Nachweis typischer cone-in-cone-structure, und zwar mit allen charakteristischen Einzelheiten,



die er festgestellt habe, da es ähnliche Bildungen auch gebe. A. J. SACH glaubt nicht, dass die Struktur einen mechanischen Ursprung habe, sie scheint ihm auch lediglich ein chemischer Niederschlag mit unvollkommener und versteckter Krystallisation zu sein. Die gleiche Grundansicht hat die von mikroskopischer Untersuchung begleitete Darstellung von Grenville A. J. COLE im Mineral Magazine 1892, On some examples of cone-in-cone-structure (Vol. X Nr. 46 p. 136). COLE geht von der Erscheinung aus, dass die Krystallindividuen eines Aggregats mit radialer Gruppierung sehr lang conisch oder pyramidal sind, dass sich die Spitzen der Fasern nach dem Centrum richten und sich dort, wo zugleich der Ausgangspunkt der Krystallisation ist, treffen: Wenn daher eine solche Krystallisation an der Oberfläche einer Bank oder im Innern einer Concretion eintritt, so wäre nach COLE's Ausführungen anzunehmen, dass sie an vielen Einzelpunkten beginnt und über diesen radial ausstrahlende kegelartige Gruppierungen von Krystallfasern erzeugt; die in der Matrix enthaltene „nicht krystallisationsfähige“ Masse wird dabei seitlich verdrängt und bildet rund um die Kegel oder um grosse Theile derselben einen thonigen Kegelmantel. Nachträglich suche sich aber dieser Kalkkegel durch neu hinzutretende Krystallisationsursachen zu verdicken, was aber der thonige Mantel hindern würde, wenn nicht die Krystallisationskraft überwiegt und auf seiner anderen Seite eine weitere Kalkkugelscheide bildete. Hierdurch wird die Aussenfläche der Thonscheide durch die (freilich dabei nicht unanfechtbar erklärten) Grundflächen der neuen Kegelfasergruppen horizontal staffelartig eingedrückt; die Scheide selbst wird in den Process der Kegelbildung hereingezogen und erhält die von GRESLEY behauptete Semiconalanordnung, welche mit der Faserung des primären Kegels zusammen eine conale Gruppierung bilden soll.

Gegen diese Begründung ist vor Allem einzuwenden, dass doch die lang kegelförmige Gestalt der Krystallfasern keine unabhängige Bildung ist, sondern nur entsteht, wenn sich im Innern einer Masse von einem centralen Ausgangspunkt aus eine sphäroidische, oder von der Grenzfläche einer Schicht eine semisphäroidische krystallinische Concretion, wie sie sich auch immer nach einer Richtung oder Axe verlängern und auswachsen mag, bildet. Eine lediglich regelmässig begrenzte spitzconische Fasergruppierung, welche sogar auf Zeitpausen hin einen gewissen Bestand für sich hätte, kann es doch auch nicht geben, es sei denn, dass die conische Form eine durch äussere Gestaltungsursachen gegebene oder gewissermassen vorgebildete wäre; für letzteren Fall stünden wir ja wieder vor dem alten Räthsel. Wie es mir auch eigentlich durchaus nicht zulässig erscheint (vgl. unten), bei den vorliegenden Krystallisationselementen kurzweg von „Fasern“ (fibres) zu reden, denn in sehr vielen Fällen sind fast alle diese „Fasern“ eigentlich nur im Durchschnitt längs getroffene Theile dünnerer und ausgebreiteter Gesteinstheile; alle bis zu den kleinen merkbaren „Fasern“ haben eine gewisse Flächenausdehnung und die Elemente dieser Lagen sind zudem rhomboedrisch. Darf also die Anschauung der Entstehung stets nur einseitig nach oben oder nach unten gerichteter selbständiger, von einander unabhängiger Kegelaggregate kaum aufrecht erhalten werden, so begegnet die Erklärung der Thonscheiden selbst bei Annahme der Möglichkeit solcher Aggregate den grössten Schwierigkeiten. COLE lässt diese Scheiden als einen Theil des nicht krystallisationsfähigen Materials durch den ersten Process seitlich verdrängt werden, wenn auch noch genug dieser Matrix in die Krystallisation eingeschlossen bleibe. Dieser Verdrängungsvorgang könnte derart gedacht werden, entweder erstens, dass etwa Einzelfasern selbst von der Matrix stets etwas einschliessen und dass weiter zwischen den „Fasern“ entsprechende Mengen verdrängter Substanz abgelagert würden, oder dass von der Matrix in der Richtung des Kegelwachstums, also aus dem Kegelspitzenwinkel heraus, Substanz von innen nach aussen im Winkelbogen zusammen gedrängt wird. Die beiden ersteren Momente sollten eigentlich zusammen auf der Aussenseite des hypothetisch selbständigen Kegels nicht mehr thonigen Ausschluss erscheinen lassen, als zwischen den einzelnen „Fasern“ im Innern des Kegels, denn die Fasern an der Oberfläche können in ihrer räumlichen Ausdehnung nur gerade soviel Matrix in sich aufnehmen und andererseits seitlich nach aussen drängen, als die inneren Fasern; trotzdem ist hier thatsächlich die Hauptmasse hypothetisch verdrängter Matrix vorhanden; es müsste also ein sich summirender Transport von innen nach aussen angenommen werden. Die Hauptmasse der Verdrängung sollte aber nach dem dritten Moment in der Richtung des Längenwachstums der „Fasern“ der Kegelgruppe erfolgen,<sup>1)</sup> welche doch eine mehr oder weniger sphärische äussere Begrenzung erhalten sollte. In dieser Lage und Form ist aber gar nichts vom Thon abgelagert; im Gegentheil ist nicht in den Axenrichtungen der Kegel, sondern seitlich zwischen den Kegeln sehr häufig ein winkelbogenartiges Zusammenfliessen der beiderseitigen Thonscheiden zu beachten, eher in dem Sinne, als ob das

<sup>1)</sup> d. h. in der Richtung des raschesten Fortwachstums (vgl. unten Cap. X und XI).



Centrum des hypothetischen Faserwachstums nicht in den Kegelaxen, sondern in den mittleren Zonen zwischen jenen gelegen habe (vgl. unten). Der von COLE gedachte Vorgang trifft also bis hierher nicht streng mit der Morphologie der Duten zusammen. Widerspruchsvoll scheint mir das zu sein, dass die Thonmasse nach COLE zuerst ausgeschaltet und nun bei der Bildung der zweiten Kalkkegelscheide um den ersten Kegel durch die nachfolgende Krystallisation überwältigt und so gefasert wird, daher diese Fasern in ein Semiconal-Verhältnis zu den Fasern des Kegels treten sollen. COLE bezieht sich hier auf das Schema, das GRESLEY in Geol. Mag. 1887 p. 19 gegeben hat.

Nach diesem Schema könnte man vielleicht im Sinne der Theorie von COLE und des oben erwähnten dritten Moments annehmen, dass von der äusseren Kalkkegelscheide her die Thonscheiden in der Richtung (nach GRESLEY) des „Faser“wachstums nach dem inneren Kegel hin aus der Matrix ausgeschieden und zusammengedrängt worden wären, also nicht blos von dieser äusseren Kalkscheide her nur die treppenartigen Eindrücke erhielten. Nach diesem Schema würden aber diese Fasern nicht radial ausstrahlend von einer zweiten (neuen, äusseren) Kegelspitze, sondern von der gesammten Mantelfläche einer zweiten Kegelscheide nach innen convergirend entspringen; diese „Scheide“ musste also schon für sich und verschieden gebildet gewesen sein, obwohl sie doch nicht ohne den engen Anschluss an den primären massiven Kegel entstanden sein kann, wie es eben COLE darstellen will. Andererseits ist es gewiss bemerkenswerth, dass der centrale Krystallisationspunkt dieser neuen ganz selbständigen Kegelscheide in einiger Entfernung von dem des ersten Kegels in demselben Sinne der Kegelbildung den ersteren umwächst,<sup>1)</sup> ohne dass von dem Centralpunkt des ersteren die Spur einer reinsphärischen conischen oder sonstigen Ankrystallisation in umgekehrter Richtung zu bemerken wäre, was man zuerst erwarten sollte, da doch die neue Kegelspitze der Axe nach ganz zweifellos in irgend einem Zusammenhang mit der ersten stehen muss. COLE lässt daher die neue Krystallisationsursache an der Seitenfläche des Kegels entlang kriechend wirken; dies würde meines Erachtens doch gerade das umgekehrte Verhalten verursachen, als es thatsächlich vorliegt; es würden die neuen „Kegel“ doch in umgekehrter Folge an den alten anwachsen lassen, was auch mikroskopisch nicht einmal andeutungsweise der Fall ist. Ueberhaupt wird es doch schwer, in einer oft sehr dicken Schicht, die so völlig von Kegeln durchsetzt ist, eine andere Vorbedingung für so ganz erfüllende Krystallisationsprocesse anzunehmen, als eine dauernde und gleichmässige Durchtränkung der betreffenden, noch weichen thonigen Matrix, und hiernach erfüllt mit Staunen, dass nicht auch viele sphärische, also vollkommene Concretionen entstehen sollten oder — wenn kegelmantelartige Ausschnitte solcher —, dass dann nicht regellos nach oben und unten gerichtete mit sphärischen ungleichmässig gemischt auftretende, statt dessen, wenn beide zusammen vorkommen, normale und inverse einseitig auf scharf gerennete horizontale Zonen beschränkt sind. Bis jetzt wurde indessen bei allen europäischen, amerikanischen und australischen Vorkommen stets dasselbe, höchst eintönige Verhalten beobachtet, was uns nahelegt, dass man es nicht mit einer mehr specificirteren und wechselnden Einflüssen unterworfenen Bildung zu thun hat, sondern mit einer Combination von einfacheren, mehr elementaren Processen, deren Zusammenauftreten ein ebenso verbreitetes als nach der Bildungsweise auch naheliegendes ist.

Die treppenartige Runzelung der Kalkscheide ist nach COLE, wie das wohl im Ganzen morphologisch richtig ist, mit der vorragenden Kegelgrundfläche und ihren Absätzen zu vergleichen;<sup>2)</sup> wenn man jedoch sagt, dass jedes für sich der Grundfläche einer conischen Fasergruppierung, deren Spitzen in der glatten Aussenfläche der Kalkscheiden läge, entspräche, so sucht man unter dem

<sup>1)</sup> Die Annahme der Möglichkeit derartig selbständigen Wachstums von Kegeln und kegelmantelartigen Scheiden beim Kalk, dem so ausserordentlich häufig oolithisch, sphäroidisch, radial faserig krystallisirenden Mineral, gehört wohl in den Gedankenkreis des bei den plutonischen Gesteinen von COLE (Geol. Mag. 1887) eingeführten Begriffs der skeleton spherulits nach Vorbild der bekannten Krystallskelette. Ausser einer sachlichen Einwendung im betreffenden Einzelfalle meint hierzu ZIRKEL (Petrogr. 1893. I. 470), es sei fraglich, ob ein Krystallindividuum und ein sphärolithisches Aggregat in dieser Beziehung mit einander verglichen werden könnten. Die Beziehung COLE's auf die von RUTLEY mitgetheilten kegelförmigen Faseraggregate in einem Obsidian von Mexico (Quarterly Journal 1891) ist für die Abstumpfung solcher an Schichtgrenzen recht einleuchtend, macht aber nicht klar, warum nicht im Innern, den Thonausschaltungsperioden entsprechend, „hemispheres or mammillated aggregates“ entstehen, deren Höhenpunkte in den Kegelaxen liegen.

<sup>2)</sup> Vgl. S. 190 Anm.



Mikroskop vergeblich nach einer dermassen scharf centrirten „Faserung“;<sup>1)</sup> man erkennt stets nur recht gleichmässig spitzrhomboedrische Zusammensetzung des krystallisirten Materials, was nicht auf separate Axenentstehung hinweist. Dabei ist zu bedenken, dass diese Treppen keine vereinzelt Vorragungen sind, sondern Theile runzelartiger Terrassen um die ganze concave Trichter-Innenfläche der Kalkscheiden herum, die gar wenig krystallinischen Charakter haben. Wenn nun COLE die ebenflächigen Kegelgrundflächen durch Hemmung an der wagrechten Schichtgrenze der Dutenschicht erklärt, so fehlt die gleiche Ursache im Innern der Schicht zur Erklärung der Grundfläche der homologen Treppenabsätze; die Thoneinschaltungen mit ihrer feinen Schichtung können daran nicht schuld sein, denn ihre Ansammlung und Lagerung ist doch erst Folge des treppenartigen Wachstums; ihrer mikroskopisch deutlichen, geringen Dichte nach hätten sie viel intensiver an die ältere Kegeloberfläche herangepresst werden können und die ältere Kegeloberfläche wäre stets allein massgebend für die Gestaltung der Grenze von Thoneinschaltung und nächster Mergelscheide geworden; der Thon konnte keine Rolle spielen; entweder sollte eine reine Abformung der ältern Kegeloberfläche vorliegen oder die Runzelung ist morphologisch selbständig. Auch erklärt die „Abformung der hangenden Schichtfläche“ nicht die stets über die Oberfläche seltsam vorragenden Treppenerhebungen!

Es scheint also, dass wir allein mit dieser Auffassung des Krystallisationsvorgangs nach keiner Richtung hin den Thatsachen gerecht werden können, wobei ich ganz unbeachtet gelassen habe, dass der Zustand der Axe der Kegel und Kegelspitzen gar keinen Anhaltspunkt dafür bietet, dass hier wirklich das axiale Centrum eines Faser-Krystallisationsvorgangs vorliegt. Die von YOUNG, wie auch von COLE dargestellte Axe zeigt als solche eine überwiegend unkrystallisirte Masse (oder ein formloses Gewirr mehr thoniger als kalkiger Fasern) in lang cylindrischer Erstreckung; wir werden darüber noch Näheres und Abschliessendes bringen.

Viel eher könnte eine weitere Krystallisationsgruppierung zur Erklärung herangezogen werden, welche in regelmässig fiederstrahligen Verzweigungen von einer Anzahl Hauptaxenstrahlen endlich völlig raumerfüllend sich halb kugelig oder unregelmässig sphäroidisch ausbreitet und an ihrer Oberfläche langhinziehende Kämme hintereinander gereihter Rhomboederkanten und davon abzweigende niedrigere Seitenkämme kleinerer Krystalloberflächen zeigen. Man könnte hierbei an die kamm- oder terrassenförmigen Runzelabsätze der äusseren Kalkscheiden denken; es fehlt aber auch hier die Möglichkeit, durch unmittelbaren Vergleich morphologisch die Kegelbildung zu erklären, ganz abgesehen davon, dass die terrassenartige Kambildung in der That recht verschieden ist. — Wenn wir nun natürlich nicht ableugnen wollen, dass eine ähnliche Krystallisationserscheinung, auf welche wir unten ausführlich zurückkommen, dem Ganzen zu Grunde liegt, so müssen wir doch schon jetzt hervorheben, dass die erwähnten Prozesse nichts unmittelbar mit der eigenartigen Kegelbildung und den ihr zweifellos wesentlich zugehörigen, nach innen gezackten Thoneinschaltungen zu thun haben, dass diese wahrscheinlich einem gänzlich verschiedenen Kreis mechanischer und chemischer Vorgänge angehören.

Nicht ganz mit seiner Hypothese ist auch die von COLE selbst als höchst wahrscheinlich aufgestellte Thatsache zu vereinigen, dass die eine corresponding optical continuity zeigenden Theile des Kegels eine Auslöschung || der Kegelaxe aufweisen. Schon QUENSTEDT sagt, dass die Kalkfaser nicht parallel der Manteloberfläche, sondern dem Perpendikel auf die Kegelgrundfläche parallel laufe; ersteres müsste sein, wenn COLES Hypothese consequent ausgedacht würde.

Die jüngste mir erst durch liebenswürdigen Hinweis von Prof. COLE bekannt gewordene Publikation über Dutenstruktur ist eine die oben besprochene Note aus dem Jahre 1887 ausserordentlich wichtig ergänzende, leider zu kurz gehaltene Abhandlung von W. S. GRESLEY (Quarterly Journ. geol. Soc. of London. L. 1894 S. 731—739, Taf. XXXV et XXXVI. Cone-in-Cone: How it occurs in the Devonian Series in Pennsylvania U. S. A.). GRESLEY hat schon in seiner ersten Abhandlung Durchschnitte durch geodenartige Knollen skizzirt, welche oben und unten besonders an starken Vorragungen oder auch an inneren, sprungartig durchsetzenden Zonen die Dutenstruktur zeigen. In der Ebene der grössten Axen dieser ellipsoidischen Massen zeigte sich ein Mal ein sandiges Schichtenband mit Pflanzenresten, ein anderes Mal ein solches von Thoneisenstein. Das Hauptstück der neueren Mittheilung (vgl. unsere Taf. II Fig. 14) zeigt in Photographie eine nur schwach von

<sup>1)</sup> Ich kenne derartige Runzelabsätze auf der Oberfläche von faserstrahligen Kalkconcretionen, wobei jeder nach aussen gerundeten Runzelterrasse innerlich ein sehr scharf ausgeprägtes Abbiegen der Strahlen von der Hauptfaserichtung (unmittelbar unter der Oberfläche) entspricht, deren Fasernabschnitte der Rundung nach radial centrir sind.



dem umgebenden Gestein abgesetzte, geodenartige Concretion, welche oben drei und unten zwei von einander getrennte, continuirlich oder auch symmetrisch oben und unten von einer sandigen Hauptmittelschicht gelegene Dutenbänder aufweisen. Die Hauptmittellage ist ein diagonal geschichteter Sandstein, die übrigen die Dutenbänder trennenden Lagen sind Schieferlagen, welche ausserhalb des Complexes aber mit viel geringerem Grade der Erhärtung, in das anstossende Gestein fortsetzen; die über die Mittellage liegenden Duten sind normal, die unteren invers gelagert. Dies ist wohl das Merkwürdigste, was über die Art des Vorkommens selbst bekannt geworden ist. Weiter bringt die Abhandlung noch Einzelheiten über zungenförmiges Eingreifen der Cone-in-Cone-Lage d. h. der conisirten Thonschicht in den erwähnten Sandstein; über eine horizontal durch normale Duten durchstreichende Lage dunklerer (?thonreicherer) Substanz, welche in dieser Cone-in-Cone-Masse breiter zu werden scheint (vgl. unten unsere Muthmassung). Weiter werden die amerikanischen Vorkommen nach der äusseren Form des Auftretens der Duten und nach kleinen Veränderungen illustriert, wobei wir auch Einiges in den Abbildungen der Kegelgrundflächen sehen, dessen Wesentliches auch schon von QUENSTEDT (Jura, Taf. 42 Fig. 1—2) dargestellt wurde; hierbei werden auch die Strukturabbildungen in der Note von 1887 ausführlicher ergänzt. Seine Ansicht über die allgemeinen Bedingungen des Dutenwachsthums fasst GRESLEY, ohne auf den Weg im Einzelnen näher einzugehen, ungefähr im Folgenden zusammen. Die Duten sind nicht während der Aufschüttung der sie führenden Kalkbänke entstanden, sondern Folgen sekundärer Krystallisations-Umwandlung; er hält sie, so weit getrennte Lagen inverser Duten unmittelbar übereinander vorkommen, für gleichzeitiger Entstehung; sie kommen nicht in Sandsteinen, sondern in Mergeln vor; ihre Bildung ist jedenfalls an das Vorhandensein von kohlensaurem Kalk gebunden; sie zeigen in den Concretionen gelegentlich Anschwellungen, was nach GRESLEY durch das Heranziehen von Kalk während der Dutenentstehung verursacht ist. Ihm sind die Kegel auch die ursprünglichen Bildungseinheiten; er scheint aber zum Unterschied von COLE die Kegelform als eine „pressure-produced conical cleavage“ zu halten, nach welcher nachträglich die nicht krystallisirende Substanz verdrängt wurde. Die Runzelung oder Faltung der Grundfläche und Mantelfläche der Kegel weisen nach ihm auf eine lateral-radiale Contraction, eine Quetschung der erhärtenden Masse hin. Die Textur der Matrix erweist sich als halbkrySTALLIN; sie zeigt kleinste Kegel, die mit der Hauptstruktur vergleichbar sein sollen<sup>1)</sup> (vgl. COLE'S Ansicht). Kurz die Dutenstruktur sei die Folge einer Concretionsbildung, deren mineralische und chemische Prozesse während der Transformation im Widerstreit mit den zusammenziehenden bzw. drückenden Wirkungen der Umgebung das Ganze dahin beeinflussen, dass morphologisch die Kegelbildung im Kleinen wie im Grossen, man könnte sagen, als eine Art Interferenzgestaltung erzeugt wird. Dies sind Ansichten, deren Wort-Formulirung im Allgemeinen viel für sich hat, im Einzelnen aber das eigentliche morphologische Räthsel der Kegelbildung nicht besonders fördern.

Der Annahme der Austreibung eines grossen Theils des Thongehalts der Mergel, als einer nicht krystallisirbaren Substanz zur Bildung des Thonbelags der Kegel, stimmt GRESLEY zu, obwohl sein Material Zweifel an der Wirklichkeit dieses Processes im vorliegenden Falle eingeben sollte. Er erwähnt nämlich dunkle Streifen, welche horizontal die Dutenbänder durchsetzen; entweder ist hier der Thon etwas reichlicher enthalten oder die Färbung durch kohlige oder bituminöse Anreicherungen verursacht; nun ist unter allen Umständen der Thon der wichtigste Träger dieser Substanzen und es müsste sich mit einer Dezimirung des Thongehalts zweifellos eine starke Verringerung der Färbung und der Dicke der Bänder ergeben; dies ist nicht nur nicht der Fall, sondern sogar theilweise das Gegentheil — ein nicht unbeträchtliches Anschwellen nach oben und unten zu bemerken, das wir unten zu erklären versuchen werden.

Mit vereinzelter Ausnahme haben daher alle Autoren bis jetzt mehr und weniger bestimmt sich dahin geäussert, dass das Gestein, in dem die Dutenstruktur zu beobachten ist, ein mergeliger Kalk sei, dessen Masse eine ursprüngliche, versteckte bzw. mehr oder weniger deutliche krystallinische Bindung besitze; auch wurde die Annahme öfters ausgesprochen, dass die Struktureigenenthümlichkeiten selbst mit diesem „versteckten“ oder „gehemmten“ Krystallisationsprocess in irgend einer Weise unmittelbar zusammenhänge. HAUSMANN und v. GÜMBEL

<sup>1)</sup> Es ist zu betonen, dass hier zwei rechtverschiedene Dinge mit einander vereinigt werden, dass die Hauptkegel und die kegelartige Innentextur nur ganz äusserlich mit einander verglichen werden können, dass zwar erstere ein Derivat der letzteren sind, aber unter besonders modificirten Umständen zu Stande gekommene, nur ähnliche Gebilde genannt werden können.



denken an stalagmitische und stalaktitische Entstehung; ersterer schon erklärt sich für eine Ausscheidung der Thonsubstanzen während der Krystallisation, SORBY denkt an oolithische Bildung, QUENSTEDT und GRESLEY glauben an Druck- und Bewegungserscheinungen in der krystallisirenden Masse, deren Ergebnis die Kegelbildung sei, COLE hält die Entstehung der Kegel und Kegelscheiden für die ursprüngliche Form der krystallinischen Ausscheidung, die im Wesentlichen faserig sei.

Eine ins Einzelne eingehende, alle Momente berücksichtigende synthetische Erklärung der Bildung wurde nirgends versucht; die breiteste ist die von YOUNG, die aber nicht auf der richtigen Grundlage begann. Dies bis ins Einzelne zu bewerkstelligen, scheint nicht nur wegen der eigenartigen Bildung und ihrer höchst merkwürdigen Begleiterscheinungen an und für sich wichtig, sondern auch wegen der verschiedenartigen über Dutenbildung bisher geäußerten Ansichten; hierbei kommt es von selbst zur Entscheidung, ob z. B. Vorgänge, wie Ausbrüche von gespannten Fäulnisgasen im Schlamm während der Sedimentation, welche auch zur Erklärung von Strukturen im Landschaftenkalk von englischen Autoren herangezogen wurden (vgl. unter III), die Berechtigung einer allgemeineren Wahrscheinlichkeit für sich haben.

## Cap. II. Verschiedene Vorkommen von Dutenmergeln (Nagelkalk).

Es seien kurz die in verschiedener Hinsicht wichtigsten der mir bekannt gewordenen Vorkommen der Dutenmergel genannt.<sup>1)</sup>

1. Carbon des Banater Gebirgszuges von Steierdorf; Dutenmergel, als Glied der Schieferthonformation, oft in Sphärosiderit übergehend, hat zum unmittelbaren Begleiter einen dünnblättrigen verworrenen Schieferthon (KUDERNATSCH, Jahrb. d. k. k. Reichsanstalt Bd. 6 S. 246 und Sitzber. d. k. k. Ak. Wien 1848. Bd. I. 3. S. 30); er zeigt ähnliche Entstehungsform wie Sphärosiderit: Nierenflötz; es wird eine Reihung der Kegelduten erwähnt.

2. Carbon von Krzeszowice (Miekinia) westlich von Krakau. Samml. d. k. Oberbergamts in München, leg. HOHENEGGER; von Miekinia und vom Hangenden des Kohlenflötzes von Bendzin erwähnt PRUSCH (Geogn. Beschr. von Polen 1833 I. S. 57) das seltene Vorkommen schwacher Kalksteinflötze von dunkelgrauer Farbe.

3. Permearbon der bayerischen Rheinpfalz und preuss. Rheinprovinz. a) Aus den grauen Anthrakosiefschiefern von der Mordkammerhütte am Donnersberg. b) Aus den Alsenzschichten von Obermoschel, unvollkommene Entwicklung. c) Aus den obersten Cuseler Schichten zwischen Reuschbach und Reichenbach am Südfuss des Potzbergs. d) aus den Thoneisenstein führenden Schichten von Lebach, von wo sie noch nicht bekannt zu sein scheinen; sie können vor der Hand hier nur vorübergehend in Betracht gezogen werden.

4. Lettenkohle von a) Bayern und b) Württemberg. a) Von Lanzendorf bei Berneck und Effeldorf bei Würzburg im eigentlichen Lettenkohlsandstein unter dem Drusendolomit. b) Nach QUENSTEDT (Blatt Hall 1880) über dolomitischen Bänken mit Gypshöhlen folgt daumendicker Nagelkalk, darüber unten blättriger Schieferthon; nach EB. FRAAS (Neckarsulm etc. 1892 S. 16) mit sandigen Kalkconcretionen zwischen Schieferthonen mit *Anodonta lettica* und plattigen Estherienbänken der Sandsteinzone (Roigheim) und zwischen einer festen sandigen Kalkbank und hangendem Steinmergel (Kochendorf).

5. Rhät von Goerarp in Schonen (vgl. oben HAUSMANN etc.). Zur Trias gehört auch noch das von SACH von New South Wales erwähnte Vorkommen.

6. Lias. Abgesehen von Vorkommen aus dem Lias von Witby (vgl. YOUNG l. c. S. 21), l. c. gleichen Schichten von Goslar, welchen auch wohl die zerstreut erwähnten Vorkommen von Göttingen und Hildesheim zuzuordnen sind, interessiren hier besonders die zahlreicheren süddeutschen Funde. a) Bayerische von Banz (vgl. das Profil von THEODORI in v. GÜMBELS fränk. Alb S. 545, Nr. 10 an der Grenze vom oberen und unteren Lias in der „Schieferthon-Sohle mit schaligem Thoneisenstein und Septarien, ohne Petrefakten. b) Württembergische<sup>2)</sup> Vorkommen im Lias  $\alpha$  bei Wasseralfingen, Hütt-

<sup>1)</sup> Wir sehen hierbei ab von den vielen im Cambrium, Devon und besonders Carbon von England und Nordamerika erwähnten Fundorten von „cone-in-cone-structure“ bemerken aber, dass uns auch ein Exemplar eines conisirten (aus der Münch. geol. pal. Staatssamml.) aus „Ironstone“ Staffordshire vorlag, dem wir (vgl. Cap. III Schluss) die genaue Kenntnis einer wichtigen Einzelheit verdanken (Taf. II Fig. 12). Gewisse norddeutsche Vorkommen werden eigens behandelt.

<sup>2)</sup> Vgl. auch ENGEL, Geogn. Führer d. Württemberg: Nagelkalk in dem Schwaichel über der Bank mit *A. psilonotus*; ENGEL erwähnt auch S. 112 Nagelkalk im Lias  $\epsilon$  bei Reutlingen und Waldstetten.



lingen unter dem Angulaten-Sandstein nach O. FRAAS 1871 Blatt Aalen; bei Tübingen nach QUENSTEDT (Jura S. 40 etc.): Nagelkalk als mehrere Zoll dicke, plattige Einlagerung über Thon mit sandigen Platten und unter thonigen Kalken mit marinen Petrefacten; nach Eb. FRAAS Blatt Böblingen 1896 S. 34 über und unter der Pylonotenbank, mit dunkeln rostigen Thonen, Blatt Kirchheim 1898 in dunkeln Thonen über der Bank mit *Cidarites psilonoti* QNST. Vorkommen im Lias  $\beta$ , nach QUENSTEDT Blatt Balingen etc. S. 27 auf Belemniten (!); nach Eb. FRAAS Blatt Kirchheim als dünne Lagen in dunkeln gleichmässigen Thonen mit geodenförmigen Kalkbänkchen. In die Reihe dieser Vorkommen gehören die mir aus der kgl. Staatssammlung von München und dem kgl. Naturalien cabinet von Stuttgart zur Verfügung gestellten Exemplare von Hohenheim, Kemnath und Sindelfingen (Lias  $\beta$ , Turner-Schichten).

7. Br. Jura. Berühmt ist das Vorkommen von Balingen (Frommern) in Württemberg (vgl. QUENSTEDT Blatt Balingen S. 30 und Mineralogie S. 497. „Sie liegen wie Brodläibe im Schiefer, bestehen aus zwei Lagen, worauf die Köpfe der Nägel in der mannigfaltigsten Grösse hervorstehen“ (br. Jura  $\alpha$ , Torulosus-Schicht). Hieher gehören die mir von Prof. Dr. Eb. FRAAS zur Verfügung gestellten Vorkommen von Boll, Dettingen, Metzingen und Frickehausen (Eb. FRAAS, Blatt Kirchheim S. 24).

ENGEL erwähnt den Nagelkalk (l. c. S. 128 und 130) in der unteren Hälfte der Bank mit *Lucina plana*.

An dieser Stelle sind auch die von A. CAMERON, Geol. Mag. 1892 S. 68 mit ihren Kegelgrundflächen an den Oxford Clay angrenzenden Dutenschichten der Kellaway Beds bei Bedford zu erwähnen; sie stellen Erhärtungen eines sandigen Mergels dar.

8. Wealden der Isle of Wight nach GRESLEY. Hier ist noch das von DAINTREE, Quarterly Journal Vol. XXVIII. 1872 erwähnte und analysirte Vorkommen aus der kohlenführenden Kreide von Queensland zu erwähnen; desgleichen verschiedene Vorkommen aus dem Karpathensandsteingebiete der Umgegend von Teschen, welche HOHENEGGER als isolirte Funde<sup>1)</sup> aufführt.

9. Ober-Oligocän (basaltische Stufe der Braunkohlenablagerung von Böhmen (Kolosruker Berg, Spitalberg bei Kutschlin, im Trappmergel bei Auperschin unweit Teplitz, vgl. A. E. REUSS 1840 S. 150 Bd. 1. Geogn. Skizzen aus Böhmen).

### Cap. III. Makroskopische Untersuchung des vorhandenen Materials.

Wir wenden uns zunächst zu dem die Struktur in grossen Zügen aufweisenden Exemplar aus dem Carbon von Krzeszowice bei Krakau, welchem in mancher Beziehung ähnliche Verhältnisse zeigende Exemplare von Reichenbach (Rheinpfalz) zur Seite stehen.

Es ist ein grosser, 0,22 m langer, 0,13–0,23 m breiter und 0,15 m hoher Klotz eines mittelgrauen Kalkmergels, welchen ich in vier Stücke der Breite nach, ein dickeres Stück ausserdem der Länge nach, zersägte, so dass eine grössere Anzahl von Anschliffflächen vorliegen, welche ein übersichtliches Bild des inneren Zusammenhanges darbieten (vgl. bzw. Taf. II. Fig. 2 und 3; Taf. III. Fig. 1–4 und Taf. IV Fig. 1–4).

Die Schichtorientirung des isolirten Blocks ergibt sich durch eine anhängende Partie mit glimmerführenden, thonig-sandigen und thonigen Schichtchen, welche wieder durch Mergelpartien getrennt sind; sie sind nicht zu bezweifelndes Sediment. Im Innern des Gesteins erkennt man das winkelige Zickzack der Thoneinschaltungen der Dutenstruktur, deren Winkelhalbirungslinien auf jenen anhängenden Schichttheilen im Grossen und Ganzen senkrecht stehen.

Das Auffälligste daran sind die den erwähnten Schichttheilen zugewandten „winkligen“ Theile der Thoneinschaltungen, welche in diesen Scheiteln oder „Rücken“ am dicksten sind; man sieht in der fortlaufenden Reihe der Durchschnitte Taf. II Fig. 2, 3 und Taf. III Fig. 1, 2 zwei seitlich gelegene Säulen

<sup>1)</sup> Möglicherweise gehören diese Brocken als grössere Einschlussfindlinge von älteren Gesteinen (Carbon?) in das Eocän, wie das für andere Gesteine von HOHENEGGER ausdrücklich erwähnt wird.

übereinandergestülpter Winkel; die in der Mitte dazwischen liegenden spitzwinkligen Partien der Thoneinschaltungen sind auch nach der anderen Seite senkrecht ineinander gesteckt, nehmen aber sehr stark an Dicke ab und zeigen an den *entgegengesetzten* Scheiteln nicht die auffällige Winkelscheitel-Verbindung von hüben nach drüben, wie oben aussen. Es ist ein grosser Gegensatz zwischen diesen unteren und den äusseren Winkeln; alle nach der einen Seite gerichteten Bildungen sind indessen einander gleich, ebenso alle nach der anderen Seite. Man erkennt sofort, dass die an zweiter Stelle beschriebenen Durchschnitte den „Duten oder Kegeln“ entsprechen, deren Spitzen nach *Young* entgegen den Ausführungen früherer Autoren durchgängig nach einer Seite gerichtet sind, was in dieser Einschränkung von anderen Autoren und dem übrigen vorliegenden Material völlig bestätigt wird. Wir haben die Figuren mit den Kegelspitzen nach unten orientirt, obwohl auch die umgekehrte Orientirung möglich und nicht selten ist (vgl. unten).<sup>1)</sup>

Was nun die Thoneinschaltungen betrifft, so ist sehr bemerkenswerth, dass die Schenkel sich gradweise nach oben aussen an Dicke steigern und an vielen Stellen von einem Schenkel weg continuirlich über den Scheitelpunkt hinübersetzen; es hat dabei durchaus nicht den Anschein, als ob Thonschenkel der einen Seite nur zufällig mit solchen der anderen Seite zu einem Scheitel zusammentreffen (wie dies nach *COLE'S* Ansicht der Fall wäre), obwohl es auch ganz einseitig liegende Schenkel (besonders auf der rechten Seite der Durchschnitte vgl. unten) gibt; es ist vielmehr zweifellos, dass der Scheitel und die anliegenden Schenkel der Thoneinschaltungen einem einheitlichen im Rücken am höchsten gesteigerten Process ihre Entstehung verdanken.

Schon auf den ersten Blick zeigt sich eine allgemeine Aehnlichkeit auf beiden Seiten der vier Figuren; zuerst darin, dass auf der einen Seite die winkligen Rücken vorwiegen, auf der anderen die fast ganz einseitigen Schenkel und dass diese hier auf derselben Hälfte liegen, wo auf der linken Seite die stärksten Schenkel sich befinden, d. h. auf der rechten Hälfte. Diese Einseitigkeit ist auffällig, wenn man bedenkt, dass die Thonscheiden von ganz getrennten Centren (senkrechten Krystallisationsaxen oder [!] Eruptionskaminen) entstehen oder von daher beeinflusst sein sollen, und dass dabei zwischen den beiden Seiten nicht nur eine Axe (Kamin), sondern sogar zwei und mehrere liegen. — Dies gilt für die Beziehungen der Thonscheiden je im Breitendurchschnitt des Blocks für alle fünf Anschliffe.

Vergleicht man nun die hintereinander liegenden Durchschnitte zur Uebersicht der Beziehungen der einzelnen Thonscheiden durch die ganze Länge des Dutenmergelklotzes, so fallen auf der linken Seite zwei Hauptdutenscheitel auf, welche in gleich bleibender Entfernung von 0,03 m über einander liegen. Nun zeigen sich allerdings kleine Verschiebungen der Stärke und neue Einschübe, aber thatsächlich bleiben doch diese Partien durch die ganze Länge von 22 cm wesentlich die gleichen; wenn man bedenkt, dass nun, nach einem Längsschnitt zu schliessen (Taf. IV Fig. 1), zwischen den beiden äussersten Flächen wohl 12 Kegelsachsen eingeschaltet sind, so ist auch diese Continuität in den Thonscheiden

<sup>1)</sup> Der erwähnte Gegensatz zwischen oben und unten in den Winkeln der neben einander liegenden Vertikalzonen ist nur da so auffällig, wo der Schnitt mitten durch die Axen der Dutensäulen geht; verläuft er erheblich seitlich davon, so zeigt sich ein einfaches Zickzack der Thoneinschaltungen.



doch höchst auffällig. Dies gilt besonders für die Auffassung, dass die Bildungen von völlig getrennten Krystallisationsaxen ausgehen sollen.

Auf der rechten Seite der Figuren zeigt sich etwas Besonderes der gleichen Art; in dem einzig vorhandenen Winkelscheitel zeigt sich gemäss den schon erwähnten einseitig verlaufenden Thonscheiden eine eigenartige Supplementärfortsetzung des einen Schenkels über den Scheitel hinaus; nicht nur, dass dieser Scheitel gegenüber jenen der linken Seite in allen Durchschnitten dieselbe Lage beibehält, sondern es lässt sich auch mit geringen Veränderungen diese Supplementärfortsetzung des rechten Schenkels durch alle Durchschnitte hindurch verfolgen; für diese Seite gilt natürlich das Gleiche, dass nämlich eine grosse Anzahl von axialen „Centren“ der Bildung dazwischen liegen und sich von unten nach oben verdrängen.

Während der eine Umstand auf eine möglichst einheitliche Bildung schliessen lässt, sollte man glauben, dass das andere Moment eine solche auf so grosse Erstreckung gar nicht zulassen könnte; da möchte man eher die Ansicht YOUNGS für möglich halten, dass die Thonlagen gleichzeitigen Thon-Sedimentationsperioden entsprechen und ihre Auf- und Abbiegung fast für eine Faltungswirkung gehalten werden könnte.

Diese Continuität wird noch durch eine weitere höchst eigenartige Thatsache in der Lagerungsstruktur der Thoneinschaltungen erwiesen, zu welcher wir jetzt übergehen. — Die schiefen Seiten der zwischen den Thoneinschaltungen liegenden Kalk- bzw. Mergelpartien sind eigenartig treppenförmig abgesetzt; gemäss den nach aussen und oben gerichteten Flächen dieser Stufen sind nun die Thoneinschaltungen nicht nur gleichlaufend geschichtet, sondern auch der Breite nach in einzelne Packete scharf abgetheilt; in diese Abtheilungsfugen setzen sich die äusseren Spitzen der Kalkstufen oft wechselnd tief fort, so dass man den Eindruck erhält, als ob sie von oben her aus dem Zurückweichen dieser äusseren Spitzen (oder Kanten) entstünden, wonach auch die Lagerung der Thonpackete als Zuwachslagerung auf ein Zurückweichen der oberen Stufenflächen zurückzuführen wäre.<sup>1)</sup>

An den Umbiegungsrücken der Thoneinschaltungen fehlen die Stufen stets, sowie die ihnen entsprechenden Packete und Fugen; die Lagerung ist aber conform mit dem Rücken der darunter liegenden Kalkpartien, wie bei den Thonpacketen und Kalkstufen; der Zuwachs ist ungefähr senkrecht zu der gemeinsamen Trennungsfläche.

Hierbei ist nun ein Umstand besonders hervorzuheben; eine grosse Anzahl besonders der schwächeren Thoneinschaltungen bestehen aus grünlichem, von Eisenoxydul gefärbten Thon (vgl. Cap. VII mit den Analysen des Materials); davon unterscheiden sich eine Anzahl meist etwas dickerer, aber auch einzeln ganz dünner dadurch, dass die Substanz durch Brauneisen tief braun gefärbt sind (vgl. besonders Taf. IV Fig. 2 und 3 vergr.).

Solche braune Partien laufen nicht im Streichen der Lagerung in die grünen hinein, sondern zeigen sich in den grünen Packeten derart vertheilt, dass ihre Einlagerung, durch die Packet-Abtheilungslinien schroff unterbrochen, also

<sup>1)</sup> Ganz das Gleiche zeigt in grösstem Maassstab ein Vorkommen aus den oberen Cuseler Schichten vom Finkenberg bei Reichenbach SO vom Potzberg in der Rheinpfalz (vgl. oben S. 176); sehr deutlich ist auch hier, dass der Stoff der Abtheilungsfugen aus der gleichen Substanz besteht, wie die Matrix und in diese ohne Aenderung oder Unterbrechung übergeht (vgl. unten).

völlig treppenartig den Kalkstufen entsprechend, abgesetzt sind, so dass man an ältere und jüngere Entstehung von einzelnen, für sich gleichzeitigen Lagen denken muss. Da eine Ausscheidung des „Thones“ aus dem Kalkmergel durch einen Krystallisationsvorgang nur als eine sich allmählich nach aussen häufende Verdrängung von nicht „einschlussfähiger“ Substanz gedacht werden kann, welche einen Transport sogar vieler grösserer Glimmerblättchen durch die noch nicht krystallisirte weiche Schlammmasse hindurch nöthig macht, so ist an eine Entstehung einer so regelmässigen Schichtung in der hinausgedrängten Masse mit Erhaltung der an frühere Stadien des Treppenwachsthums sich anschliessenden Stoffunterschiede allein durch Krystallisation nicht zu denken.

Andererseits zeigen die braunen Einschaltungen sich auch seitlich an übereinander einmündenden Thoneinlagerungen noch nach ihrer Vereinigung so schichtenartig vertheilt, als ob sie ungestörte Fortsetzungen der Schenkel vor einer später eingetretenen Verbindung bildeten. Besonders auffällig ist dies an den oberen Thonrücken in Taf. III Fig. 1–2 und Taf. IV Fig. 2 und 3 (vergrössert) links, hier folgen von oben nach unten zuerst eine grüne, dann eine braune, dann wieder eine grüne und braune Lage; sieht man genau zu, so gehört die obere grüne Lage als Scheitel einem seitlich gelegenen Schenkel an (Taf. III Fig. 2), der auch mit seinem anderen Schenkel durchaus grün ist; die darauf folgende braune Lage erscheint als ältere Lage eines darunter liegenden Thonrückens, dessen jüngerer Zuwachs mit treppenartigem Absatz (vgl. oben) aber wieder einheitlich grünlich ist; darauf folgt wieder ein brauner Rücken, dessen einer dicker Schenkel völlig aus braunen Packeten, dessen anderer Schenkel aus grünen besteht; dieser andere Schenkel ist einerseits dünner, andererseits fügt er sich an die äussersten Spitzen der braunen Packete des inneren Schenkels an; der ganze Wechsel erscheint als ein nachträglicher Zusammenschluss ganz verschiedener Thoneinschaltungen von ursprünglich selbständiger Entstehung, der hauptsächlich durch die grüne Substanz besorgt wird.

Dieser Wechsel in der Substanz der Thonlagerung lässt sich nun an der gleichen Stelle durch alle vier Querdurchschnitte auf eine Entfernung von über 22 cm hin und über einer Zahl von schätzungsweise 12 Kegelaxen hinaus in völlig gleicher Weise unter ganz unwesentlichen Veränderungen feststellen. Die oben dargelegte Continuität der Thoneinschaltungen erstreckt sich also auf diese höchst eigenartige Einzelheit, welche die oben angestellten Vermuthungen bestärken müssen; ja sogar die oben erwähnte Einschaltung von braunen Teillagen in grünen Thonpacketen lässt sich an gleichen Thoneinschaltungen auf gleiche Entfernung hin verfolgen.

Was nun die Folge der Thoneinschaltungen übereinander betrifft, so ist zu bemerken, dass, wie dies mit dem Vorhergehenden deutlich ist, die dicksten Thoneinschaltungen sich zusammenschaaeren und oft unmittelbar über einander liegen, während die dünneren Lagen oft weit auseinander stehen; im Uebrigen ist keine besondere Regelmässigkeit zu erkennen.

Desgleichen zeigt der Verlauf der Thoneinschaltungen selbst, abgesehen von dem Erwähnten, keine weiteren Regelmässigkeiten, vielmehr zeigen sie in ihren häufigen Verästelungen den Habitus von Zerspaltungen, welche freilich durch einen gewissen Parallelismus in weiteren Unregelmässigkeiten beschränkt sind.

Wir haben die Axen der Kegel bis jetzt noch nicht besprochen; nach Young sollen die Axen aus einer den Thonzwischenlagen vergleichbaren Masse



bestehen; dies ist nirgends der Fall, da die Thoneinschaltungen zunächst den stets etwas breiteren axialen Räumen sich überall ausserordentlich verfeinern und in ihrer Art völlig endigen. An dem galizischen Exemplar sind die Axen nicht so breit wie an einem württembergischen (vgl. Taf. IV Fig. 5) und die Durchschnitte gehen daher leicht aus der Axenlinie hinaus. Das Durchschleifen der Axe zeigt an beiden Vorkommen, dass hier überall, wo die Thonlagen sich in leichtem Bogen nach unten hinab und andererseits ohne Unterbrechung wieder hinaufziehen, der Schliff ausserhalb der Axe verläuft (vgl. S. 178 Anm.) und dass das Maass der Einbiegung sich um so mehr verringert, je mehr man sich von der Axe entfernt; es geht dann der Schliff durch den kegelartig gekrümmten Thon-Mantel.

Geht der Schliff aber wirklich durch die Axe, so zeigen die sehr verfeinerten Thoneinschaltungen ein plötzliches Abbrechen und zwar an einer meist höchst eigenartigen, meist recht regelmässigen Querbänderung, Taf. III Fig. 4 vergrössert. Das erwähnte württembergische Exemplar mit Axen (vgl. auch die schottischen Vorkommen nach Young) zeigt das gleiche Auslaufen der sehr feinen Thonscheiden etwa auf dem gedachten Mantel einer cylindrischen Axe, die ohne Querbänder aus einem gleichmässigen Mergel und **nicht** aus Thonsubstanz besteht.

Die Querbänderung des wechselnd breiten Axenraumes ist also bei dem galizischen Exemplar eine wichtige Zufälligkeit. Dies geht auch daraus hervor, dass solche Bänder auch in den Axenzwischenräumen unter den Thonrücken, schwächer und scheinbar weiter auseinandergerückt, auftreten. Da sind besonders (Taf. III Fig. 1, 2, Taf. IV Fig. 1) zwei stärkere, dicht aneinander gerückte dunkle Streifen an der Grenze des unteren Drittels und 21 mm darüber noch ein dickerer auffällig; zwischen beiden zähle ich 14 schwächere in wechselnder, unter ihnen ca. 15 in abnehmender Deutlichkeit und zunehmender Breite, über dem Ganzen noch ca. 10 bis zum Beginn des oberen Drittels; an der oberen Grenze zeigen sich zwei dickere helle Bänder, von welchen das obere noch fein gestreift ist (vgl. Taf. IV Fig. 4, etwas vergrössert).

Diese eigenartige Streifung zeigt sich in völlig gleicher Vertheilung in der Stärke und Gruppierung in allen den Thonrücken entsprechenden Zwischenräumen, auf allen vier Breite-Schliffflächen und den beiden Längs-Schliffflächen senkrecht dazu ohne die geringste Aenderung. Da sie in den verschiedensten Lagebeziehungen zur Struktur der Räume zwischen den Axen steht, muss sie dem Gestein als ursprünglich zugehörig betrachtet werden. Es ist ganz undenkbar, dass die Bandstreifen mit den feinen Unterschieden und Kennzeichen bezüglich ihrer Zahl, Stärke und Gruppierung in völlig gleicher einheitlicher Weise diesseits und jenseits der zahllosen Thonunterbrechungen selbständig von einander entstanden sind;<sup>1)</sup> dies wird noch durch weitere im Nachstehenden besprochene Thatsachen zur völligen Gewissheit erhoben.

Wie verhält sich nun diese Bänderung in den axialen Räumen? Fast überall, wo man ganz axiale Anschnitte hat, erkennt man, dass diese Bänder in einer eigenthümlichen Aufbiegung in die Axenräume hinüber und dort in

<sup>1)</sup> v. GÜMBEL erwähnt (Geogn. Beschreib. der fränkischen Alb S. 89) in den anderorts an Dutenconcretionen reichen Mergeln des Opalinusthones bei stärkerem Kalkgehalt eine nicht scharf getrennte, schichtweise Anordnung wechselnd dunkler und heller Streifen von sogar nur 0.028 mm Dicke (vgl. auch unter Cap. VI Ueber die mikroskopische Untersuchung und Cap. VII Schluss).

die schon erwähnte Bänderung der Axe (Taf. III Fig. 1, Taf. IV Fig. 1) fortsetzen, so dass deren Querbänder als Theile einer allgemeinen Gesteinsbänderung anzusehen sind; demnach müssten die zahlreicheren axialen Bänder auch ursprünglich in den interaxialen Räumen existirt haben; in der That findet man bei genauem Zusehen an vielen Stellen die Spuren davon, dass auch hier die Bänderung eine viel dichtere war und nur die oben aufgezählten, zum Theil schon schattenhaften Bänder, noch besser erhalten sind. Daraus folgert, dass die Bänderung in den Axen sich in ursprünglicherem Zustande erhalten hat, als ausnahmslos seitlich davon; so sind dort die dunkeln Querstreifen auch an Stellen zu sehen, wo ausserhalb der Axe fast jede Bänderung verschwunden ist. Man muss natürlich hierbei die mittleren Regionen je in den Axen und Zwischenaxenräumen vergleichen; an der Grenzzone beider, wo die Thoneinschaltungen sich aneinanderscharen, werden häufig die Bänderabschnitte dadurch noch undeutlicher als in den Zwischenaxenräumen; da wo dies weniger der Fall, ist bemerkt man ganz normale Steigerung von geringerer zu grösserer Stärke.

Wie verhält es sich nun des Näheren mit der höchst bemerkenswerthen Aufbiegung der Bänder innerhalb der Axenräume?

Dadurch, dass zunächst den Axen, wie erwähnt, die sehr verfeinerten Thonscheiden in grosser Anzahl dicht gedrängt auslaufen und an den helleren (grauen) Zwischenbändern zwischen den dunkeln ihr Ende finden (vgl. Taf. III Fig. 4), dadurch ist auch die Art der Aufbiegung der Bänder nicht so deutlich, dass sie hier leicht dargelegt werden könnte; dies ist leichter in den seitlichen oberen und äusseren Theilen der Kegelduten zu erkennen, wo wir auch die nämliche axiale Aufbiegung an verschiedensten Stellen bemerken.

Man sieht hier nun mit aller Klarheit — und man überzeugt sich leicht, dass der Vorgang überall derselbe ist —, dass an jeder Thonscheide der schwarze Streifen eine scharfe Unterbrechung erfährt, dass er unverändert horizontal daran abstösst, jenseits derselben nach der Axe zu aber in höherem Niveau horizontal wieder beginnt und so regelmässig treppenartig aufsteigt. Die Sprunghöhe dieser verschobenen Theilstücke nimmt zu mit der Dicke der eingeschalteten Thonlagen; ich habe sie an besonders markanten Streifen bis zu 4 mm bei beinahe 2,5 mm Scheidendicke (1 zur Lagerung) gemessen; durch eine Anzahl eng aneinander liegender Thoneinschaltungen wird öfters die gleiche Sprunghöhe verursacht. Die Gesamtsprunghöhe zwischen der tiefsten und höchsten Stelle, den ein solcher Streifen erreicht, beträgt zwischen 12 und 18 mm diesseits und jenseits der Hauptkegel gemessen.

Wo also — wie zunächst den Axen — viele feine Thoneinlagerungen die Streifen durchkreuzen, da lassen sich zwar die Unterbrechungen noch nachweisen, die geringe Sprunghöhe erzeugt aber den Eindruck einer einfachen Aufbiegung nach der Axe oder einer Absenkung nach den Räumen zwischen den Axen.

Auch dieses Verhalten lässt sich an den aufeinander senkrechten Längs- und Querschliffen des Gesteins von der unteren bis zur oberen Grenze des Brockens völlig gleichartig beobachten; da es nun hier in allen Kegel- und Zwischenkegelräumen je nach verschiedenster Breite und Höhe (bezw. Tiefe) verschieden stark, aber gleichförmig auftritt, so kann es nicht etwa als Folge irgend einer blos zufälligen seitlichen Bewegung längs der Thon-Dutenscheiden, diese als schiefe Ebenen aufgefasst, betrachtet werden, sondern nur, da auch irgend welche andere Ursachen nicht vorliegen, als Folge einer mit der Entstehung der Thon-Duten verbundenen



Vertikalbewegung. Hierbei ist noch Folgendes als höchst bemerkenswerth zur Ergänzung hinzuzufügen, dass nämlich die Bänder auch im Innern der Zwischenaxenräume stellenweise einen unregelmässig zitterigen Verlauf haben und diese Unregelmässigkeiten sich an viel geringer dicke, zickzackartige Linien anschliessen, welche in grösserer Feinheit, aber den Hauptthoneinschlaltungen wohl vergleichbar, die Mergelmasse durchsetzen, so dass einem nach oben gerichteten minutiösen Winkelscheitel stets eine minutiöse Einsenkung, einem nach oben geöffneten Winkel eine relative Erhöhung entspricht; dies gilt aber nicht für die noch feinere „Zickzackstruktur“ des Ganzen.

Diese Beobachtung ist nun keine isolirte, sondern lässt sich vor Allem aus der Litteratur als eine verbreitetere erkennen: GRESLEY bildet (Quarterly Journal 1894 Taf. XXXVI Fig. 15) eine Partie aus einem Dutenmergel mit Querstreifen ab, wobei in der Tafelerklärung gar zu kurz das Auftreten von „faults“ erwähnt wird. Hier erscheint die Bänderung innerhalb eines Kegels nach aussen vorgedrängt, ganz wie bei unseren Exemplaren; es ist daselbst aber nicht ausdrücklich gesagt, ob die Erscheinung nur als eine zufällige sekundäre wie bei Fig. 16 Taf. XXXVI l. c. oder als Folge der Dutenbildung betrachtet wird. In Fig. 5 Taf. XXXV stellt GRESLEY weiterhin dar, dass ein thoniges Schichtband beim Horizontaldurchstreichen durch einen mit Duten dicht besetzten Gesteinskuchen breiter wird; auch diese — wenigstens die scheinbare Erweiterung des Bandes in der Richtung der Spitzen — möchte ich auf den gleichen Process zurückführen, dass nämlich durch die dichte Kegelbildung das Band vielfach unterbrochen und die Theilstücke vertikal von einander entfernt sind, daher die oberen und unteren Grenzen der Bänderzone scheinbar auseinander gerückt ein breiteres Band darstellen.<sup>1)</sup>

Diese höchst seltsamen Thatfachen hängen also mit der Dutenbildung engstens zusammen und verlangen eine entsprechende Erklärung; jedenfalls ist die Bänderung, nach Allem zu schliessen, eine mit dem ersten Absatz der Schicht gebildete Struktur, welche durch die Duten-Hauptstruktur die erwähnten erstaunlichen Unterbrechungen erst nachher erfahren hat.

Wir kommen nun zu der Erörterung der zum Theil kleineren mit unbewaffnetem Auge und mit Hilfe der Lupe zu untersuchenden Einzelheiten des galizischen Vorkommens.

Der Winkel der Thonrücken ist ein wechselnder zwischen 120 und 60°, ersteres, mehr vereinzelt Auftreten, zeigt sich blos in den dicken oberen Einschaltungen;<sup>2)</sup> in den mittleren und unteren ist hingegen der letztere Winkel besonders häufig, ja geradezu herrschend. Merkwürdig ist, dass die Spitze der äusseren, oberen Grenze des Rückens häufig scharf winkelig ist, die innere viel häufiger breit abgeplattet oder gerundet auftritt; es hängt damit wohl das etwas zusammen, dass auch die äussere Fläche der Thonscheide (an der Grenze gegen die an- und darüberliegenden Mergelrücken) stets glatt ist. An dem vorliegenden galizischen Exemplar biegen fast alle Thonlagen gegen die Axe zu bemerkbar steiler ein, biegen sich also nach unten zu in die Vertikale d. i. zur Axe ein. Dies zeigt auch die photo-

<sup>1)</sup> Wenn hier zwar, wie die Zeichnung den Anschein lässt, auch die obere äussere Grenze des eingeschlossenen Bandes innerhalb der Dutenschicht erhoben wäre, so könnte auch an ein während der Bildung der Concretion stattfindendes Hinaustreiben in der Richtung der stärksten Verdickung der Dutenschicht gedacht werden (vgl. S. 201). Vom höchsten Interesse wäre die Detaillirung der Nebenerscheinungen dieser Thatfache bei dem amerikanischen Vorkommen gewesen.

<sup>2)</sup> 50—60° sind auch in anderen Vorkommen herrschend.

graphische Abbildung bei YOUNG und andere Darstellungen von GRESLEY. Ausser den oben erwähnten einseitigen Verbindungen nahe liegender, gleichlaufender Thonscheiden von der Fläche her, welche zum Theil nach ihrer glatten Aussenseite mit verschiedenen Packeten der rückwärtigen Thonscheiden verwachsen, zum Theil wie Abzweigungen aussehen, die der einen der Thonscheiden (bezw. deren Packeten) auch einen Theil ihrer Dicke nehmen, gibt es auch Verbindungen tieferer Scheiden mit dem Gegenschkel köherer; diese finden meist nach den inneren (oberen) Ecken der Thonpackete dieser Schenkel statt und erscheinen auch oft wie Abzweigungen dieser. Sehr häufig sind die Verbindungen übereinanderliegender Thonrücken durch Supplementärfortsetzungen eines Schenkels nach dem Gegenschkel der höheren und zwar in zusammenhängender Kettenfolge stets durch alternirende Supplementärfortsetzungen. Gleiches zeigt der nach YOUNG copirte Abschnitt einer photographischen Nachbildung in Taf. II Fig. 11. Dies hat damit seinen Zusammenhang, dass die Thonrücken in ihren Schenkeln selten gleichseitig sind, sondern fast stets etwas einseitig, so dass auch schon hierbei sich öfters ein Alternieren in der Stärke bemerkbar macht.

Gemäss der erwähnten Einseitigkeit der Thoneinschaltungen ist noch zu erwähnen, dass sie häufig nach oben und unten gleichmässig an Dicke abnehmen; hierbei nehmen die Thonpackete an Breite ebenso zu, wie überhaupt die dünnen Thoneinschaltungen die schmälere und kürzere Packete besitzen, während alle breiteren auch dickere und breitere Packete aufweisen.

Abgesehen von einer ganz schwachen Verbreiterung ist im Querschnitt nun nichts davon zu sehen, dass aus den schmälere Packeten wirklich im Verlaufe des vertikal zur Lagerung stattfindenden Wachstums breitere werden; betrachtet man jedoch die Kalkkegelflächen selbst, so erscheinen die Treppenabsätze als lang hingezogene treppenartige Runzeln, und man erkennt, dass aus den breiteren im Verlaufe der Horizontalerstreckung dieser Runzeln durch Einschaltung neuer Treppen schmälere Runzeln entstehen und zwar meist auf der ganzen Fläche längs einer bestimmten, meist etwas kantig vorragenden Radiallinie des Kegelmantels.

Jedenfalls besteht also ein Zusammenhang zwischen breiten Treppen (bezw. Thonpacketen) und dicken Thonlagen oder schmalen Runzeln und dünnen Thonlagen. Die Thonlagen sind mit der mehr horizontalen Fläche der Stufen innig verwachsen, während sie von der steilen Fläche, welche vertikal gestreift ist, sich glatt ablösen (vgl. Taf. III Fig. 6).

Bezüglich der Thonpackete haben wir noch nachzutragen, dass sie bei unserem Exemplare schon bei grösster Feinheit der Thonschichten zu beobachten sind und dass schon hier die Externkanten der Mergelstufen sehr häufig in diese ganz schmalen Fugen zwischen den Packeten in öfters grösserer Erstreckung hineinragen; so zeigen sich in der Trennungsfuge noch deutliche Spuren des Mergels (vgl. oben S. 179). Dies erinnert daran, dass bei unserem württembergischen Exemplar (Taf. IV Fig. 5, 6, Taf. II Fig. 4) die Externkanten meist noch sehr nahe an die glatte Innenseite der nächst höheren Mergelschenkelstücke heranreichen und keine Fugen in dem Thon zu sehen sind, also die Entstehung der Fugen auf ein Zurückweichen dieser Kanten vergleichend genetisch zurückgeführt werden könnte, obwohl wir hier Uebergänge dazu nicht haben. Auch GRESLEY's Exemplare zeigen davon etwas (vgl. l. c. 1894 Taf. XXXVI Fig. 14); sowohl zeigt sich die Abtheilung in Packeten, als auch die Lagerung des Thones;



GRESLEY hält dies für ein „abnormal development“, was nach unseren Exemplaren zu schliessen nicht aufrecht zu halten ist; er ist eine wesentliche, die Wachstumsart der Thonscheiden deutlich kennzeichnende Struktur von weiter Verbreitung und scharfer Ausprägung. Schöne Exemplare vom Finkenberg bei Reichenbach (vgl. oben S. 179 Anm.) zeigen die Thonscheiden in dreifacher Grösse und Breite mit eben so scharfer Trennung der Packete durch eine dem Mergel ganz entsprechende Masse; auch bezüglich der Verschmelzungen zeigen sich sehr ähnliche Erscheinungen.

Ebenso scharf mit blossem Auge, sowie mit der Lupe zu beobachten ist die Thatsache, dass die im Allgemeinen vertikal stehenden Säulchen der feineren Zickzackstruktur auf die stärkeren schiefen Thoneinschaltungen aufstossen und von deren Unterflächen angeschnitten werden; wie dies im Einzelnen und Kleinen durchgängig geschieht, das zeigt Taf. III Fig. 3 Taf. IV Fig. 2 und 3; es sind also die horizontalen Grenzlinien der Thonpackete, welche die Zickzack-Strukturlinien abstützen und förmlich ausnagen; dabei sind die zwischen den Enden benachbarter Packete liegenden Strukturlinien etwas verstärkt.

Im Innern der von den grossen, winkeligen Thoneinschaltungen begrenzten, gleichartig winkeligen Mergelabschnitte zeigen sich, wie erwähnt, schwächere, welche zum Theil den ersteren gleichlaufen und hier hauptsächlich eine hellgrau-grüne Farbe haben; daneben zeigen sich aber auch an Stärke noch mehr abnehmende Streifen von fein gezeichnetem, im Allgemeinen ziemlich gleich- und unregelmässigen zickzackartigen Verlauf, der zwar häufig sowohl selbst etwas einseitig unregelmässig ist, andererseits auch von nur etwas stärkeren Linien unregelmässig durchbrochen und wirr gemacht wird.

Zu bemerken ist, dass der Winkel dieses Zickzack durch das ganze Gestein sich ziemlich gleichbleibt und deutlich spitzer ist, als der Winkel besonders der grösseren Thonscheiden, der viel wechselnder und überwiegend ein stumpfer ist (vgl. oben). Dies und die Thatsache, dass die Schenkelstücke der Thonscheiden keinen gradlinigen Verlauf haben, schliesst schon ein, dass, wie es thatsächlich ist, die Winkelschenkel beider durchaus nicht in ihrem Verlauf übereinstimmen, sondern ihre Richtungen sich in verschiedenen spitzen Winkeln durchkreuzen.

Die feinste Zickzackstruktur geht ohne jede Aenderung ihrer selbst durch die erwähnten dunkeln Horizontalstreifen hindurch, ist aber in den Axenräumen selbst nicht zu erkennen; besonders ist zu betonen, dass in den nach unten gerichteten Spitzen, auch wenn sie säulenartig in einander gesteckt scheinen, auch nichts den Kegeln vergleichbares zu beobachten ist. Diese feine Struktur stimmt daher mit der Hauptstruktur nur bezüglich der Thonscheiden in deren oberen Winkeln, hat aber mit der Struktur der Kegelsäulen selbst nicht das Geringste gemeinsam. Wir haben schon oben erwähnt, dass innerhalb dieser Winkelstruktur in den Zwischenaxenräumen einzelne der Hauptstruktur vergleichbare, aber feinere Winkelscheiden die Bänderung in minutiösem Grade der Art unterbrochen, dass stets einem nach oben gerichteten Winkelscheitel eine Senkung, einer nach oben gerichteten Winkelöffnung eine relative Erhebung zukommt, die Bänderung erhält dadurch vereinzelt einen welligen Verlauf.

Während feinste Zickzackstruktur ausser den Axen alle Bänder durchsetzt, sieht man sie innerhalb der Axen nur in grösster Feinheit in den helleren Bändern auslaufen; in den dunkeln Bändern ist durchaus nichts davon zu bemerken.

Für das galizische Exemplar haben wir ergänzend hinzuzufügen, dass die

Axen hier an allen Stellen in ganz feine recht gleichmässig dünne Streifen auslaufen, welche die oben beschriebenen Querstreifen noch in grösster Schärfe aufweisen.

Wir haben oben erwähnt, wie die Thoneinschaltungen auf weite Strecken über eine grössere Anzahl von Kegelaxen hinaus annähernd gleich bleiben und sehr bemerkenswerthe Einzelheiten so wiederholen, dass die Continuität der Entstehung ohne Zweifel ist. Aehnlich, wie mit den Thonlagen, ist es auch mit den Runzeln der kalkigen bzw. mergeligen Lagen in den Zwischaxenregionen. Ein interessantes Stück von Hohenheim (Taf. III Fig. 5) zeigt scheinbar eine reine Nagelkalkoberfläche mit vielen flachen Vorragungen von Kegelgrundflächen; an einer Seite zeigt das Stück einen Theil einer flach-trichterartigen Einsenkung, welche von ihrem ersten Beginn mit einer grossen Anzahl treppenförmiger Absätze bedeckt ist, deren steile Seite stark vertikal gestreift ist. Reste von Thon beweisen, dass man es hier mit der Oberfläche eines gerunzelten Kalkdutenrichters zu thun hat, dessen Wände total von der Neigung der Kegelwände im Innern abweichen. Bemerkenswerth ist, dass die Treppen gänzlich ohne Rücksicht auf die vorhandenen kleineren Kegel über die Oberfläche ziehen und deren aufragende Grundflächen in mannigfacher Weise überschneiden. Es ist natürlich undenkbar, dass die Entstehungszeit der vielen kleinen typischen Kegel und die der Runzeln auf dem flachen grossen Kegeltrichter die gleiche ist; letzterer konnte erst nach völligem Abschluss der ersteren entstehen. Die Ausbildung der Runzeln des grossen Trichters ist nicht mit der Entstehung der Hauptmasse mit ihren zahllosen kleinen Kegeln, sondern an ihr zu verstehen, muss also zeitlich ganz verschiedenen Ursachen zugeschrieben werden, zumal sie zu der makroskopisch schon sehr deutlichen Struktur gar keine Beziehungen zeigt; es sind das also verschiedene, der Zeit nach scharf von einander getrennte Perioden der Dutenbildung an einer sonst einheitlichen Masse.

Zu völlig gleichen Bemerkungen gibt die in Taf. III Fig. 6 dargestellte Runzel-Oberfläche eines Kalkabschnitts eines Dutenkuchen von Effeldorf in Bayern Anlass. Die Runzelung, welche auf einer Seite stark ist, theilt sich auf der anderen längs einer deutlichen Einsenkung durch Gabelung und Einschaltung in kleine Runzeln; die auf einen Längsschliff || dieser Fläche erscheinenden sieben Kegel sind ziemlich gleichmässig auf diese Länge vertheilt und ihre Struktur zeigt sich ohne jede Beziehung zu den Runzeln; die Kegelbasen treten nicht, wie im vorigen Falle, an der Runzeloberfläche hervor; man erhält völlig den Eindruck, als ob die innere Struktur durch die Runzeloberfläche scharf angeschnitten wäre, also auch hier ein Zeitunterschied der Entstehungen vorläge. Weder zeigt die Struktur, dass sie auf eine Gestaltung der Treppenstufen hinarbeitet, noch zeigen die Treppen irgend etwas, was die Struktur beeinflusst hätte, kurz alles das deutet auf völlige Härte einer schon vorhandenen Masse mit Duten-Struktur bei der Entstehung der grossen Runzelfläche hin.

Ein Exemplar aus den Odenbacher Schichten der Mordkammerhütte am Donnersberg zeigt gewisse aussergewöhnliche Verhältnisse; er hat weder im Innern, noch aus der Oberfläche vortretende eigentliche Kegel und Kegelaxen; dagegen liegt hier der Anhaltspunkt in den Zwischenaxenregionen, welche als Hauptmerkmal deutlich die im Querschnitt nach den Mittelaxen culminirenden und auch gleichmässig hinüberziehenden Thoneinschaltungen mit Runzeln einer anliegenden Kalkfläche sehr deutlich aufweisen; die Kalkflächen dieser Thon-



einschaltungen biegen sich nur schwach zur Andeutung der Bildung von Kegelaxen nach der entgegengesetzten Seite ab; bemerkenswerth ist, dass bei solcher Orientirung die Rünzelung auf der äusseren Seite der Thoneinschaltung liegt.<sup>1)</sup>

Die Dutenschicht ist in diesem Falle ein Kalksinter mit vertikal faseriger Struktur und scharfer Querbänderung; auch hier zeigen sich Dislokationen in der Bänderung, welchen auch ähnliche Erhöhungen und Vertiefungen auf der Schichtoberfläche entsprechen. Eine gewisse Stelle ist besonders deswegen interessant, weil sie die Vertiefung etc. nur an einer Schichtfläche zeigt; während die den Kegelaxen entsprechenden Theile continuirlich über die mit Thoneinschaltungen versehenen Mittelregionen zu einer gemeinsamen glatten Schichtfläche zusammenstossen, erheben sich an der Gegenseite der Schicht die Mittelräume, entsprechend der inneren Dislokation, über die Oberfläche; es scheint also daraus zu folgern, dass die den Kegelaxen entsprechende Partien die nicht bewegten sind, dagegen die den Mittelregionen angehörigen in Richtung der Kegelspitze hinausgetrieben bzw. gesenkt wären.

Ein weiteres rheinpfälzisches Vorkommen aus den Alsenzschichten in der Umgegend von Ober-Moschel zeigt einen quer zur Schichtung fein gefaserten Kalk mit unvollkommener Dutenstruktur; dieser sinterartige Kalk ist ungefähr horizontal zersprengt, was aber der Spaltbarkeit nach in auf- und abgehenden Linien erfolgte; an diesen haben bedeutende Ausnagungen stattgefunden, und es ist sehr bemerkenswerth, dass hier die Auflösung nach der Horizontale (quer zur Faserung) eine bedeutende Rolle spielt; es werden nicht nur die schiefen Sprungflächen horizontal abgestuft, sondern auch da, wo, wie in dichten Kalken die Auflösung selbständig, netzförmig das Gestein kanalisirend, fortschreitet (vgl. Geogn. Jahreshfte 1901. S. 67, 35 Taf. V Fig. 7); die Fugen sind mit Thoneisenstein ausgefüllt; wie eine Zersprengung sehen auch hier die senkrecht übereinander liegenden, unvollkommen trichterförmigen Einsenkungen aus, welche die Dutenstruktur nachahmen, ihr freilich nicht ganz gleichgebildet sind, aber einen Hinweis auf ihre Entstehung enthalten. Neue, während des Druckes dieser Abhandlung von mir gemachte Funde in den Thoneisenstein führenden Schiefen der Lebacher Schichten zwischen Lebach und Tholey, desgleichen aus den oberen Cuseler Schichten zwischen Reuschbach und Reichenbach südlich vom Potzberg in der Rheinpfalz, können hier, bei erst vereinzelter Präparation der verschiedenartigen Auftreten, nicht in vollem Umfang in Betracht kommen. Wichtig aber ist, auszusprechen, dass alle Vorkommen die von dem galizischen Exemplar beschriebenen Dislokationen der auch hier vorhandenen horizontalen Bänderung durch die Thonlagen in schärfster Deutlichkeit aufweisen, wie besonders die Lebacher Vorkommen auch eine gleichsinnige Dislokationserscheinung an den Horizontalrünzeln, welche unten S. 188—189 von einem Musterexemplar von

<sup>1)</sup> Entweder sind hier die Rünzeln auf der äusseren Seite der Thoneinschaltung d. h. auf der inneren, unteren der Mergellagen oder es ist die Orientirung umgekehrt anzunehmen, dann liegen die Hauptthoneinschaltungen in den Kegelaxen, sind da am stärksten und fehlen in den Zwischenaxen. Das weiter unten ausgesprochene Resultat, dass hier die den Kegelaxen entsprechenden Partien nicht bewegt seien, würde hierdurch nicht wesentlich verändert, indem mit den Zwischenaxen auch noch die untere Region der Kegelaxen sich senkte, daher stellenweise die unten sehr unruhige Oberfläche dennoch keine Vorragungen zeigt. Die Thatsache der Dislocationen bleibt bestehen.

Staffordshire beschrieben wird, deutlichst zur Schau bringen. Im Uebrigen verlangen die Lebacher Funde eine gesonderte Behandlung, welche sowohl in der Art der Krystallisation, andererseits auch darin begründet ist, dass von sechs recht verschiedenen Arten des Auftretens der Struktur zwei die Dislokationen in umgekehrter Richtung zeigen, nämlich als Einsenkung in den Kegelaxen, statt wie sonst, in Erhebungen der horizontalen Streifenstruktur.

Unter den mir von württembergischen Vorkommen zur Verfügung stehenden Stücken zeigt ein Exemplar von Frickenhausen besonders schön die Axen; im unteren Theile erscheinen sie gleichbleibend schmal, verengern sich an einer Stelle, wo in demselben Niveau die Axe überhaupt verschwindet, werden daraufhin plötzlich alle sechs etwas breiter, verschmälern sich wieder in einer oberen Region unter einer starken Verbreiterung, die oben aber so rasch wieder ganz verschwindet, so dass die Axenräume auf der Oberfläche nicht ausmünden, vielmehr durch die über die Oberfläche hinausragenden Dutenpyramiden vertreten werden (vgl. Taf. IV Fig. 5 und 6, Taf. II Fig. 4 und 5). (Etwas Aehnliches bezüglich der Gleichartigkeit der Axenerstreckung zeigt auch das Exemplar von Krzeszowice.) Die Thonwinkel sind hier im Allgemeinen spitzer und regelmässiger, doch zeigen sich auch vereinzelt stumpfere Winkel, deren Schenkel dann unregelmässiger verlaufen; während die regelmässigen Thonlagen ziemlich parallel mit einander laufen, sich also nicht treffen, laufen auf diese Schenkel von stumpfen Winkeln die Schenkel der regelmässigeren unter spitzem Winkel aus, ähnlich wie bei dem galizischen Exemplar;<sup>1)</sup> die Mikrostruktur dieses Vorkommens wird unten ausführlich besprochen.

Aus der kgl. b. Staatssammlung liegt mir durch die Güte von Herrn Geheimrath Prof. Dr. v. ZITTEL ein grosser Kegel aus einem Ironstone<sup>2)</sup> von Staffordshire vor; es ist ein äusserst dichter und fester sphärosideritischer Kalk (vgl. Analyse Cap. VII), von bester innerer Erhaltung und Frische, nur aussen mit einer ganz dünnen ockergelben Zersetzungskruste. Der Kegel ist sehr kompakt und zeigt nur am Rande, besonders an der platten Grundfläche gut bemerkbar, kleinere Kegel, deren Spitzen nach dem Mantel der gemeinsamen Kegelfläche gerichtet sind (vgl. Taf. II Fig. 9). Eine Anzahl davon sind natürlich und künstlich herausgebrosen, um eine interessante Einzelheit nach Gebühr zu verfolgen. Es ist bekannt, dass kleinere Kegel an grössere anstossen und von dem Kegelmantel dieser seitlich und an der Basis abgestutzt und ausgeschnitten (Taf. II Fig. 8, 9) erscheinen; weiterhin, dass meist der Kegelmantel selbst zwiebelschalige Struktur (Taf. II Fig. 10, Metzingen) hat, mehrere Schalen sich zu einer gemeinsamen selten vollkommenen Kegeloberfläche vereinigen, und nach oben überhaupt eine einheitliche Masse bilden. In beiden Fällen laufen auf der concaven Trichterfläche der Mergellagen die Thoneinschlüsse der innen angegliederten Kegel oder Kegelmantelschalen aus; gemäss der nach oben (d. h. nach der Kegelgrundfläche) eintretenden Vereinheitlichung der Masse keilen dahin die Thonlagen völlig aus, beides eine ganz gewöhnliche und makroskopisch stets zu beobachtende Erscheinung.

<sup>1)</sup> Ganz unregelmässig zickzackförmig erscheint die Lagerung der Thonlagen da, wo die Schlifffläche seitlich von der Axe hindurchzieht.

<sup>2)</sup> Eine Notiz in Students Manual of Geology von GEIKIE 1872 erwähnt das Vorkommen der Cone-in-Cone-Structur auch in gewissen Thoneisensteinschichten; Vorkommen, in denen also der Gehalt an Eisencarbonat noch mehr gewachsen sein muss, als hier mit 10,58% (vgl. unten die Bauschanalyse von A. SCHWAGER.)



Neben den Thonschichtlagen der so „interferirenden“ Kegelmanteltheile treten aber auf den concaven Kegelflächen auch die Horizontalrunzeln auf, die nun eine sehr merkwürdige Einzelheit offenbaren; da nämlich, wo die secundären Thonschichtlagen die concaven Mergelflächen anschneiden, werden die oberhalb noch continuirlichen Runzeln nicht nur unterbrochen, sondern ihre Hälften auch vertikal dislocirt und zwar in Bezug auf den Gesamtkegel derart, dass nach unten und innen zu, also in zwei Dimensionen, eine Absenkung stattfindet. Diese Absenkung wird um so stärker, je dicker die einmündende Thonlage wird (Taf. II Fig. 6, 7). Während man von oben nach unten gehend zuerst noch diesseits und jenseits der Schichtinterferenzlinie die entsprechenden Runzeln sehr gut als unmittelbare, aber etwas abgesenkte Fortsetzungen von einander erkennt, ist dies, je weiter nach unten, je weniger und endlich nicht mehr möglich; es werden hier ganz zweifellos Theile der Runzeln einander gegenüber gestellt, welche nicht nur vertikal weit von einander entfernt sind, sondern auch horizontal; man kann sich hier noch mit der Vorstellung helfen, als ob in Folge von vertikalen, sowie horizontalen Raumverminderungen und einer Absenkung in eine trichterförmige Oeffnung Theile dicht neben einander gelegt seien, die als vertikal und horizontal von einander entfernte Theile einem ursprünglich einheitlichen Connex angehört hätten, also z. B. als Abschnitte einer ursprünglich einheitlichen Kegelfläche, die im Flächenraum „geschwunden“ aber zu einer neuen dichten gleichartigen Fläche zusammengesunken sei, welche nun auch thatsächlich keine Flächencontinuität neben der Runzel-Dislokation mehr besitzt.

Es ist zu betonen, dass die Art der Dislokation in beiden Fällen die nämliche ist; es sind die Theile, welche von der Kegelaxe weg nach der Peripherie des Gesamtkegels gelegen sind, von der Basis des Kegels nach der Spitze zu gesenkt (vgl. Taf. II Fig. 8, 9 als Orientirung der Lage). Diese Dislokation erscheint also in völlig gleichem Sinne in der Runzelung vorgehend, wie die oben erwähnten in der Bänderung, d. h. sie steigert sich in dem Maasse, als sie, von den Kegelaxen entfernt, nach den Zwischenaxen zu gelegen sind; beide Erscheinungen müssen daher als der einheitliche Ausdruck desselben Vorgangs betrachtet werden.

Ganz undenkbar ist es hier, wie dort (vgl. S. 181), dass solche horizontal geordnete Gesteinsdifferenzirungen, hier Erhebungen der Trichteroberfläche, dort Differenzirungen des Gesteins selbst, diesseits und jenseits einer diagonal trennenden Thonschicht in abgesetzten Höhenlagen derart von einander selbständig entstehen könnten, dass die beiderseitig liegenden, allmählich an Entfernung sich steigenden Differenzirungen klar als unzweideutige Fortsetzungen von einander erscheinen, und zwar als solche, wie sie nur in linearer und flächenhafter Continuität entstehen können, welche letztere aber jetzt nicht mehr vorliegt.

Eine die erwähnte Horizontaldislokation in interessanter Weise variirende Erscheinung zeigt nun auch eine andere Stelle dieses wichtigen Stückes; in ungefähr  $\frac{1}{3}$  von der Spitze des Kegels erkennt man an seiner Oberfläche ein horizontales Band; unterhalb davon ist die Masse fest und dicht, oberhalb des sehr scharfen Abschnitts zeigt sich die Masse häufiger unterbrochen und es erscheinen dabei Ansätze wie von einer grösseren Anzahl kleiner länglicher Kegelspitzen. An diesem Horizontalband hat also die Kegelbildung eine

scharfe Unterbrechung erlitten und beginnt von Neuem (vgl. Taf. II Fig. 12). Das Auffällige ist nun, dass beide krystallisirten Massen an dieser Grenzfläche völlig dicht mit einander verwachsen sind und keine Spur einer Thoneinschaltung an diesem Abschluss sehr dichter Massenbildung zu beobachten ist, wobei die sie steil durchschneidenden Thonkegelscheiden selbst auch nicht die **mindeste Veränderung** an Dicke oder dgl. zeigen.<sup>1)</sup> Was aber eine Veränderung an der Stelle, wo die Thonscheide ausstreicht, erlitten hat, das ist das erwähnte horizontale Unterbrechungsband; an der einzigen dickeren Thonscheide beträgt die Dislokation über 2 mm und zwar ist die äussere Schale gegen die innere gesenkt; die Vorstellung sei durch Fig. 12 Taf. II in dreifacher Vergrösserung unterstützt. Ein Höhendurchschnitt durch die Kegel zeigt diese Unterbrechungslinie auch in seinem Innern und lässt auch hier eine Dislokation von steil durchschneidenden Thonscheiden erkennen.

Wir haben oben solche sehr interessanten Senkungen schon kennen gelernt und sehen nun, dass diese Dislokationen nicht nur an zweierlei Arten von ursprünglichen Horizontalbändern durch die Thoneinschaltungen geschehen, sondern auch durch jüngere Thoneinschaltungen an älteren Thoneinschaltungen, durch Prozesse einer jüngeren Periode an solchen älterer Entstehungszeit inmitten einer schon als gefestigt anzusehenden Masse entstehen, wozu wir unten noch eine weitere Thatsache fügen können, welche dieses Dislokationsphänomen in Uebereinstimmung mit der eigenthümlichen Oberflächengestaltung der Dutenmergel als ein Grundphänomen für die Erklärung der Entstehung der Thonscheiden etc. festlegen wird.

Ich bemerke, dass ich die gleiche Thatsache auch an anderen Exemplaren beobachtete, aber nirgends ist sie so schön, wie an diesem hiefür auffallend günstigen Vorkommen von Staffordshire; sie ist auch häufig, muss ich hinzufügen, an den Lebacher Funden mit voller Deutlichkeit festzustellen..

Dass das Gestein hart war, als die Runzeln entstanden, dafür haben wir schon das Auftreten von Runzeln an einer mit zahllosen Kegelgrundflächen besetzten, ganz flachen Trichteröffnung eines Dutenmergels von Hohenheim betont, insofern als diese Runzeln ohne jede Beziehung zu den von ihnen und zwischen ihnen austretenden Kegelgrundflächen diese überkreuzen. Es ist möglich, dass eine Fläche einer typischen Grenzfläche mit zahllosen verschieden hoch austretenden Kegelbasen gleich sieht und zugleich eine Trichterfläche gleichzeitiger Entstehung mit Runzeln ist, ohne Gestaltungsbeziehungen der beiden Skulpturen zu einander zu zeigen. Hier ist das umgekehrte Verhalten wie bei dem Exemplar von Staffordshire; mit ihren unregelmässig vorragenden Grundflächen ist die einheitliche Trichterfläche älter, die Runzeln sind jünger; dort sind

<sup>1)</sup> Es zeigt sich also hier die wichtige Thatsache, dass an einer horizontalen Wachstumsgrenze, dem Ziel des Wachstums der Krystallmasse und dem späteren Neubeginn, wohin also vorzüglich eine Thonaustreibung erfolgen müsste, — nach den früheren Auffassungen vergleichbar mit den Unterbrechungsflächen der schiefen Thoneinschaltungen — nach den bisherigen Hypothesen keine Spur einer Thonaustreibung vorhanden ist, dass also die horizontalen Grenzflächen der Dutenschicht, als Hemmungsbildung aufgefasst, nicht identisch sein kann mit den im Innern der Masse gelegenen Horizontalflächen der Runzelstufen als hypothetischer Ursache einer gleichzeitigen Thonausschaltung.



die Runzeln älter, auf sie erfolgt die Wirkung der Dislokation, wobei indes unter der fortdauernden Nivellirung eine ziemlich einheitliche Trichterfläche gewahrt wird.

#### Cap. IV. Die Hangend- und Liegendflächen der Dutenmergel.

Bekannt und vielfach abgebildet<sup>1)</sup> ist die äussere Oberfläche der Dutenknohlen mit den über die Schichtfläche mehr und weniger stark emporragenden, auf ihren freien Seitenflächen treppenförmig abgesetzten, nach innen und oben sich zuspitzenden Säulchen von mit ihren Spitzen nach unten ineinander geschachtelten, nach innen oben immer kleiner werdenden Kegelchen und Kegelscheiden. Die unregelmässig ebenen Zwischenflächen zwischen ihnen sind meist mit dunklem, häufig auch stark mit Brauneisen gefärbten, oft sehr feinblättrigen Thon erfüllt. Die Vorragungen liegen in der Fortsetzung der „Kegelaxen“ nach der oben S. 180 bis 183 gegebener Charakteristik.

Wenn wir dieses höchst eigenartige Vorragen mit irgend etwas erklärend vergleichen wollen, so kann es nur jenen bemerkenswerthen, durch die Thonscheiden abgegrenzten Dislokationen horizontaler Strukturstreifen gleichgestellt werden, welche ganz gleichartige Erhebungen um die Kegelaxe im Innern des Gesteins bilden und wie jene Erhöhungen erscheinen würden, wenn man sich das Gestein an diesen Streifen abgedeckt denkt. — Man wird die Erklärung beider Erscheinungen nicht von einander trennen können; wie thatsächlich zu erweisen ist, entsprechen unmittelbar den inneren Dislokationen oben aussen die Vorragungen. — Wie diese bekannten Vorkommen, so sind alle der uns aus dem Pylonotenkalk, dem braunen Jura, der Lettenkohle und dem Permcarbon vorliegenden Stücke. Eine kleine Ausnahme davon macht das galizische Exemplar, und ist es deswegen hierin um so lehrreicher.

Jene schmalen, als ziemlich gleich breit bleibende Axen ausgeprägten Vertikalräume zwischen den winkelligen Thonscheiden zeigen sich hier nur in den unteren zwei Dritteln der Gesamthöhe der Schicht; nur einzelne der grösseren Thonscheiden erreichen jene Grenze, welche wir als Grenze zwischen Dutenmergel und thonigem bis sandigem Sediment bezeichnet haben (vgl. Taf. II Fig. 2, 3; Taf. III Fig. 1, 2; Taf. IV Fig. 1, 4, siehe auch Tafelerklärung).

Die grosszügige Kegelstruktur erreicht hier also nicht die obere Grenze der Mergellage, trotzdem die kleinzüigere und die Zickzack-Struktur ohne irgend eine Veränderung bis dahinauf reichen; die Oberfläche zeigt daher auch nicht die eigenartigen und hohen Erhebungen, welche sonst den grossen Kegelaxen entsprechen.

Sieht man jedoch genauer zu, so bemerkt man an jener Stelle, wo an den nach oben gerichteten grösseren Zickzackwinkeln noch kleinere Thoneinschaltungen zu verzeichnen sind, ganz deutliche Einsenkungen der oberen Grenzlinie der Schicht, also dieselbe Erscheinung wie im Innern an den grösseren Kegelaxen und Zwischenkegelräumen.

Solche Oberflächenveränderungen mussten nun natürlich an der Grenze der Schichten Zwischenräume schaffen, welche entweder als solche bestehen bleiben oder mit sekundären Ausfüllungen sich schliessen konnten; hiefür ist nun das Hangende des Brockens sehr merkwürdig.

Wir erwähnten hier obere Schichten von zum Theil feinsandigem glimmerreichen Thon; zwischen diesen und der Dutenschicht befindet sich unten ein

<sup>1)</sup> Vgl. oben DE MORVEAU, HAUSMANN, QUENSTEDT, v. GÜMBEL, YOUNG und GRESLEY.

horizontales Gängchen hellen, faserigen Kalks; darüber (also von dem Mergel ganz getrennt) eine Lage eines kalkigen Materials, wie solches auch die Verwitterungskruste des Mergels zeigt; darin befinden sich ganz unregelmässige Fläsern eines sandigen Thonschichtchens, das endlich die feste Decke des Ganzen bildet (Taf. III Fig. 1 und Taf. IV Fig. 1, 4).

Diese eigenartige Zwischenlage kann nichts anderes sein, als ein Oberflächenauslaugungs- und -Zertrümmerungserzeugnis an der Grenze der durch die erwähnten Vorgänge im tieferen Gestein entstandenen Oberflächenveränderung. Sie besteht aus zwei Lagen: die obere, welche eigentlich der Periode der Dutenbildung angehört, die untere gangartige Quersfaser-schicht, welche als eine hauptsächlich nach der Dutenbildung an der wieder durch gelegentlichen Seitendruck geöffneten oder klaffend gehaltenen Grenzspalte entstandene sekundäre Ausfüllung zu betrachten ist; ihre Ausläufer gehen nicht nur in die hangende Zwischenlage, sondern dringen im Liegenden in die obere Region des Mergels, und zwar zwischen einzelne Thonscheiden und Mergelpartien, erstere zertrümmernd, und hierbei ebenso Zertrümmerungsfragmente durchkreuzend und sekundär einschliessend<sup>1)</sup> (bes. Taf. IV Fig. 1). Dass auch zu dieser Zeit noch Oberflächenreduktionen des Dutenmergels durch einflussende Gewässer stattfanden, beweist die Thatsache, dass diese Fasergänge noch vereinzelte Fortsetzungen von den Thoneinschlüssen als von damals schon gefesteten, frei stehen gebliebenen Auflösungsrelikten einschliessen.

Weiter zeigt dieses Fasergängchen gemäss der von ihm quer abgestutzten Winkelscheitel deutliche Einsenkungen und über den an seinen Verlauf anstossenden Axenöffnungen die für diese charakteristischen Erhebungen mit kleinen Dislokationen (Taf. II Fig. 2; Taf. III Fig. 1, 2; Taf. IV Fig. 1, 4). Es ist ausdrücklich hervorzuheben, dass dies nicht etwa Ausfüllungen vorhandener Vertiefungen sind; der Gang senkt sich nämlich in der gleichen Dicke wie über den Erhöhungen so auch in die Vertiefungen hinein, und demgemäss ist auch das Hangende des Ganges eingesunken; es sind Niveauveränderungen nach Bildung des horizontalen Ganges; dieser ist daher als Ausscheidung in zweifellos gefestetem Gestein fortdauernd von den gleichen Processen, wie sie die Dutenbildung begleiten, in Mitleidenschaft gezogen. Die homologen Gängchen in der oberen Region des Mergels selbst halten sich genau und nur an den Verlauf der Thonschichten, bald unter bald über ihnen, sie hin und zurück überschneidend; sie sind bei völliger Strukturidentität nicht alle eigentliche Verzweigungen des Hauptgangs; deuten in ihrem Entstehen auf eine weitgehende dynamische Lockerung des Gesteins nach seinen vorgebildeten Struktur-grenzen hin.

Die Oberfläche ist also hier deutlich zu sehr verschiedenen Zeiten von an ihr auflösend wirkenden und ihr Niveau verändernden Processen berührt worden; es ist daher nicht unmöglich, dass auch in anderen Fällen, besonders, wo die Zwischenräume zwischen den einzelnen Kegelvorrägen mit brauneisenhaltigem Thon

<sup>1)</sup> Die obere enthält daher zersetzte Partien von der oberen Dutenmergel-Schichtfläche und Theile der Hangendschicht in wirrer Zusammenlagerung; die untere mit den gleich zu besprechenden Verzweigungen in der Dutenwurzelschicht, zeigt eigentlich dasselbe. indessen ist das Bild dadurch ein etwas anderes, dass die klaffenden Hohlräume nicht mit Auflösungsresiduen, sondern mit einer mineralischen Ausscheidung erfüllt sind, welche natürlich auch für die obere Lage an anderer Stelle vorliegen mag oder muss; denn da wo die Zerstörungsprodukte durch Zerrei-sung und Auflösung am stärksten sind, da wird eine Ausscheidung geringer sein und umgekehrt.



erfüllt sind, Oberflächenauflösungen stattgefunden haben, welche die äusseren Kegelhügel, als die bei der Dutenbildung weniger alterirten und so der Auflösung auch besser widerstehenden Theile noch mehr emporragen lassen.<sup>1)</sup>

Der Vergleich, der in Taf. II, III bzw. Fig. 2, 3 und Fig. 1, 2 gegebenen, sich auf 22 cm Länge (2,3) vertheilenden Querschnitte beweist, dass die Kegel- und Zwischenkegelräume in einer gewissen Richtung liegen, in welcher auch die erwähnten Erscheinungen der Continuität der Thoneinschaltungen begründet wurden; auch der gleichlaufende Längsschnitt in Taf. IV Fig. 1 trifft nur in einer Längsrichtung liegende Kegelaxen.

Aehnlich, aber nicht so deutlich, erweist sich eine Anordnung ungefähr in der darauf senkrechten Richtung.

Eine schöne Abbildung dieser doppelten Anordnung gibt YOUNG l. c. in Taf. VII Fig. 1 und 2, wie auch überhaupt, — wenigstens die Reihung in einer Richtung, eine an unseren Exemplaren auch bezüglich einer Neigung zum Parallelismus bestätigte, also sehr gewöhnliche Erscheinung ist.

Nachzutragen ist noch eine bemerkenswerthe Unterschiedlichkeit in der Form der vorragenden Kegel; unmittelbar neben jenen stark vorragenden, treppen-kegelartig sich zuspitzenden, ineinander geschachtelten Complexen liegen schwach aus dem Schichtniveau vortretende oder auch völlig flache Grundflächen von im Gestein steckenden Kegeln.

Wenn man für letztere annähernd annehmen könnte, dass sie durch die gefestete hangende Schichtfläche in ihrem Wachsthum beschränkt seien, so gilt das Gleiche nicht für die ersteren, welche also eine besondere Erklärung verlangen (vgl. oben S. 173 u. 190 Anm.).

Zu bemerken ist auch, dass hier auf der einen Seite des galizischen Exemplars eine Axe schief nach unten innen gerichtet ist und dass auf dieser Seite das anhängende Sediment sich seitlich an dem Knollen herabsenkt; da nun die älteren Axen unterhalb jener schiefen Axe senkrecht stehen und auf normale Fortsetzung nach der Seite hinweisen, so beweist dies, dass man es hier mit einem Fragment eines ähnlichen Knollens mit oberflächlicher Anschwellung zu thun hat, wie eine solche GRESLEY Geol. Mag. 1887 Fig. 5 dargestellt hat.

Wir haben bis jetzt nur eine, die äussere Oberfläche betrachtet; wir kommen nun zu der entgegengesetzten Parallelfäche; nach YOUNG endigen die Spitzen der Kegel in Entfernungen von  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll oberhalb der unteren Fläche der Dutenschicht; „the bottom has a confused undulating structure, in which the original stratification of the deposit is in most cases obliterated“. Das Auftreten inverser Dutenlage, welche sich unmittelbar an die obere anschliesst, wurde von YOUNG hartnäckig bestritten, während QUENSTEDT, SORBY etc. ausdrücklich bemerken, dass die Schicht auch aus zwei Lagen bestehe, d. h. die Dutenbänder oft von einer gut ausgeprägten Schicht entspringen, sich von dieser senkrecht aufwärts und abwärts erstrecken, endlich in einer Fläche parallel zu dem mittleren Band endigen; diese Thatsache ist nun auch durch GRESLEY l. c. Taf. XXXVI Fig. 23 von Neuem illustriert worden.

<sup>1)</sup> Ich bemerke, dass in einer ausserordentlichen Mehrzahl der Fälle die an der Oberfläche von Kalkschichten vorragenden Petrefakten lediglich durch die an den Schichtfugen cursirenden Gewässer infolge der leichteren Auflösung des Gesteins in ähnlicher Weise herausmodellirt sind; dies geschieht analog dem Prozesse der „Auswitterung“ der Fossilien an der Luft, was auch, wie oben erwähnt, für die Dutenkegel bei der Bodenverwitterung der Dutenmergel gilt.

Das Gleiche gilt eigentlich von fast sämmtlichen mir vorliegenden Exemplaren: von bayerischen Vorkommen für zwei Exemplare von Lanzendorf, zwei von Effeldorf, zwei Stücke von Fockenberg, eins von Reichenbach, von vier Funden bei Lebach, von den württembergischen von den Exemplaren von Hohenheim, Degerloch, Frickenhausen, Boll und Dettingen; alle zeigen eine von einer wohlausgeprägten Innenlage nach unten gerichtete, allerdings oft sehr dünne, umgekehrte Dutenschicht. Die also überall bemerkbare „Kernlage“, von welchen beide Dutenschichten aussprossen, zeigt nun in den meisten Fällen eine sehr gestörte Lagerung; bei besserer Erhaltung sieht man öfters ein feines Band mit vereinzelt organischen Fragmenten; meist zeigt sich aber eine sehr unregelmässig horizontal durchsetzte, trümmerige Masse von Fragmenten der anliegenden innersten Dutenschicht, die in wechselnder Weise auch in ihrer normalen Lagerung noch erhalten ist, so dass die sekundären Umbildungen hier sehr deutlich sind.

Ein leider nicht genügend vollständiges Exemplar von Effeldorf (vgl. S. 176, 186) zeigt in der oberen Trichteröffnung der Kegeldutensäule eine von dem Dutenmergel an Farbe und Härte völlig verschiedene, etwas unregelmässig begrenzte Kalkmasse eingestopft; sie ist, fast wie angepasst, in die Dutenöffnung eingesenkt und von dem thonreichen, dunkelblaugrauen Mergel dicht umhüllt; der gelbbraunliche Kalk ist nur an zwei von einander getrennten Kegelsäulen in ganz gleicher Weise horizontal weiss gebändert; dies sieht aus, wie eine sekundäre Kalkspathfüllung einer unregelmässigen Horizontalzersprengung; Vermuthungen über diese sicher nicht bedeutungslose Bildung folgen unten im Capitel über die Deutung der Kegelaxen.

Mehrere Exemplare aus der Dettinger (br. Jura  $\alpha$ ) und besonders der Tübinger Gegend (Waldhauser Höhe, Lias  $\alpha$ ) zeigen im Anschluss an die Kernlage jederseits ein breites Band von Thoneisenstein, das an ähnliche Vorkommen erinnert, welche GRESLEY (Geol. Mag. 1888. S. 20—21) in Verbindung mit einer öfters noch Fossilreste führenden Kernlage erwähnt und abbildet.

Da diese Thoneisenstein-Lage der sonst beobachteten sekundären Zerrüttungszone entspricht, so müsste ihre Entstehung ebenso sekundär sein; dies wird dadurch bestätigt, dass zu ihr unregelmässig parallel mehrere, viel schwächere Thoneisensteinbändchen quer durch die oben und unten enggeschlossene Dutelage hindurch gehen, die Kegelsäulen völlig durchbrechen, kurz sich als Folgen einer Auslaugungs- und Umbildungserscheinung an unregelmässigen Parallelspalten erweisen, welche sogar von sekundären dunkeln Thonrändern von der Farbe und der Beschaffenheit der Kegel-Thonschichtlagen begleitet sind. Das Frickenhauser Exemplar zeigt ein solches Thoneisensteinbändchen an der unteren Grenze der gesammten Dutenschicht, d. h. an der nach unten gerichteten Oberfläche der inversen Dutenschicht mit kurzen vertikalen seitlichen Spaltenabzweigungen aufwärts in ihr Inneres.<sup>1)</sup>

Auch die bis zu  $\frac{3}{4}$  cm breiten, sekundären Bänder bei dem Exemplar der Waldhauser Höhe, welche, ohne Struktur zu zeigen, die natürlich ursprünglich einheitliche Kegelsäule in starker substanzieller Veränderung durchqueren, sind, wie dies oben an dem Kalkspathgängen des galizischen Stückes betont wurde,

<sup>1)</sup> Auch die von Ober Moschel S. 187 erwähnten Kalke mit unvollkommener Struktur, inneren Zersprengungen und starken Auflösungen zeigen auch an der Hangend- und Liegendgrenze der Schicht dicke Brauneisensteinkrusten, welche eine ganz bedeutende Auflösung der durch die inneren Prozesse ungleich an der oberen Fläche ausstreichenden Bänder deutlich erkennen lassen.



nachträglich von Einsenkungen betroffen worden; es ist aber hier auffällig, dass die Einsenkung gemäss den Kegelaxen stattfand. Das Stück eignet sich nicht zu einer weiteren Verfolgung der Thatsache. Bei völlig krystallisirten Axen ist aber der Fall denkbar, dass auch in den Kegelaxen Bewegungen nach unten stattfinden, ja dass diese gleichheitlich stärker sind, als die in den Zwischenaxen, daher dort scheinbar Einsenkungen vorliegen (vgl. S. 206).

Auch die äussere Oberfläche der Exemplare von Lanzendorf und Sindelfingen zeigt ähnliche eisenschüssige Thone und weist auf das oben bei der Betrachtung des galizischen Exemplars gewonnene Ergebnis zurück.<sup>1)</sup>

Ein Exemplar aus dem Psilonotenkalk von Kemnath besitzt eine sehr regelmässig und fein geschichtete Basis, welche als Kernlage aufzufassen ist und hauptsächlich mit sog. Fucoïden durchsetzt wird; die Oberfläche gegen die Dutenschicht ist nicht nur örtlich mit Eisen stärker angereichert, sondern zeigt sich auch in der Art unregelmässig, dass starke Einnagungen ganze Gebiete der oberflächlichen Bänder weggeschafft haben. Diese Einnagungen können nicht als Strömungswirkungen bei der Ablagerung angesehen werden.<sup>2)</sup> Während nun die stehen gebliebenen Theile des Liegenden den erhöhten Kegelpartien auf der äusseren Oberfläche der Dutenschicht entsprechen, liegen die ausgenagten Regionen unter den eingesunkenen Partien der Oberfläche, was auf die Fortpflanzung eines unteren Raumschwundes quer durch die Dutenschicht hindurch zurückschliessen lässt. Hier ist also die Ursache der die Kegelbildung begleitenden Zerspaltungen und Versetzungen im Liegenden der Schicht zu suchen.

Als allgemeineres Resultat lässt sich daher aussprechen, dass „vollkommene“ Dutenmergel oder -Mergelkalke (d. h. solche mit einer unteren, an eine Kernlage sich anschliessenden inversen Lage) an ihrer oberen und unteren Grenzfläche ebenso wie in der Kernlage selbst deutliche Anzeichen einer mit Auflösungserscheinungen erfolgten Umwandlung der Substanz in Lagerung und chemischer Beschaffenheit aufweisen.

#### Cap. V. Schlussfolgerungen aus dem makroskopischen Verhalten.

Was die Gestaltung der winkligen Thonrücken anbelangt, so führen diese ebensowenig Anzeichen dafür an sich, dass sie etwa von zwei verschiedenen Seiten, d. i. von den Kegelaxen her, durch irgend einen Ausscheidungsprocess zusammengeschoben wären, als die zwischen ihnen liegenden continuirlichen Kalkrücken eine Zusammensetzung aus zwei eben daher stammenden seitlichen Theilen besonders nahe legen. Die makroskopischen Kennzeichen weisen bei den Thonlagen-Rücken nicht auf eine seitliche Zusammenschiebung hin, sondern vielmehr auf die rein vertikal unter ihnen liegenden Kalk-Mergelrücken, welche ihrerseits auch meist völlig einheitlich sind. Auch die Packetenabtrennung in den seitlichen Thonscheiden deuten in ihrer scharfen Scheidung und in der Entstehung ihrer oft

<sup>1)</sup> Auch Young erwähnt l. c. S. 19 ein Vorkommen von Dutenmergel in einem unreinen sandigen Thoneisenstein, wo sich auch eine völlige Verquetschung bemerkbar machte.

<sup>2)</sup> Ich kenne Derartiges zwar aus dem marinen Schaumkalk, den Trochiten- und Ceratitenkalken des Muschelkalkes der bayerischen Rheinpfalz (vgl. Erläuterungen zu Blatt Zweibrücken), jedoch ist hier stets die Ueberlagerung der Ausnagungsfläche ein ganz entschieden grobkörniges Material mit vielen Schalen- etc. Fragmenten, die ausgenagte Masse ebenso deutlich feinkörnig; bei dem obigen Vorkommen wäre das Verhalten gerade umgekehrt.

verschiedenartigen Schichtung (Taf. IV Fig. 2 u. 3) unmittelbar und allein auf die vertikal unter ihnen liegenden Kalkmergeltreppen hin, während sie COLE von der entgegengesetzten Seite und in entgegengesetzter Folge entstehen lässt, wobei die Treppenabsätze der Mergelkalkschichten durchaus nicht genügend erklärt werden konnten (vgl. S. 173—174).

Die ganze Bildung hat so nach Allem nicht in den Axen ihren Anfang genommen und steigerte sich etwa von da nach der Mitte der Zwischenregionen, sondern findet vielmehr in den wechselnd breiten Axen ihre scharfe Unterbrechung und ihr seitliches Ende, so dass diese eher wie vertikale Aussparungsräume des krystallinen Vertikalwachstums in den Zwischenaxenräumen aussehen.

Wenn nun die Thonscheiden bei der Krystallisation des Kalks ausgeschiedene Massen wären, so müssten ja die dickeren Kalkmergellagen auch die dickeren Thonscheiden aufweisen; statt dessen folgen die dicken Thonscheiden meist eng über einander, haben also die dünnsten Kalklagen zwischen sich, welche, soweit makro- (und mikro-)skopisch zu sehen, genau dieselbe Beschaffenheit, wie die dicken haben. Im Gegensatz damit sind die weit auseinanderliegenden Thonscheiden meist recht dünn.

Die Thonscheiden können daher nicht ohne Weiteres als Ausscheidungsmassen während der „Mergelkrystallisation“ betrachtet werden.

Wenn nun eingewendet werden könnte, dass durch die Krystallisation der Thongehalt des Gesteins etwa auf ein gewisses Einschlussmaximum überall gleichgestellt wurde und die Verschiedenheit der Thonscheiden vielleicht auf eine frühere Verschiedenheit des ursprünglichen Mergels bezogen werden könnte, so könnte diese Verschiedenheit nur auf horizontale Ablagerungszonen, wie solche in der Bänderung noch bemerkbar sind, zurückzuführen sein. Weder ist dies möglich, noch zeigt sich in den von den erwähnten Processen am wenigsten berührten Axenräumen etwa eine darauf beziehbare, unterschiedliche Gesteinsbeschaffenheit. Die Schwierigkeit besteht darin, besonders bei einseitig liegenden isolirten Thonschenkeln, diese in ihrem gleichmässigen Zu- und Abnehmen und bei ihrer diagonalen Lage auf den etwa vorher verschiedenen Thongehalt von horizontalliegenden Gesteinsbändern zu beziehen, welche in ihrer jetzigen hohen Gleichmässigkeit an Dicke, Färbung und Entfernung von einander gar keinen Anhalt bieten, dass hier wirklich so verschiedene und der gewöhnlichen Sedimentation so heterogene Thonansammlungen sich bilden könnten, wobei erst nach der Austreibung so verschiedener Thonmassen das gewöhnliche Bild eines ruhigen Schichtabsatzes zum Vorschein käme.

Ganz auffällig wächst die Schwierigkeit, wenn zu beiden Seiten einer innerlich der Bänderung nach völlig gleichartigen Zwischenaxenmasse sehr verschieden gestaltete und starke Thonschenkel sich diagonal an sie anlagern; wie kann bei so verschiedener Thonaustreibung innerlich die Masse gleichbleiben oder vielmehr so gleichartig werden, dass man nicht glauben kann, sie seien von sehr verschieden starken Vorgängen durchsetzt gewesen.

Das Gleiche gilt für sämtliche an dem Stück zu beobachtende Zwischenaxenräume, wo die Unterschiede in der Bänderung und dem stofflichen Aussehen der Masse in gar keinem Verhältnis stehen zu der hiezu immerhin ausserordentlichen Verschiedenheit in Anordnung, Stärke und Gestalt der schief durchschneidenden Thonansammlungen.



Hierbei erhält man die völlige Ueberzeugung, dass die Masse in ihrer Bänderung und in der Hauptsache in ihrem substanziellen Zusammenhang nicht von so tief gehenden molekularen Bewegungen und Austreibungen durchsetzt gewesen sein kann, sondern einem Urzustand möglichst nahe ist, was auch durch den Vergleich mit den Axen bestätigt wird.

Die dunkeln Bänder zeigen auch nicht etwa einen stärkeren Thongehalt, sondern nur das Fehlen des für die übrige Masse charakteristischen krystallischen Strukturzusammenhalts; sie beweisen aber gerade eine viel gleichmässigeren Gesteinsbeschaffenheit in diesen Zwischenbändern; die vorhandenen Unterschiede genügen daher nicht, die Masse des vorhandenen Thones zu erklären; bei sehr thonreichen Mergeln, die auch stärkere Thonscheiden haben (anstatt geringere) würden bei der Zurückrechnung auf den Urzustand des Mergels Thone zum Vorschein kommen, deren geringste Undurchlässigkeit sowohl die Concentration unmöglich machte, als auch einer durchsetzenden Krystallisation die grössten Widerstände entgegen setzen würde, wie dies bei den Thonscheiden selbst anzunehmen wäre.

Wenn nach unserer vorläufigen Orientirung der Krystallisationsvorgang von einer Kernlage nur rein vertikal nach aussen in den Zwischenaxenräumen vorge-schritten sein kann und die sog. Kegelaxen als Aussparungsräume, auf deren Morphologie wir weiter unten zurückkommen, aufzufassen sind, so könnte eine Thonausscheidung nur derart stattfinden, dass eine nach aussen dachartig zuge-schärft fortschreitende krystallinische Erhärtung des Materials, den Thon vor sich herdrängte und weiter nach aussen (oben, an der Seite oder nach unten) noch die weiche Masse vorhanden wäre, die erst nachträglich zur Krystallisation käme. Auch hierbei erheben sich gegen die Thonausscheidung schwere Bedenken und zwar hinsichtlich ihrer Abtrennung sowohl als ihrer äusseren Gestaltung; die Auffassung der Treppenabsätze der gerunzelten Mergelfläche als Hemmungsbildung an einer verdichteten Thonausscheidung verlangt ein dichteres und härteres Wider-lager auf der anderen Seite der ausgeschiedenen Substanz, so dass die ausge-schiedene Substanz zwischen zwei annähernd gleichen festen Lagern zusammen-gequetscht worden wäre! Wie wäre solches möglich bei dem oben skizzirten, nächst liegenden Vorgang der Krystallisation? Wodurch unterscheidet sich überhaupt die ausgeschiedene von der nach aussen anliegenden, noch nicht krystallisirten Masse? Sollten nicht hier engste Vermischungen stattfinden? Wäre nicht hiedurch ebenso wenig eine Zusammenquetschung des Thones in den sog. Ausscheidungslagen möglich, als eine Aufquellung und Verwischung der Bänderung in der noch nicht krystal-lisirten Masse nothwendig wäre. Wie hätte überhaupt die so scharfe, völlig übergangslose Grenzfläche zwischen beiden letzteren Massen entstehen und als solche verbleiben können? — Das sind Fragen, welche die Erörterung daraufhin zuspitzen: wie entstand die diagonale Thonlage zwischen zwei harten Gesteinsmassen?

Die Bänderung mit ihren Nebenerscheinungen ist nun eine ausserordentlich wichtige Sache und enthüllt — da sie keine mit der Kegeldutenbildung noth-wendig zusammenhängende, sondern nur passiv von ihr betroffene Bildung ist — meines Erachtens in unzweideutiger Weise gewisse Vorgänge bei der Duten-entstehung.

Mir scheint vor Allem das Bestehen der Bänderung überhaupt ein grund-legendes Anzeichen dafür zu sein, dass das Gestein durch die Krystallisation keine wesentliche Aenderung erlitten haben kann (vgl. oben); wie doch die Anhäufung

des Thones als angeblich nicht einschliessfähiges Material nur durch eine allmählich von innen nach aussen stattfindende, sich steigernde Verdrängung und Fortbewegung überschüssiger Theile stattfinden könnte, so müsste der die schwache Bänderung verursachende Gesteinswechsel nach diesen Bewegungen durch sie hindurch sich sehr verschieden verhalten, je nachdem ein Band nahe an einem dicken Thonwinkel oder an einer ganz feinen Einschaltung liegt.

Es ist nichts dafür sprechendes zu entdecken, dass diese Bänderung in den Zwischenaxenräumen durch einen vertikal oder schief sie durchkreuzenden Transport von Thontheilchen in ihrer Stärke, Lagerung oder Färbung auf irgend welche Weise geändert worden wäre. Die grosse Gleichmässigkeit der Bänderung in allen, immerhin doch von Thonscheiden der verschiedensten Dicke und Gruppierung durchsetzten und ganz von einander getrennten Zwischenaxenräumen beweist, dass die Bänderung durch einen Transport nicht nur feiner Thontheilchen, sondern auch zahlreicher makroskopischer Glimmerblättchen nicht berührt worden sein konnte;<sup>1)</sup> die ganz schwachen Unterschiede, welche indessen gegenüber der Bänderung in den Axenräumen bestehen, können erstens nicht auf einen solchen starken Thontransport bezogen werden; zweitens erhalten sie leicht eine andere Erklärung, welche auf zunächst zu besprechenden Thatsachen fusst, die ebensowenig durch die in Rede stehende Hypothese erklärt werden können.

Wir meinen die merkwürdigen Versetzungen der Bänder durch die starken Thonscheiden, deren Sprunghöhen mit der Dicke der Thonscheiden wächst, wobei im Allgemeinen und fast ausnahmslos in den Axen eine höhere Lage und nach den Zwischenaxenräumen zu eine stufenartige Absenkung der unterbrochenen Bandstücke zu beobachten ist. Diese vielfach von uns festgestellte Dislokationserscheinung scheint in gleichem Sinne auch an amerikanischen Exemplaren vorhanden zu sein.

Wir haben ausserdem betont, dass diese Dislokationen in grösserer Feinheit im Innern der unteren Axenzwischenräume durch einzelne, die feine Zickzackstruktur daselbst durchsetzende Winkel ganz gleichsinnig erzeugt würden und hie und da einen welligen Verlauf der Bänderung verursachen; es ist dabei makroskopisch sehr gut zu erkennen, dass einer nach unten gerichteten Winkelöffnung eine Senkung, einer nach oben gerichteten eine Hebung entspricht, dass also die Wiederholung der Hauptstruktur im Kleinen auch eine Wiederholung der Begleiterscheinung in sich schliesst, welche letztere also — abgesehen von der allgemeinen Verbreitung — eine fundamentale genannt werden muss.

Da nun, wie mehrfach betont, in den nach oben gerichteten Winkelöffnungen der Zickzacklinien, wo die eigentliche Kegelaxenstruktur sehr gering entwickelt ist, trotzdem die Thatsache der Versetzungen der horizontalen Gesteinslagentheile vorliegt, so scheint mir das mehr als nahe zu legen, dass diese partiellen Erhebungen in den als Gesamtcomplexe gesenkten Gesteinspartien eben nur relative sind, dass die gehobenen Theile als relativ weniger beweglich oder bewegt, den gleichheitlich stärker bewegten oder vielmehr gesenkten Complexen bzw. Theilcomplexen der Zwischenaxenmassen gegenüberstehen; auf gleiche Weise wären dann die häufigen Erhebungen auf der Oberfläche der Dutenschicht als stehen gebliebene Partien zu erklären, statt dass sie auf entgegengesetzte Weise als in der Axen-

<sup>1)</sup> Auch sollte durch eine „Ausscheidung“ mehr das feinere Material bewegt worden sein; es ist aber das Gegentheil der Fall.



richtung, wo thatsächlich keine oder die geringsten Veränderungen vor sich gingen, aus der Oberfläche der Dutenschicht emporgetriebene Theile aufzufassen wären. Jedenfalls erscheint die Hauptveränderung in den Zwischenaxenräumen vor sich gegangen zu sein. Man erkennt, dass in der Erklärung dieser Thatsachen auch die Erklärung eines Theils der wichtigsten Kriterien eingeschlossen ist und dass man hierauf das höchste Gewicht legen muss. Dies ist um so mehr zu betonen, als wir (vgl. S. 188—191) die gleichsinnig erfolgten Dislokationen ausser an diesen primären (von der Krystallisation durchsetzten) Bändern, auch an einer Horizontalgrenze beobachteten (Exemplar aus Staffordshire), welche als Unterbrechungen der die Kegelstruktur verursachenden Vorgänge (Abschluss und Neubeginn) zu betrachten ist, wobei zu erwähnen bleibt, dass diese scharf ausgeprägte Grenze keine Thoneinschaltung besitzt und selbst ohne Wirkung auf die sie schief durchschneidenden Thonscheiden blieb, also nach Gesteinhärte älter als diese sein muss. Endlich haben wir die gleichsinnigen Versetzungen zwischen sich durchkreuzenden Thonscheiden bzw. Mergeloberflächen und deren Runzeln bei einem englischen Vorkommen beobachtet. Wir ergänzen, dass Abbildungen amerikanischer Vorkommen Aehnliches von dortigen Funden berichten lassen.

Wir fragen nun, worin eine solche Senkung ihre Ursache haben könnte; nahe läge daran zu denken, dass man es hier mit einer Senkung zu thun habe, welche lediglich und stets durch Ausnagungen im Liegenden verursacht sei, wie man dies vielleicht aus den angegebenen Thatsachen bei der Besprechung der Stücke von Kemnath und von Donnersberg unter Nichtberücksichtigung anderer Momente folgern könnte.

Bei der Beurtheilung des Wesens dieser Senkung helfen uns die horizontalen Bänder, deren Messung wir zu den Dislokationen in Beziehung setzen wollen. Misst man so die vertikale Entfernung zweier besonders markanten Bänder innerhalb der Axen und Zwischenaxenräume, so findet man z. B. bei einer Gesamtdislokation jedes dieser Bänder von 14 mm z. B. bei zweien 20 mm von einander entfernten Bändern in den Axen ein Mehr von 2 mm, also eine Raumverminderung in der Zwischenaxe. Nun sind aber diese Bänder an dieser Stelle nur ein Theil der sich möglicher Weise im Maass verändernden Gesamtmasse; diese beträgt, so weit die Kegelspitzen reichen, in ziemlich einheitlicher Struktur 65 mm, also  $3\frac{1}{4}$  mal die Distanz der erwähnten Bänder, deren Veränderungscoefficient daher  $6\frac{1}{2}$  mm wäre gegen thatsächlich 14 mm Sprunghöhe. Die beobachtete Veränderung hier kann also diese Dislokation nicht ganz erklären, wir müssen hiezu noch Erscheinungen nehmen, welche, wie die erwähnten, an dem Exemplar von Kemnath etc. nahelegen, dass sich die Gesamtmasse in den Zwischenaxenräumen ausser der inneren Verminderung in sich noch überdies gesenkt hat.

Hierdurch werden wir, ganz allgemein gesprochen auf Lösungsvorgänge verwiesen, welche wir aber zunächst noch ausser Acht lassen wollen. Als eine Ursache der Raumverminderung, welche nicht nur an Bänderkomplexen, sondern auch zwischen je zwei Einzelbändern im Innern gemessen werden kann, könnte dagegen vielleicht, was nahe liegt, lediglich die hypothetische Austreibung des Thones selbst betrachtet werden; abgesehen aber von der öfters berührten Unwahrscheinlichkeit eines fortschreitenden Massentransportes von sogar grösseren makroskopischen Glimmerblättchen durch eine dicke Thonmasse hindurch unter Erhaltung des normalen horizontalen Verlaufs etc. der feinen Bänderung einer

noch weichen Thonmasse, wird hierbei eine Raumverminderung schon dadurch nicht möglich sein, dass eine Verdrängung von Fremdkörpern in der weichen Masse wohl stets nur soweit geschieht, als die Krystallisation jedesmal Raum beansprucht; das Maass der Summe der Einzelverdrängungen sollte also völlig durch das Maass der verdrängenden Krystallisation gedeckt sein, daher kein Raumdeficit entstehen.

Die Verminderung könnte nun durch stoffliche Contraction erklärt werden; diese würde, aber entgegengesetzt den Ansichten von GRESLEY etc., in den Zwischenaxen und nicht in den Kegelaxen stattfinden; sie könnte aber das erwähnte Mehr der Dislokationen nicht erklären.

Ein weiterer Einwurf gegen die Contraction wäre der, dass z. B. der über dem oben gemessenen Raum folgende, durch eine Thoneinschaltung von 4 mm Dicke getrennte höhere Mergelwinkel mit einer Scheiteldistanz von  $\frac{1}{11}$  der Gesamthöhe der darunter gemessenen „Contractionshöhe“ — (das Band musste ja eine von dem tieferen Winkelraum selbständige Entstehung und Ablösung durch Contraction nach unten und innen gehabt haben) — bei einem Volumen sich contrahirender Substanz von zwischen  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{4}$  der tieferen trotzdem 10 mm (gegen 14 mm) Dislokationshöhe aufweist; ähnliches gilt von dem nächst höheren Winkelband, welchem wieder mehr Substanz zur Verfügung gestanden hätte und in dem die Versetzungshöhe nur 8 mm beträgt.

Diese Missverhältnisse wären denen analog, welche wir oben erwähnten, dass nämlich die dickeren Thonscheiden, welchen ja, wie betont, die grösseren Theilsprunghöhen entsprechen, den schmälere Mergelschenkeln beigesellt sind, anstatt den dickeren, welche ja nothwendig die grössere Masse von hypothetisch nicht einschussfähiger Substanz hervorbringen müssten.

Die hierbei nothwendige Annahme der von innen unten nach aussen oben stattfindenden Aufeinanderfolge der einzelnen Contractionen lässt so auch die Thatsache der allmählichen Steigerung der Sprunghöhe durch Summirung ausser Acht; diese wäre eher gewährleistet, wenn der Verlagerungsprocess der Bänder in umgekehrter Raumfolge entstände, d. h. in der Richtung (wenn auch nicht an der Stelle) in der COLE das Kegelwachsthum fortschreiten lässt, so dass sich zumeist (in einem Durchschnitt betrachtet) die Masse in ganzer Breite contrahirte, von dieser wieder eine innere, von dieser wieder eine weitere innere und so fort! Dann müsste aber auch die Raumverminderung in den Horizontalbändern nach innen eine immer grössere werden; wie auch dieser Process mit einem einheitlichen Krystallisationsvorgang gar nicht in Einklang zu bringen, denn die Krystallsubstanz ist hierbei selbstverständlich innerlich nicht dichter als äusserlich.

Es ist dabei zu bedenken, dass dann die Thonaustreibung in jener der Contraction entsprechenden Richtung abnähme und in ihr selbst eigentlich gar nicht vorhanden wäre, dass die Bänderung, welche sich bis dicht an diese treppenartige Ränder erstreckt, sich in entgegengesetzter Richtung nach innen (unten) drängte, als in jener, in der nach aussen die treppenartigen Absätze unter Ausscheidung und Zusammenpressung des Thones gebildet werden sollen.

Dieser Einwurf gilt freilich auch für die Annahme einer jeden Contraction der Masse, wenn man z. B. mit GRESLEY sagen könnte, dass diese Treppen, die auf der Trichterfläche den Eindruck von Runzeln machen, Folge einer Oberflächenzusammenziehung wären; eine solche Runzelcontraction, wie sie auch die äussere Dutenmergel-Oberfläche nach GRESLEY zeigt, musste sich aber nothwendig genau



so auch in dem Verlauf der inneren horizontalen Bänder äussern, während sich überhaupt nirgends etwas von einer eigentlichen Biegung, Stauchung oder Schleppung einer derartig erhärtenden und zugleich eintrocknenden weichen Masse zu erkennen gibt. Ueberhaupt könnte eine Contraction nur so gedacht werden, dass die Auskrystallisation einen relativ geringeren Raum einnähme als die Lösung; von diesem Standpunkt wäre aber eine Austreibung des Thones viel weniger leicht annehmbar.

Im Gegensatz zu der Annahme einer Contraction bei der Krystallisation kann man sagen, dass eine Ausdehnung am ehesten denkbar sei; da die Löslichkeit der Carbonate in  $\text{CO}_2$ -haltigem Wasser mit dem Druck zunimmt, daher auch ihre Auflösung mit Contraction verbunden ist, so muss ihre Ausscheidung mit einer Volumvermehrung auftreten;<sup>1)</sup> diese könnte sich natürlich stets nur in der einzigen Richtung des Fortwachsens der Ausscheidung nach der noch weichen Masse hin äussern. Es könnte vielleicht hierauf wenigstens die eine Seite der von GRESLEY beobachteten und auch mit der acquisition of lime als wahrscheinlich verknüpften Erhöhung einer in eine Dutenschicht mit ebener Basis und gewölbter Aussenseite eingeschlossenen Thonlage, vielleicht auch die schwache Wellung der Thonschichten in der Umgebung der Dutenconcretionen zurückgeführt werden<sup>2)</sup> (vgl. auch das Verhalten der Bänderung unter dem Mikroskop

<sup>1)</sup> Druck wirkt beschleunigend und fördernd auf alle Umwandlungen, welche mit Zusammenziehung verbunden sind; nun ist die Löslichkeitszunahme der Carbonate schon in reinem Wasser bei steigendem Druck bemerkbar, in  $\text{CO}_2$ -haltigem Wasser in einem gewissen Flüssigkeitsquantum bei gleicher Temperatur jedoch bei steigendem Druck besonders gross, also ist auch hier die in den meisten Fällen mit der Auflösung von festen Körpern in einer Flüssigkeit verbundene Contraction (Verringerung der Volumsumme) auch in bemerkenswerthem Grade vorhanden; ihre mineralische Ausscheidung bedeutete also umgekehrt eine entsprechende Volumzunahme (vgl. z. B. BRAUN, Chem. Mineralogie bzw. S. 66, 89 u. 90). Mit dieser Wirkung des Drucks stimmt überein, dass die Carbonate in  $\text{CO}_2$ -haltigem Wasser sich unter Wärmeentwicklung lösen (also auch bei der Ausscheidung Wärme binden). Durch Druck vermehrte Absorption von  $\text{CO}_2$ , und daher Auflösung von Carbonaten, sollte allerdings das Wasservolum vergrössern,  $\text{CO}_2$  ist aber nicht als Gas im Wasser, sondern im löslichen Bicarbonat; es würde die Vermehrung des Volums auch für die ganze, durchtränkte Thonmasse gelten.

Was die Wirkung der Auskrystallisation in einer zwischen kleinsten Massentheilen stehenden übersättigten Lösung betrifft, so könnte sich eine etwaige Ausdehnungswirkung erst bei der Ausfüllung der letzten Lücken durch die Auskrystallisation bemerkbar machen; in eben dem Masse würden die Nachbarlücken auch wieder verringert und eine Gesamtausdehnung durch Summierung kleinster Ausdehnungswirkungen eigentlich unmöglich gemacht. — Bei einer etwaigen Contraction der sich ausscheidenden Masse würden andererseits zwischen den Massentheilen diese zunächst nicht zusammengezogen, sondern „Lösungs-Lücken“ geringerer Concentration entstehen, nach welcher sofort wieder Lösungszug stattfände und die sonst schwindenden Räume so allmählich ausgefüllt würden.

<sup>2)</sup> Vgl. auch die von WEISS und GREBE 1889 in den Erläuterungen zu Bl. Lebach der geol. Sp.-Karte von Preussen S. 17 gemachte Beobachtung, dass die Schieferthonschichten, die in die Lebacher Thoneisensteinconcretionen fortsetzen, etwas angeschwollen seien und den Schieferthon in der Umgebung der Concretionen etwas nach oben und unten gebogen hätten. Es ist aber die Frage, ob umgekehrt die Concretion und ihre Carbonatbindung nicht vielleicht eher die Ausdehnung der Thonmasse zur Zeit der Weichheit noch fest erhalten hat, während die Schieferthone der Umgebung dagegen bei der Eintrocknung geschwunden und zusammengedrückt erscheinen! Die Eintrocknung hätte hierbei die Concretion nicht in ihrer Höhe berührt und verändert, sondern hätte die durch den  $\text{CO}_2$ -Verlust in nicht zusammenhängender Weise ausgefüllten Carbonate offenbar von der äquatorialen Kernlage aus ihrer nun frei gewordenen Lösungsfeuchtigkeit beraubt und die in den Lebacher Concretionen so häufige, den Austrocknungsrisse bei Thon und Lehm homologe „Septarien“-Zersprengung verursacht. Hierbei geschah auch der festere Zusammenschluss der Carbonate in der Concretion, so dass die spätere Zusammendrückung keinen Einfluss mehr auf die Concretion haben konnte (vgl. unten Capitel X).



Cap. VI). Wie verhält es sich aber mit der diesem ganz entgegengesetzten Thatsache in der krystallisirten Zwischenregion, der höchst normal auftretenden und sehr bestimmt ausgedrückten verschiedenartigen Raumverminderung, die unser galizisches Exemplar beweist? Diese müsste also auf eine von dem Krystallisationsvorgang selbst völlig verschiedene Art erklärt werden!

Abgesehen nun von der schwierigen Frage, ob überhaupt der Krystallisationsvorgang nothwendig die eine oder andere Begleiterscheinung mit sich führt,<sup>1)</sup> erhalten wir vielmehr den Eindruck, dass die merkwürdigen Versetzungen nicht während, sondern nach ganz vollendeter Erhärtung des Gesteines stattfanden; nicht der leiseste Einwurf lässt sich dem Verhalten des Materials gegen diese Ansicht entnehmen. Dagegen haben wir in dem Verhalten der Trichterflächen mit Runzeln an deren Exemplaren aus Staffordshire und von Hohenheim die triftigsten Beweise für diese Ansicht.

Wie soll sich nun die äusserst wichtige, durch die vergleichende Messung der Bänderung an über 20 Stellen des galizischen Exemplars in den Zwischenräumen zahlenmässig nachgewiesene Raumverminderung<sup>2)</sup> bei der Voraussetzung der völligen Gesteinhärte des Mergels erklären lassen? Dies ist nur denkbar durch eine gleichmässige Massenverminderung, als welche zuvörderst eine allseitige Auflösung an den vielen das Gestein in Winkelmaschen netzartig durchziehenden Gesteinsklüftchen in Betracht käme. Diese Maschenlinien wären als Spältehen mit Auflösungsrückständen zu deuten, und es würde sich hieraus zunächst die etwas geringere Deutlichkeit der Bänderung in den Zwischenaxenräumen erklären lassen, welche letzteren auch andere Anzeichen innerer Veränderung an sich haben (vgl. Cap. VI, i).

Mit solchen Auflösungsvorgängen im Innern mussten natürlich auch Auflösungen in grösseren Spalten verbunden sein, welche zugleich auch als Zufuhrspalten der auflösenden Flüssigkeiten gelten könnten. Als solche kann man die Linien (eigentlich Flächen) der Thoneinschaltungen betrachten; deren Struktur lässt sich sehr wohl dadurch verstehen, dass, entsprechend den horizontalen Flächen der vorhandenen Mergelstufen, eine Auflösung stattfindet, welche durch die steilen Flächen der Stufen seitlich stets begrenzt wird; so schliesst sich eine Schicht von Auflösungsrückstand an die andere, welche in ihrer seitlich getrennten Entstehung die Thonschichtchenpackete erzeugen können, aber in dieser Trennung nicht stets verharren müssen; dies würde auch übereinstimmen mit der oben betonten

<sup>1)</sup> Wir haben zu erwähnen, dass an gewissen primär sehr fein gebänderten permischen Kalken in separaten aufnahmefähigen Lagen eine ziemlich einheitliche sekundäre Krystallisation eingetreten ist (vgl. unten: III; Ueber Landschaftenkalk; daselbst eine Analyse des Gesteins vom Kreuzhof bei Insweller). Die mikroskopische Untersuchung zeigt auch nicht die Spur von Lageveränderungen im Sinne von Contractionen, obwohl es keinem Zweifel unterliegen dürfte, dass die einheitliche Calcitisirung durch Hinzutreten von Carbonatlösung noch zur Zeit der nicht völligen Erhärtung des Gesteins stattgefunden hat.

<sup>2)</sup> Diese Raumverminderung zwischen den weniger oder nicht krystallisirten Kegelaxen steht daher im Widerspruch mit der von GRESLEY beobachteten Erweiterung bei dem Eintritt von Thonbändern in die Dutenmassen überhaupt, obwohl man hier gleiche Thatsachen erwarten sollte. Die von GRESLEY beobachtete Erscheinung müsste daher für sich auf andere Weise gedeutet werden; ich glaube, dass die Verdickung einseitig wenigstens eine scheinbare ist und als eine Erweiterung durch die nach einer Seite stattfindenden Dislokationen innerhalb der Bänder zurückgeführt werden muss; diese Dislokationen hat GRESLEY selbst an einem anderen Stück seines amerikanischen Materials abgebildet, aber, wie mir scheint, mit anderen zweifellose nachträglichen Strukturstörungen (faults) als nicht mit der Struktur Entstehung ursprünglich zusammenhängend aufgefasst.



Beobachtung, dass sich im Innern der Thonschichten, häufig scharf abgegrenzt, substantielle Unterschiede<sup>1)</sup> zeigten, welche in ihrer treppenartigen Abstufung und Trennung auf gleichzeitige ältere Auflösungsresiduen früherer Stadien der Kalk-Treppenstufen hinweisen, welche nun durch nachfolgende randliche Hinzufügung, untereinander fast gleich dicker, neuer Thonschichtchen in das Innere der Pakete gerückt erscheinen. Der Zuwachs der Thoneinschaltungen an den grösseren Spalten würde in solchem Maassstabe durch stets erneute, wenn auch geringe Oeffnung der Spalten in Folge des sich summirenden inneren Zusammensitzens der Mergelmasse nach dem netzartig dies durchsetzenden Capillarkluftsystem erfolgen.<sup>2)</sup> Es würde hierdurch die Auflösung tief ins Gestein eindringen und derart die Zickzackstruktur annagen, wie es Taf. III Fig. 3 zeigt.

Zu erklären bliebe dabei zunächst noch 1. die Entstehung der Treppenzunzeln auf der einen Seite der Thoneinschaltungen und hiermit 2. das Fehlen von erheblichen Auflösungserscheinungen, d. h. von continuirlichen Zuwachsschichten der Thoneinschaltungen auf und nach deren anderen, glatten Seite.

Als Analogon solcher Einseitigkeit in der Auflösung sei vorläufig an die Bildung der Stylolithen erinnert, welche nur unter alternirend einseitiger Auflösung stattfinden könnte und auf chemische und physikalische Ursachen zurückzuführen ist (vgl. oben S. 161 u. 166). Die Einseitigkeit der Auflösung kann man in unserem Fall sehr wohl auf physikalische Unterschiede der beiden Flächen begründen; doch davon später.

Ueber die völlig homologen Senkungen, welche durch die Dislocationen der horizontalen Runzeln bewiesen wurden (vgl. oben S. 188 etc.), folgen weitere Schlussfolgerungen Seite 205 gegen Schluss dieses Capitels.

Durch die eben skizzirte Auffassung, dass man es hier mit Auflösungserscheinungen zu thun habe, wird auch etwas erklärt, was von den übrigen Hypothesen nicht klar gelegt werden konnte, nämlich die Thatsache, dass die dicken Thoneinschaltungen meist gehäuft erscheinen und ihnen die schmalsten Mergel-

<sup>1)</sup> Diese Unterschiede sind nicht etwa nachträgliche; dann müssten sie sich auch nach der verwitterten Oberfläche des Brockens steigern, was im entgegengesetzten Sinne der Fall ist; auch an der verwitterten Aussenzone sind es stets gerade die Thonlagen, welche an festem Zusammenhalt, Form und Farbe sich äusserst wenig von denen im Innern des Gesteins unterscheiden, während die Mergelmatrix hier sehr mürbe geworden und ganz gebleicht ist. Selbst an den Stellen, wo von dem erwähnten faserigen Kalkspathgang Verzweigungen in's Innere der Masse gehen, sich dort zwischen Mergel und Thon eindringen und letztere Lagen öfters zertrümmern, sieht man keine Veränderung der Thonsubstanz, weder der braunen, noch der grünen, allerdings auch keine des Mergels selbst, der sich auch in Säuren sehr langsam löst; in dem Haupt-Kalkspathgang sind zwischen den Fasern ganz intakte Fortsetzungen der grünen Thonlagen eingeschlossen, ein Beweis ihrer Festigkeit und geringen Veränderlichkeit. Auch an dem S. 194 erwähnten Exemplar von der Waldhauser Höhe haben wir beide Arten der Thonfärbung an den sekundär die Dutensäulen durchsetzenden Horizontalzersprengungen mit Ausfüllungen der Spalten durch Auflösungsrückstände, welche Einschaltungen so alt sind, dass sie nachträglich noch durch die Fortsetzung der Dutenbildung dislocirt sind, ohne weitere Veränderungen, als solche in der Lage erlitten zu haben.

<sup>2)</sup> Bezüglich eines gleichmässigen Zusammensitzens eines unter Druck befindlichen Gesteins bei innerer Auslaugung erinnere ich an eine in den Geognostischen Jahreshften 1901 S. 36 erwähnte Beobachtung, dass in einer mittleren ausgelaugten Horizontalzone einer Oolithschicht die Oolithporen, allmählich von oben her comprimirt, länglich oval wurden, sich endlich sogar zum Theil ganz geschlossen haben!

ursprungslagen entsprechen, ohne dass irgend eine ersichtliche Ursache dieser Erscheinung im Verhalten des Mergels selbst vorläge.

Es ist aber verständlich, dass den dicksten Thoneinschaltungen die stärksten Auflösungsvorgänge sowohl im Innern als am Aussenrande der unter ihnen liegenden Mergellagen entsprechen werden, daher deren Dicke sehr schwinden muss, wenn die Thonlage stark ist. Hier anzuschliessen ist die oben berührte Thatsache des Zusammenwachsens verschiedener nahe übereinander lagernder Einschaltungen durch jüngere, welche sich deutlich von den älteren Einschaltungen unterscheiden und in gleicher Weise, wie die treppenartigen Absätze der innerlich in den Thonpacketen eingelagerten Schichtchen, ein an sehr verschiedene Zeitepochen mit sehr veränderten Bedingungen geknüpftes Wachstum der Thoneinschaltungen beweisen, während doch nach der Annahme einer Krystallisationsausscheidung jede einzelne Thonlage einer einheitlichen Krystallisationsperiode mit sich steigender und endlich jene abschliessende Thonausscheidung entsprechen.

Das oben erklärte Zusammenwachsen weist daher auf eine allmähliche **völlige** Auflösung vorher vorhandener Mergellagen hin, während die Entstehung einer mittleren unterschiedlichen Thoneinschaltung ohne zugehörige liegende Mergellage als Krystallisationsausscheidung ein Unding ist; hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, dass, wie erwähnt, die Schichtchen aller Thonpackete auf senkrecht von innen und unten her stattfindenden Zwischenaxen-Zuwachs hinweisen und das Zusammenwachsen über mindestens 15 Kegel hinaus auf 22 cm Entfernung in völliger Continuität nachgewiesen wurde; ja sogar zeigen sich die Schichtunterschiede innerhalb der Packete auf ähnliche Entfernungen hin an denselben Stellen in gleicher Weise. Dabei ist scharf zu betonen, dass die thonige Masse, welche im Scheitel das Zusammenwachsen einer höheren mit einer tiefer liegenden Thonscheide verursacht, stofflich identisch und gleichzeitig ist mit den jüngeren Zuwachspartien in den Schenkeln der gleichen Winkel-Einschaltung, gleichsam in diese seitlich übergeht, soweit die Treppenabsätze und Packettrennungen von einem „Uebergang“ reden lassen. Aehnliche Zusammenwachsungen zeigen auch lediglich Schenkelstücke unter einander und zwar zu einem einzigen Längsschenkelstück; auch hierbei sieht man sie durch mehrere Paralleldurchschnitte hindurch, wobei ganz entsprechende, an den || Durchschnitten sich wiederholende Erscheinungen in den Packetschichtchen auftreten. Oft zeigt sich auch ein grüner Packetchenzuwachs, der zugleich in eine obere oder untere Verlängerung der braunen Einschaltung durch grüne Substanz übergeht; man sieht, dass mit der Dicke der Thoneinschaltung auch gelegentlich ihre Länge wächst, also die Spalte, an der der Thonabsatz vor sich geht, sich seitlich verlängert, was auch auf eine analoge Erscheinung bei Styololithen hinweist (vgl. S. 163).

Ein allgemeines Versitzen der Zwischenaxenmassen könnte sich nun auch in einem gewissen Losreissen von den Axen kenntlich machen; hierauf wäre vielleicht zum Theil die starke Vermehrung und Zerschlitung der Thonscheiden-spalten nach den Kegelaxen zurückzuführen; ein vielvertheiltes summarisches Zusammensitzen, besonders in der kleinen Zerklüftung dieser Stelle, verhinderte aber ein proximales Losreissen von der Kegelaxe; in grösserem Massstab ist hierauf wohl auch die Thatsache zurückzuführen, dass die Thon- und Kalkmergel-Schenkel proximal viel steiler nach der Axe einfallen, dagegen aufwärts, nach den Zwischenaxenräumen zu, der mittleren Hauptsenkungsregion, viel flacher werden; auch Erscheinungen, wie die in Taf. II Fig. 2 (links in der Mitte) dargestellte, als ob



zunächst den Thonscheiteln einzelne Thonpakete durch den sich darunter senkenden und verbreiternden Mergelrücken von einander losgerissen würden, könnten auf diese Bewegung nach unten hindeuten.

Wir kommen nun noch zu jenen Versetzungen, welche sich auf den concaven Innenflächen der Mergellagen beim Durchkreuzen der horizontalen Runzeln und der Thonschichtlagen kleinerer mit grösseren Kegeln interferirender Kegel oder Kegelschalen zeigen; daraus, dass hier diese, wie bei gewissen Vorkommen (S. 191) die Dislokationen der Bänder, sich in den Zwischenaxen nicht bis an die Oberfläche fortsetzen, sondern sich nach unten steigern, kann nur von Senkungen nach unten, d. h. von einem Zusammensitzen nach der Kernlage zu die Rede sein. Mit den nach unten sich steigenden Auflösungs-Raumverminderungen nach kleinsten Theilen und einem Zusammenrutschen nach den schiefen Spaltebenen stimmt die Thatsache dieser Runzeldislokationen überein, die wir oben folgendermassen charakterisiren mussten: man kann sich nur mit der Vorstellung helfen, als ob in Folge einer vertikalen, sowie horizontalen Raumverminderung und einer Absenkung in eine trichterartige Oeffnung Theile neben einander gelegt seien, die als horizontal und vertikal von einander entfernte Theile einem ursprünglich einheitlichen Connex angehört hätten. Die Nebeneinanderlagerung von ursprünglich horizontal weiter auseinander gelegenen Theilen der Horizontalrunzeln zu Seiten einer durchkreuzenden Thoneinschaltung weist auf eine Auflösung dazwischen liegender Abschnitte hin. Diese Erscheinung wird an einer älteren Runzeloberfläche durch eine jüngere hervorgerufen, setzt also den völligen Abschluss in der Bildung der ersteren voraus, d. h. die Entstehung der jüngeren Runzelspalte mit ihrer Thonschichtlage findet in dem schon endgültig krystallisirten Mergel statt.

Wir haben weiter bei der Betrachtung der Kernlage eine auffällige Verwirrung der Lagerung und eigenartige Umsetzung der Substanz hier in fast allen Fällen constatiren können; endlich wurde festgestellt, dass die beiden Oberflächen Spielräume ähnlicher Processe waren, welchen eben durch das innere Zusammensitzen der Weg gewiesen wurde; die Kernlage war demnach die Fläche, nach welcher die Bewegungen zu stattfanden und damit ist ihre Strukturänderung zu verstehen.

Einen ganz direkten Hinweis bot ein Exemplar von Kernath (dem eine Erscheinung an dem Donnersberger Exemplar an die Seite zu stellen ist), wo die Oberfläche der als Kernlage aufzufassenden Unterlage an jenen Stellen eine deutliche Ausnagung regelmässiger Schichtbänderung zeigte, wo in den Zwischenaxenpartien die äussere, entgegengesetzte Oberfläche die bekannten Einsenkungen mit der nach den Erhebungen zugewendeten Zwiebelschalenstruktur hatte.

Wenn wir nun oben kurz erwähnten, dass nach unserer Auffassung der Entstehung der Thonzwischenlagen darin eine Analogie mit Styloolithen bestehe, dass die Auflösung nur auf einer Seite der Thonlagen stattfinde, so kann in dem Zusammensitzen der Zwischenaxenmassen eine Analogie mit den in grössere Styloolithen eingeschachtelten jüngeren Styloolithengenerationen gesehen werden; diese entwickeln sich im Innern grösserer Styloolithen durch stufenweise fortschreitende Zersprengung im Anschluss an die in solchen Innensprüngen gleichartig erfolgenden Auflösungsprocesse stets neu sich bildender kleinerer Styloolithen; sie entstehen auf einer Fläche mit und zwischen sonst intakten grösseren Styloolithen, die ihrer Festigkeit nach nicht zersprengt werden; während diese stetig wachsen, gehen jene an Grösse zurück, behalten aber bei ihrer höchst regelmässigen inneren Zer-

sprengung eine ganz regelmässige Form und Lage bei und stören das Gesamtwachsthum der übrigen Gebilde der Styolithen-Spaltfläche nicht im Mindesten. Es ist hierin ein Vergleich weniger in der Gestalt der sich ergebenden Gebilde als in gewissen Theilvorgängen des Processes gegeben, welcher in beiden Fällen eigenartige Auflösungsrückstände, hier die Thoneinschaltungen, dort die Styolithenkappen, hervorbrächte. Wir kommen darauf noch kurz zurück, um klar zu stellen, dass auch im vorliegenden Falle das Insichkleinerwerden, wie bei den Styolithen mit eingeschachtelten jüngeren Generationen (vgl. Geogn. Jahreshfte 1901 S. 70 Taf. VI Fig. 1—4), auf regelmässig innerlich fortschreitenden Zerklüftungen beruhen mag.

Für unsere Anschauungen spricht nun im Allgemeinen der eigenartige Zersprengungscharakter der mit Thon ausgefüllten Räume,<sup>1)</sup> ihre Verzweigungen und Vereinigungen; hieher zu zählen sind auch die Anzeichen einer allmählichen Weiterzersprengung nach Bildung von älteren Thonspalten und die einer auf lange Zeitdauer mit Pausen der Auflösung vertheilten Entstehungsperioden der verschiedenartigen Thonschichtung selbst.

Zum Schlusse dürfen wir hingegen daran erinnern, dass wir da, wo wirkliche, deutlich erkennbare horizontale Unterbrechungen während des Wachsthum der Krystallstruktur unverändert vorliegen, weder eine an dieser Grenze zu erwartende Thonaustreibung beobachten, noch verzeichnen konnten, dass diese Unterbrechungen auf die sie durchkreuzenden Thonscheiden von irgend einem formengebenden Einfluss gewesen wären.

Unsere oben angestellten Erörterungen über mögliche Concentration oder Expansion in der krystallisirenden Masse fussten auf der als allgemein hingestellten Thatsache, dass in den Zwischenaxenregionen eine Senkung und Raumverminderung im Anschluss an das Auftreten der nach den Zwischenaxen an Stärke gesteigerten Thonscheiden zu beobachten sei; diese Erörterungen würden ganz gegenstandslos werden, wenn sich nachweisen liesse, dass die umgekehrte Erscheinung der Senkung von den Zwischenaxen nach den Kegelaxen zu ebenso gut stattfinden könnte und hier die stärkern Thoneinschaltungen zu beobachten wären; dies wäre ein Beweis, dass die Entstehung der Thonscheiden, die Hebungs- und Senkungserscheinungen mit einem Krystallisationsvorgang selbst gar nichts zu thun hätten, sondern einer ganz anderen Gruppe von Umwandlungen angehörten. Ich bemerke, dass einzelne Stücke der Einsammlungen bei Lebach (vgl. S. 188) hierzu genügende Anhaltspunkte geben werden und dass die oben (S. 187, 194) an dem Exemplar von Effeldorf, vom Donnersberg und der Waldhauser Höhe, erwähnten Unregelmässigkeiten hiermit ebenso in Einklang zu bringen sind, wie ihnen auch theoretisch keine Schwierigkeiten entgegenstehen.

#### Cap. VI. Das mikroskopische Verhalten unseres Materials.

Hier betrachten wir zuerst ein Präparat von dem durch seine Regelmässigkeit und gute Erhaltung schon makroskopisch auffallenden Vorkommen von Frickenhausen in Württemberg aus dem br. Jura  $\alpha$ ; die Taf. IV Fig. 15 zeigt eine photographische Aufnahme eines Durchschliffs in  $2\frac{1}{6}$  Vergr.; Fig. 6 in siebenmaliger

<sup>1)</sup> Bemerkenswerth ist die knieförmige Ablenkung der Spalten der Thonscheiden beim Auftreffen auf die horizontale Bänderung (vgl. Fig. 4 Taf. IV vergr.).



Vergrößerung: Taf. II Fig. 4 zeigt einen ähnlichen Ausschnitt aus einer grösseren Vertikalerstreckung zwischen zwei Axen.<sup>1)</sup> Es fallen hierbei sofort zwei Massen auf: krystallisirte und nicht krystallisirte, von welchen die ersteren eine regelmässige Begrenzung, Anordnung und Struktur haben; man erkennt in ihnen eine Zerklüftung nach rhombischen Krystaldurchschnitten, und, gleichsam Rhomboëderspitzen und deren Seitenflächen entsprechend, eine ungleichseitige Zertheilung der Masse in Scheitelstücke und Schenkelstücke; vereinzelt sind solche, welche einseitig zugleich Scheitel- und Schenkelstücke (Winkel, Rücken) sind. Die erwähnten regelmässigen Rhomben-Durchschnitte zeigen sich von allen Seiten der Anschnitte der Masse, können also nur auf Krystallelemente wie das Rhomboëder zurückgeführt werden; wobei wir aber gleich bemerken, dass wir das Spaltungs-rhomböeder des Kalkspaths nicht im Auge haben (vgl. unten Cap. IX).

Eine wichtige Thatsache ist also die, dass die einzelnen durch zahllose und zum Theil sehr regellos dicke Einschaltungen<sup>2)</sup> nicht krystallisirter Thonsubstanz getrennten krystallinischen Partien eine ganz einheitliche durch feine Unreinigkeiten in den Klufflächen deutlich gemachte Zerklüftung mit völlig gleichwerthig (im Gegensatz zur Kegelbildungs-Hauptstruktur) auftretenden oberen und unteren Spitzen, dem entsprechend ein sehr einheitliches Verhalten zwischen gekreuzten Nicols aufweisen;<sup>3)</sup> die Massen erscheinen wie verschiedenartig, aber überwiegend gesetzmässig begrenzte „Ausschnitte“ einer früher einheitlichen und continuirlichen Krystallmasse; die Arten der Begrenzung dieser grösseren Ausschnitte müssen wir zunächst betrachten.

a) Die äussere, obere Begrenzung der an Masse (besonders Breite) die seitlichen Theile fast stets überwiegenden „Scheitelstücke“ kann auch breit sein; in diesem Falle ist sie häufigst unregelmässig, aber ziemlich scharf horizontal abgeschnitten; die Unterbrechungen in der reinen Horizontalen sind selbst der Wagrechten genähert, und deren Seitenbegrenzungen verlaufen meist in ausgesprochene Klufflächen der Krystallmasse; die obere Grenze ist nie eine scharfe Spitze, sondern immer quer abgestutzt, selbst wenn sie noch so schmal wäre; dies entspricht im Ganzen und Einzelnen den auch schon makroskopisch beobachteten Thatsachen an der oberen Begrenzung der Mergelrücken.

b) Die untere Begrenzung der Scheitelstücke ist ebenso meist breit, jedoch fast stets breiter, als die obere; die Art der Begrenzung ist aber höchst unregelmässig und hat völlig zufälligen Umriss; dadurch, dass hier eine wirr zackige Endfläche vorliegt, erscheint diese Zone bei dickerem Schliff unreiner krystallinisch, bei dünnerem Schliff ist aber die Krystallmasse hier völlig gleich der übrigen.

Eine sehr auffällige Thatsache ist, dass bei Schenkelscheitelstücken (Mergelwinkel oder -Rücken) gar nicht selten die untere Winkelgrenze scharf wie eine Rhomboëderspitze ist, selbst da, wo eine breite Thonmasse in ihrer Winkelöffnung eingeschaltet ist und die oft tief darunter liegende obere Begrenzung der nachfolgenden krystallisirten Partie völlig breit horizontal ist (vgl. besonders Taf. II Fig. 5a—c).

<sup>1)</sup> Ueber einiges makroskopisch Sichtbare vgl. oben S. 188.

<sup>2)</sup> „Unregelmässig“: besonders da, wo der Schnitt seitlich von der Axe verläuft (vgl. auch das galizische Exemplar).

<sup>3)</sup> Schon QUENSTEDT und COLE haben als annähernd sicher ausgesprochen, dass die Auslöschung parallel der Kegelaxe (natürlich auch || der Zwischenaxe) stattfindet (vgl. oben S. 169 und besonders S. 174).

An der unteren Begrenzung der Scheitelstücke, sei sie noch so schmal, zeigt sich nirgends eine Convergenz von Krystallelementen oder irgend ein Anzeichen des Beginnes einer neuen Krystallisationsepoche; hier ist das Bild eines Ausschnitts aus einer vorher einheitlichen Krystallmasse am deutlichsten. Das gilt auch für den erwähnten Fall des Rhomboëderspitzen-artigen Aufsitzens eines Scheitelschenkelstücks auf der eingeschalteten Thonmasse. Dies sieht aus wie eine mit Thon ausgefüllte Höhlung eines sogenannten negativen Krystalls; auch hiefür zeigen sich parallele Erscheinungen schon makroskopisch in Taf. II Fig. 3 und Taf. III Fig. 1 und 2 eine Erscheinung, die sehr häufig ist und die eine besondere Beachtung verdient.

c) Die äussere Begrenzung der Schenkelstücke, welche nur ungefähr parallel den inneren Spaltlinien verläuft, ist unregelmässig, nicht nur insofern sie stets eigenartig gezackt ist, als auch insofern die ihr zugehörige Oberfläche sich noch ein- und ausbiegt. Die treppenförmigen Zacken haben eine nach oben gerichtete Fläche, welche mehr und weniger regelmässig horizontal, d. h. senkrecht zur Hauptaxe der rhombischen Zerklüftung verläuft; dann zeigen sie eine schiefe, seitlich nach aussen und nach unten gerichtete Fläche, welche meist etwas in diese Klüftung der Krystallmasse einläuft; häufig ist der innere Winkel zwischen beiden Flächen etwas gerundet; es sind das lediglich dieselben Formelemente, wie bei der äusseren oberen Fläche der Scheitelstücke, sie sind nur treppenartig mit stärkeren Zwischenräumen über die äussere schiefe Fläche der Schenkelstücke vertheilt; bei geringerer Breite der Spitze der Scheitelstücke hat man lediglich nur eine beiderseits hinabführende Stufe von der Art der Stufen der Seitenflächen.

d) Die untere oder Innenfläche der Schenkelstücke ist fast ausnahmslos glatt und entspricht meist völlig der inneren Zerklüftungsrichtung.

e) Während die Schenkelstücke nach oben und innen, d. h. nach dem noch dickeren Schenkelstücke zu breit und massig sind, werden sie nach unten in ihrer Annäherung an die Kegelaxen immer schmaler; es scheinen hier Zwischenschaltungen und Zerspaltungen in kleinere Schenkelstücke einzutreten, welche die obere Breite ersetzen; dementsprechend werden auch die Thonschichtlagen schmaler und verschwinden nach den Axen zu ganz. Auch hiefür ist das Gleiche schon makroskopisch beobachtet. Hierbei ist zu bemerken, dass diese Schenkelstücke eine Zerklüftung in ihrer Längsrichtung nur spärlich zeigt, dagegen viel stärker die entgegengesetzte, so sehr, dass diese längsstabartigen Gebilde in ihrer Längsrichtung oft gar keinen axialen Zusammenhalt zu haben scheinen.

f) Ein etwas unregelmässiges Verhalten tritt hie und da an der breiten Oberfläche der äusseren Scheitelstücke, sowie an der Aussenfläche der Schenkelstücke auf. An ersterer Stelle zeigt sich randlich an den kleinen von zwei Spaltflächen und der horizontalen Oberfläche begrenzten Vorragungen eine Zurückbiegung wie durch Druck entstanden.

An den vorragenden Zacken der Aussenfläche der Schenkelstücke sieht man selten gewisse Ansätze, welche die gewöhnlichen Treppenabsätze nicht nur der äusseren Begrenzung nach unterbrechen, sondern auch nach den inneren Hauptspaltrichtungen, als ob sie in Zwillingsgruppierung dazu ständen (vgl. Taf. II Fig. 5d). Man wird hierbei an den einspringenden Winkel erinnert, der an langen Spaltungs-rhomboëdern in Folge einer mechanischen Zwillingsbildung durch einen Seitendruck auf einen Kanteneinschnitt erzeugt werden kann.



g) Wir kommen nun zu dem Verhalten der eingeschalteten Thonsubstanz; hier haben wir zuerst zu bemerken, dass eine scharfe Abtheilung, wie wir sie an den galizischen und pfälzischen Exemplaren schon makroskopisch in voller Deutlichkeit feststellen konnten, hier noch nicht existirt, wobei allerdings zu bemerken ist, dass die Treppenecken der Schenkelstücke fast stets noch ziemlich nahe an die glatte Unterseite der aussen davon liegenden Stücke herantreten. Die Einschaltungsmasse ist also insofern eine continuirliche, jedoch zeigt sie überall eine Lagerung, welche an den horizontalen Stufen der Schenkelstücke und den breiten Enden der Scheitelstücke diesen gleich gerichtet und hier am deutlichsten ist.

Nach den schiefen Unterflächen der nächst höheren Schenkelstücke gerichtete Lagerung der Thoneinschaltung ist nicht zu sehen. Die Thonmasse selbst ist ein hier durch Eisenoxydhydrat bräunlich gefärbter Thon mit einzelnen Glimmerblättchen. Die zwischen den Spaltflächen befindlichen Unreinigkeiten sind ähnlicher Natur und sind nach den äusseren Oberflächen zu etwas stärker als innerlich.

Eine krystalline Bindung der Thonmasse, welche als Ursache der Lagerung anzusehen wäre, existirt nicht<sup>1)</sup>; die Masse hat nicht, wie GRESLEY und COLE meinten, semiconale Struktur.

Durch die Thonlagen tritt die Zertheilung der krystallisirten Masse am deutlichsten hervor; die im Querdurchschnitt „winkeligen Thonscheiden“ haben natürlich einen ähnlichen Verlauf wie die krystallisirten Scheitel- und Schenkel-Scheitelstücke; sie zeigen ihre Regelmässigkeit im spitzen Winkel oft schärfer wie letztere (vgl. Pkt. b); doch zeigen sich auch stumpfwinkelige Thonlagen. Auf die Schenkel solcher Lagen laufen die regelmässigeren Thonlagen, als auch die Schenkelstücke der oben und unten davon liegenden Massen unter mehr und weniger spitzem Winkel aus. Das Ganze sieht aus wie die Thonausfüllungen regelmässiger und unregelmässiger Zersprengungsräume, wovon die letzteren hier die Ausnahmsbildungen, aber meist (vgl. Taf. II Fig. 4) die stärksten sind.

h) Die die breiten Kegelaxen bildende Gesteinsmasse unterscheidet sich von den Thoneinschaltungen sehr deutlich; sie ist hier ein Mergel von gleichmässiger Vertheilung des Thons und ohne jene tiefen Färbungen, welche die benachbarten Thoneinschaltungen charakterisirt; eine Gleichstellung von beiden Bildungen, wie sie einzelne frühere Forscher angenommen haben, ist durchaus unzulässig.

Es ist zu bemerken, dass die feinen Endigungen der Schenkelstücke nicht ganz gleichmässig in einer Vertikalen abbrechen, sondern wechselnd etwas mehr oder weniger tief in die Kegelaxen hineinreichen. Dabei zeigt sich sehr sporadisch zunächst diesen äussersten Enden eine sehr zarte dendritische Vertikalkrystallisation, welche, wenn sie auch an jene Seitenstücke herantritt, doch selbständig ist, wie sie auch nicht in einer Ebene verharrt; sie wird von den Thoneinschaltungen nicht mehr berührt. Nach dem oberen Theile der Axen füllt sich auch diese von allen Seiten her kurz unterhalb der Oberfläche der Bank mit krystallisirter Masse in völlig gleicher Orientirung der Zerklüftung und ihrer Partikel; dies ist eine Erscheinung, welche auch im unteren Theil vereinzelt das Verschwinden einer

<sup>1)</sup> Dies schliesst nicht aus, dass die Masse einen geringen Gehalt von Carbonaten besitzt, der bei dem Vorkommen von Staffordshire eine bemerkbarere Höhe erreicht (vgl. unten die Analyse).



Axe hervorruft; die Kegelaxe wurde im letzten Falle zur Axe einer neuen Zwischenaxe; solche Einschnürungen zeigen sich für die verschiedenen Axen im gleichen Niveau (vgl. oben S. 188).

Es ist bemerkenswerth, dass die Axen von den beim Schleifen etc. entstandenen Zersprengungen offenbar als zähere Masse verschont ist, während die Zwischenmasse leichter zerspringt; auffällig ist hierbei die geringe Deutlichkeit, mit der das Spaltungsrhomboëder auftritt.

i) Was in Beziehung auf die im Vorhergehenden gegebenen Punkte von der Mikrostruktur des galizischen Exemplars gesagt werden kann, ist Folgendes: Die Masse ist ganz ähnlich einheitlich krystallisirt, jedoch zeigen sich nicht so viele durch grössere Thonscheiden begrenzte hellere Partien, sondern eine mehr gleichmässig vertheilte, kleinzügigere Zerspaltung der durchaus etwas unreineren Substanz. Auffällig sind vereinzelte inselartige, durch mehr ausgeprägt unregelmässigerer Thonumgrenzungen wie isolirte Partien hellerer Substanz, welche sich auch beim Anschliff durch höhere Politurfähigkeit auszeichnen; sie liegen in diesen Grenzen wie besser erhaltene, nicht im Kleinen so sehr alterirte Theile einer ursprünglich gleichartigen Masse (vgl. S. 202). Die dunkleren Bänder des Gesteins sind etwas pigmentreicher, als die hellen, welche auch mehr feine Einschlüsse haben, als bei dem Württembergischen Exemplar; im Bereich der krystallisirten Zwischen-Masse geht die Krystallisation ganz ungehindert durch die dunkeln Bänder hindurch und lässt die Bänder etwas weniger sichtbar erscheinen. Im Bereich der Kegelaxe dringt die Krystallisation in die helleren Bänder tiefer ein und durchdringt sie vollständiger, als in den dunkeln, in denen sie meist ganz unterdrückt ist (vgl. Taf. III Fig. 4). Es ist zu bemerken, dass diese Bänder im Gestein durchaus nicht scharf begrenzt sind, ebenso wie die feine Bänderung in ähnlichen nichtkrystallisirten und krystallisirten Kalkgesteinen ohne Dutenstruktur, von denen unten die Rede sein wird; so entschieden sie (wie auch z. B. in feingebänderten Dolomiten) makroskopisch am Gestein selbst erscheinen, so wenig scharf begrenzt und gefärbt sind sie im Dünnschliff und ohne den dunkeln Hintergrund bei geringer Dicke des Schliffs. Sie erscheinen auch in den Zwischenräumen in ihrem inneren Streifenzusammenhang nicht ganz continuirlich, sondern eigenartig butzig wenn auch schwach unterbrochen. Es ist ganz unleugbar, dass die Bänderung nicht das Geringste mit eigentlichen Unterbrechungen der Krystallisation selbst zu thun hat, vielmehr durch sie erst mehr und weniger undeutlich geworden ist.

Da sich somit nicht die geringste Beziehung der horizontalen Bänder zur Krystallisation bemerken lässt, ebensowenig der geringere oder stärkere Gehalt an Pigment bei den verschiedenen Bändern zu irgendwelchen Vorgängen während der Krystallisation, deren Flächenvorschreiten ja auch total verschieden ist, in Beziehung bringen lässt, so ist daraus zu folgern, dass die Krystallisation selbst an dem Bestand der Bänder nichts Wesentliches geändert hat, wie dies auch aus dem Vergleich krystallisirter und nicht krystallisirter lamellös geschichteter Kalkgesteine ohne Dutenstruktur aus gleichen Schichten von verschiedenen Fundorten geschlossen werden kann (vgl. unten S. 217). Die nicht oder fast nicht krystallisirten Querbänder in den Kegelaxen geben ja auch eine Norm für das Verhalten der Bänder vor der Krystallisation und man könnte als Folge der Krystallisation in den Zwischenräumen nur eine Verringerung des Pigments annehmen. Diese besteht, wie erwähnt, in einer feinen Einzelunterbrechung des Streifenzusammenhangs, also in einer



Distraction der Bänder, welche vielleicht auf eine bei der Krystallisation des Kalkes aus Lösung zurückzuführende Ausdehnung der Substanz (vgl. oben Cap. V S. 201 mit Anm. und unter Cap. VII S. 217) bezogen werden kann. Abgesehen von den schon oben angeführten Gründen gegen ein Zusammenschieben der nicht krystallisationsfähigen Thonsubstanzen in den Thonscheiden dürfte dieser Vergleich ebenfalls nicht dafür sprechen. Auch haben die stärkeren und schwächeren der horizontalen Gesteinsstreifen nirgends eine Beziehung zu einer geringeren oder grösseren Ansammlung von Thon oder Pigment in den nächstliegenden Theilen der Thonscheiden. Die oben unter f) erwähnten, wie in Zwillingsstellung hie und da an den Aussenkanten der Absätze angefügten, kleinen und schmalen Gruppen von Krystallelementen schieben sich in die Trennungsfläche der Packete hinein, scheinen entweder Auflösungsreste oder späteren sekundären Ursprungs zu sein, da sie in ihrer höchst geringfügigen Ausdehnung nicht Ursache der Trennung sein können. Während die den Haupt-Thonlagen annähernd parallelen schwächeren Thonklüfte makroskopisch sichtbar sind, treten unter der Vergrösserung mehr die in der Richtung der Zacken und auf diese selbst auslaufenden Klüftchen massenhaft hervor, wie dies auch für das Frickenhauser Exemplar gilt; einzelne, besonders an den inneren Winkeln, treten stärker hervor. Nach der äusseren glatten Fläche der Thonschaltlagen hin ist dies nicht mit derselben Regelmässigkeit und Häufigkeit von der Gegenseite her der Fall.

k) Die Untersuchung eines sehr gering mergeligen Nagelkalks aus dem Lias  $\alpha$  von Degerloch, der schon beim einfachen Bruch die Rhomboöder-Spaltflächen der krystallisirten Substanz sehr deutlich zeigte, ergab nichts wesentlich Neues, als dass hier der untere Theil der Schenkelstücke mehr einheitlich stabartig entwickelt ist; die Axe selbst ist mit gleichmässig orientirter krystallischer Zerklüftungsmasse erfüllt. Bei den oben erwähnten Versetzungen innerhalb der Masse kann es nicht wundern, wenn die Querschleife senkrecht zur Kegelaxe im polarisirten Licht bei gekreuzten Nicols nicht ganz dunkel werden. Bei einer nachweislich durch innere Bewegungen veränderten Masse ist daher die optisch-mikroskopische Untersuchung nicht mehr allein ausschlaggebend.

#### Cap. VII. Einschlussmengen im Kalkspath; chemische Analyse des Dutenmergels.

Was die Frage des Thoneinschlusses bzw. Ausschlusses in krystallisirenden klastischen Gesteinen betrifft, so weiss man, dass die Sandsteine von Fontainebleau, Dürkheim, Sievering,<sup>1)</sup> die Pseudomorphosen aus dem Buntsandstein bei Heidelberg (vgl. BENECKE und COHEN, Umgegend von Heidelberg S. 305) bis zu  $\frac{2}{3}$  aus Quarzsand bestehen. Die von HOLMS POLLOK (vgl. YOUNG l. c. 1888 S. 7) analysirten Dutenmergel zeigen, abgesehen von anderen gering beigemengten isomorphen Carbonaten, beinahe  $\frac{3}{4}$  (70,41%) Kalk und 19,12 unlöslichen Rückstand. Die Analysen von HOLMS POLLOK geben den Kalkgehalt des Dutengesteins von einer oberen und einer unteren Region an; da YOUNG gerade mit dem durch diese Analyse festgestellten höheren Kalkgehalt der oberen Schichtfläche seine eigenartige Theorie stützte, nach welcher die Thoneinschaltungen für etwas der Bildung der Mergellagen fremdartig Angelagertes angesehen werden, so ist man zu der Annahme berechtigt,

<sup>1)</sup> Vgl. Jahrb. d. k. k. R.-A. Wien Bd. 25, 113 und Verh. Bd. 1871 S. 229; Sandkrystalle von Süd-Dakota zeigen nach BARBOUR (Bull. soc. geol. Am. 12. 1901) 63,07—64,40% Sand.

dass die Analyse lediglich den Kalkgehalt der Mergellagen mit möglichstem Ausschluss der Thoneinschaltungen gibt, sonst wäre ja jene Schlussfolgerung unberechtigt. Unter möglichstem Einschluss des „zugehörigen“ Thons sind aber folgende beide Feststellungen gemacht: 1. von dem österreichischen Vorkommen von Krzeszovice, das 24,90% Thon besitzt; 2. von dem Dutenkalk von Kemnath mit einem Thongehalt von 13,83% bei weitaus vorwiegendem Kalkcarbonate unter den Carbonaten; das österreichische Vorkommen hat nach A. SCHWAGER (vgl. Analyse unten) 75,10% Carbonate, darunter 71,91  $\text{CaCO}_3$ ; dem geringen Thongehalt des Kemnather Vorkommens entsprechend, sind die Thoneinschaltungen auch viel weniger dick; hier ist der Thongehalt geringer als in den krystallisirten Partien des englischen Vorkommens mit normal eingeschlossenen Beimengungen (ohne Thonscheiden berechnet) und trotzdem sind die Thonscheiden und ihre morphologischen Begleiterscheinungen voll ausgeprägt vorhanden. Eine Analyse G. GMELINS in den Naturwissenschaftlichen Abhandlungen (Stuttgart und Tübingen 1827/28. I. S. 189) von einem Nagelkalk von Donzdorf (br. Jura) ergab (vgl. unten Tabelle) über 80% Carbonate mit 78,73% Kalkcarbonat und nur 16,5% Thon. DAINTREE bestimmt in Quarterly-Journal Geol. Soc. 1872 das Verhältnis bei einem Vorkommen in Queensland mit 75,458 Kalk und 14,92 thonigen Substanzen. Ein Dutenkalk von Staffordshire zeigt nach A. SCHWAGER jedenfalls 90% Carbonate und nur 8,44 Rückstand, dies lediglich in einer von makroskopischen Thoneinschaltungen freien Partie der krystallisirten Masse; hierbei ist zu beachten, dass hier die Thoneinschaltungen überhaupt sehr gering dick sind, ohne dass sich in der Art der Struktur eine leise Aenderung bemerkbar machte; so läge gar kein Grund vor, warum bei dem geringen Rückstandseinschluss die ausgeschalteten geringen Thonpartien nicht auch noch hätten eingeschlossen sein können. Ich schliesse daraus, dass, wenn es blos auf die Frage eines möglichen Quantum von in einer Carbonatausscheidung einschliessbaren Fremdschubstanz ankommt, alle genannten Mergel ihren gesammten Thongehalt hätten in die Krystallisation einschliessen können. Bei ihrer Einschliessung von bis  $\frac{1}{4}$  Thon möchte ich im Hinblick auf den Einschluss von über  $\frac{2}{3}$  Quarzsand und Thon in krystallisirten Sandsteinen glauben, dass jeder Anlass fehlt, diesen Punkt irgend wie in Betracht zu ziehen; denn gröbere Quarzkörner werden in solcher Anhäufung einer einheitlichen Krystallisation sicher höheren Widerstand entgegensetzen als ein so viel geringerer, gleichmässig, weitspurig und fein vertheilter Thongehalt mit kleinen Quarzpartikelchen und Glimmerblättchen, deren feine Vertheilung eben die Möglichkeit einer so einheitlichen Krystallisation, wie sie in den Dutenmergeln thatsächlich vorliegt, geboten hat. Eine Ausstossung so grosser und ungleicher Mengen von Thon, wie sie thatsächlich vorliegen, während des Krystallisationsvorgangs selbst, hätte dem Bau der krystallisirten Masse jedenfalls eine sehr grosse Unregelmässigkeit aufgeprägt.

In dieser Beziehung ist nun besonders merkwürdig, dass nach den Beobachtungen von GRESLEY eine mitten durch eine Concretion mit verschiedenen Dutenlagen durchgehende Sandsteinlage zwar hohen Kalkgehalt hat und stärker gefestigt ist, aber keine Dutenstruktur aufweist, überhaupt Dutenstruktur sich in Sandsteinen nicht zeigt; wenn auch hier einer hypothetischen Ausscheidung von Sandkörnern und ihrer Fortbewegung Manches im Wege stände, so könnte doch die krystalline Anordnung, so wie sie sich z. B. COLE im Einzelnen vorgestellt hat, vorhanden sein, thonige pigmentirende Beimengungen könnten ebenso die Grenzen der Kegel und Duten andeuten, wovon aber gar nichts erwähnt wird.



Die oben erwähnten Bestimmungen des Thongehalts des Vorkommens von Krzeszowice und Kemnath von A. SCHWAGER habe ich unter dem Gesichtspunkte ausführen lassen, dass man möglichst auf den Gesamttongehalt vor dem Eintritt einer hypothetischen Austreibung des Thones zurückkommen würde; es wurden also grössere Mengen der Substanz mit ihren zahlreichen makroskopisch sichtbaren Thonausscheidungen genommen und zwar so gewählt, dass letztere nur auf die mit-analysirten Mergellagen bezogen werden konnten; bei dem Kemnather Exemplare kam hierbei die ganze Dicke der 1,5 cm messenden Schicht in Betracht.

Die Unterschiede in dem Thongehalt sind also unter Berücksichtigung aller vorhandenen Analysen so, dass jedes Mehr des Einschlusses die Unnöthigkeit der Austreibung des Thones bei dem geringer thonhaltigen Vorkommen beweisen würde, wenn es bloss auf die Frage nach dem möglichen Maximalquantum der eingeschlossenen Fremdsubstanzen ankommt.

Es scheint uns hiernach bei der ausserordentlichen Menge von Fremdkörpern, welche Calcit in den krystallisirten Sandsteinen in sich aufnimmt, nicht ganz berechtigt, bei der Dutenschichten-Krystallisation ohne Weiteres von einer Austreibung nicht „krystallisationsfähiger“ (soll heissen: einschliessbarer) Substanz zu reden; ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, welche der Anschauung eines sich häufenden Transports grösserer Glimmertheilchen durch die zähe Substanz hindurch ohne gewaltsames Durcheinanderwühlen, ohne Verbiegungen und Zerreibungen der vorhandenen feinen Lagerungsanzeichen entgegenzutreten.

Hierbei kann man unter Betonung fragen, warum die ausgetriebene Substanz stets lediglich ein Thon ist, warum er unter der fortdauernden Concentration von Kalklösung, welche weitere regelmässige Krystallisation in engster Organisations-Anlagerung verursacht, nicht zum Mergel wird;<sup>1)</sup> man hat es vielmehr stets mit einem stark an die Styolithenkappen erinnernden, sehr carbonatarmen bis carbonatfreien Thon zu thun! Eine gleicherweise an jene erinnernde Thatsache ist die Anhäufung der Eisenoxydverbindungen (sei es Eisenoxydhydrat oder Eisenoxydul, vgl. unten S. 216) und die der Auflösungsfläche entsprechende blätterige Lagerung sowie Schichtung in den Thonscheiden.

Ueber die Vorbedingungen einer grösseren und wechselnden Masse von Fremdkörpereinschlüssen bei der Krystallisation vgl. unter Cap. X.

Um zu einer chemischen Prüfung der Frage zu kommen, stellen wir zur Einleitung die eingehenderen Analysen der oben nach dem Thon- und Carbonatgehalt erwähnten Vorkommen zusammen. Die drei letzten Analysen III—V sind mir von A. SCHWAGER zur Verfügung gestellt; es fehlt dabei die nicht näher ausgeführte von Kemnath (siehe S. 212). Analyse V gibt die auf die Gesamtquantität berechnete Analyse unter VIIb in VIa—VIIb (S. 216) noch mitgetheilten Analysen der Auflösungsrückstände und Thoneinschlüssen von Krzeszowice und Staffordshire.

<sup>1)</sup> Wenn zwar nach der sich weiter bildenden Concretion ein dauernder Lösungszug vorhanden ist, so könnte doch auch ein Restcarbonat-Entzug aus den Thonschichtlagen selbst angenommen werden, wenn nicht quer zur Schichtung oder Lagerung der Thoneinschlüssen einem solchen Entzug so kleiner Mengen, wie sie die hypothetisch zusammengedrückten Thonmassen zu enthalten noch fähig wären, die grössten Widerstände bereitet würden. Wir haben übrigens S. 197 die einzige Möglichkeit dargestellt, wie sich die Thonschichtlagen durch Verdrängung gebildet haben könnten; darnach dürfte nach aussen die scharfe morphologische wie chemische Grenze zwischen Thon und Mergel weder als Folge der Verdrängung von innen her, noch unter der Wirkung der fortdauernden Concentration und Mergelkrystallisation von aussen her nicht existiren.

Zu III ist zunächst zu bemerken, dass schon die Menge der Kieselsäure auf einen Ueberschuss an freier Kieselsäure (Quarz) schliessen lässt; die Magnesia und zum Theil die Alkalien lassen sich auf den beigemischten Glimmer beziehen; das übrige gehört den Feldspathfragmenten und den bei dem galizischen Exemplar unter dem Mikroskop verhältnismässig gering zu schätzenden thonigen, stark kaolinisirten Substanzen an; der grosse Gehalt an Fe O ist auf die grössere Zahl der in der Probe die Substanz durchziehenden sehr feinen grünen Thonklüftchen zu setzen (vgl. oben Cap. III S. 179).

In dem Kemnather Vorkommen zeigten sich in der carbonatfreien Substanz 59,0 Kieselsäure und 31,0 Thonerde, Eisen, Mangan etc. und 6,6 H<sub>2</sub>O + Org. Die Zusammensetzung dürfte eine ähnliche sein. Auf 100 Theile der Substanz kommen also beim österreichischen Exemplar etwa 4,5 Thonerde und 13,9 Kieselsäure, stärker ist der Ueberschuss von Kieselsäure über die Thonerde bei der von YOUNG nach HOLMS POLLOK l. c. 1888 S. 7 mitgetheilten Analyse mit bzw. 2,37 und 14,60, welche II zum Vergleich mit der von Donzdorf I und Staffordshire IV übersichtlich hier angeführt sei:

I Dutenmergel aus dem br. Jura von Donzdorf (vgl. oben S. 212) nach GMELIN:	II Cone-in-Cone von Water- land in Ayrshire (Carbon) nach HOLMS POLLOK:	III Dutenmergel von Krzes- zowice b. Krakau (Carbon) (einschl. Thoneinschaltg.) nach AD. SCHWAGER:	IV V Dutenmergel v. Stafford- shire nach AD. SCHWAGER:	
			1. krystallisirte Masse	2. Thonein- schaltung
Ca CO <sub>3</sub> . . . 78,73	71,34 . . . . .	71,91 . . . . .	52,28	4,04
Mg CO <sub>3</sub> . . . 0,44	1,88 <sup>1)</sup> . . . . .	1,02 . . . . .	27,12	1,73
Fe CO <sub>3</sub> . . . 2,62	— . . . . .	1,33 . . . . .	10,58	—
Mn CO <sub>3</sub> . . . —	— . . . . .	0,67 . . . . .	2,59	—
Ca SO <sub>4</sub> . . . —	— . . . . .	0,22 . . . . .	—	—
Ca O (im Rückstand)	— . . . . .	0,21 . . . . .	} . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . . } . . . . .	0,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . —	1,30 . . . . .	0,17 . . . . .		2,31
Fe O . . . . . —	— . . . . .	1,41 . . . . .		—
Mn O . . . . . —	Spuren . . . . .	0,81 . . . . .		0,39
Mg O . . . . . —	— . . . . .	0,53 . . . . .		1,88
K <sub>2</sub> O . . . . . —	} 1,25 . . . . .	0,84 . . . . .		2,27
Na <sub>2</sub> O . . . . . —		0,17 . . . . .		0,23
Ti O <sub>2</sub> . . . . . —	— . . . . .	2,10 . . . . .		0,90
Si O <sub>2</sub> . . . . . —	14,60 . . . . .	13,9 . . . . .		55,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in Lösung 0,23 schwarzgrauer Thon . . . 14,43 <sup>2)</sup>	} 2,37 . . . . .	} 4,5 . . . . .		} . . . . . } . . . . .
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . —			— . . . . .	
Org. St. in Lösung 0,02	} 1,83 . . . . .	} 2,3 . . . . .	} . . . . . } . . . . .	} 6,92
Org., bitum. Stoffe u. Glühverlust 1,89				
98,00	99,20	100,51	101,01 <sup>3)</sup>	101,22

Der k. Landesgeologe H. A. SCHWAGER war so gütig, den thonigen Rückstand d. h. die carbonatfreie Substanz der oben erwähnten Mergel von Krzeszowice (VIa) und Staffordshire (VIIa S. 216) in einer Bauschanalyse für sich zu untersuchen; daneben

<sup>1)</sup> Bei der Berechnung von 37,00 CO<sub>2</sub> auf 39,95 CaO und 0,90 MgO bleiben noch 4,68 CO<sub>2</sub>, die erst die Summe zu 99,20 ergänzen; daneben wird noch 0,50 SO<sub>3</sub> erwähnt.

<sup>2)</sup> Hierin ist jedenfalls noch Si O<sub>2</sub> enthalten, die nicht eigens bestimmt ist.

<sup>3)</sup> Der Eisen- und Mangangehalt, der zum Theil auch als Oxyd etc. vorhanden ist, ist als Carbonat berechnet; es sind hier auch mikroskopische Thoneinschaltungen eingeschlossen (vgl. S. 212).



sind die gleichfalls in einer Bauschanalyse von ihm untersuchten natürlichen Thoneinschlaltungen zum Vergleich der Bestandtheile in VIb und VIIb (S. 216) ausgeführt.

Zu dem Material und den Analysen ist Folgendes vorzuschicken: Die Thoneinschlaltung von dem galizischen Vorkommen VIb konnte nicht aus der Mitte des Stückes genommen werden, ist daher nicht ganz so intakt als bei VIb, von dem der Rückstand VIa stammt; jedoch ist die Substanz aus einer Thoneinschlaltung an der Innengrenze der äusseren, etwas zersetzten und gebleichten Zone des Mergel-Brockens entnommen; es halten sich nun diese Thoneinschlaltungen auch in der ganz gebleichten Aussenzone recht frisch, jedoch mag sich von dem weicheren Mergel trotz genauer Auslese etwas mit abgelöst haben; der Thon entwickelt daher hier etwas mehr Kohlensäure als innen; die Entkalkung mit verdünnten Säuren hinterliess nach A. SCHWAGER 92,47% der ursprünglichen Substanz (vgl. unten);  $P_2O_5$  wurde bei VIa nicht bestimmt.

Zu VIIa bemerkt A. SCHWAGER: „Bauschanalyse der entkalkten Substanz, entsprechend 13,33% der ursprünglichen Menge; diese nämlich liess, zuerst mit verdünnter Säure behandelt, noch 1,49% Carbonate ungelöst. Es war das in unregelmässig begrenzten knolligen Partien der Fall, deren Carbonatentziehung mit 10%iger  $HNO_3$  erst nach grober Zerkleinerung gelang; die Zusammensetzung dieser Carbonate zeigte 17,90  $FeCO_3$  (der Mangengehalt ist nicht bestimmt worden) 54,94  $CaCO_3$  und 27,16  $MgCO_3$ .“ — Während hierbei  $MgCO_3$  mit der früheren Bestimmung auf S. 214 von einer nicht sehr entfernten Stelle desselben Entnahmestückes mit nur 0,04% Unterschied stimmt, stehen sich aber der Gehalt von  $CaCO_3$  in beiden Partien mit 54,94 und 522,8, also mit 2,66%, gegenüber. Es ist kein Zweifel, dass diese Partien mit den bei der mikroskopischen Prüfung (Cap. VI i) erwähnten „vereinzelt in selartigen Partien hellerer Substanz, welche sich auch durch höhere Politurfähigkeit auszeichnen, die wie besser erhaltene, im kleinen nicht so sehr alterirte Theile einer ursprünglich gleichartigen Substanz aussehen“, identisch sind. Wenn wir hierbei S. 202 auf die Gleichartigkeit der Substanz alterirende Auflösungsvorgänge schlossen, so darf aus gleichen Parallelersehnungen bei der chemischen Analyse dies nur gestützt werden, da in dolomitischen Kalken (vgl. ROTH, chem. Geol. S. 71—80) das schwerer lösliche  $MgCO_3$ <sup>1)</sup> fast die gleiche Quantität beibehält und nur um 0,04%, während das  $CaCO_3$  gleichzeitig um 2,66% zurückgesetzt wurde. Das Gleiche beweist der grössere Gehalt an Eisen- und Mangancarbonat in den gleichen Knöllchen von VIa, der bei der „alterirten“ Partie um 4,73%<sup>2)</sup> abgenommen hat. Bezüglich VIIb, bemerkt A. SCHWAGER, dass „die Thoneinschlaltungen selbst noch 6,59% lösliche Bestandtheile enthalten und zwar  $CaCO_3$  4,04;  $MgCO_3$  1,73;  $Fe_2O_3$  0,62;  $MnO$  0,19 (vgl. unten); organische Substanz ist in geringer Menge vorhanden, jedoch grösstentheils die schwarze Färbung bedingend“ (letzteres wohl wegen der geringen Menge von  $FeO$ ). „Die Bestimmung der organischen Substanz bei kleinen Probemengen nach dem Aufschluss mit Flusssäure und nachfolgender Wägung auf dem Filter können nur annähernde Werthe geben“.

Der Vergleich dieser Analysen beweist, dass die natürlichen Thonscheiden, welche sich gegen Verwitterungs-Veränderungen von der Oberfläche her viel widerstandsfähiger erweisen, als die Gesteinsmassen selbst, eine deutliche Veränderung der Bestandtheile gegenüber der von Carbonaten freien Grundsubstanz der Mergel erlitten haben; sie charakterisirt sich im allgemeinen als eine relative Vermehrung an Kieselsäure, Thonerde, Magnesia und (zum Theil sehr unbedeutend) Kalk, dagegen eine bedeutendere Verminderung der Alkalien Kali und Natron, was z. B. mit der von E. WEINSCHEK (Grundzüge der Gesteinskunde S. 68) mitgetheilten Veränderung stimmt, welche ein Granit in seinen Bestandtheilen bei der atmosphärischen Umwandlung zu Grus erleidet. In einem Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer vermehren sich mit dem Entzug der die Auflösung begleitenden Substanzen daher relativ die weniger auflösbaren; dass Kalk und Magnesia sich vermehrt haben, mag auf Zersetzung von dem Sediment beigefügten Plagioklasen zurückgeführt werden, in welchen (vgl. ROTH, chem. Geol. I, S. 318) gelegentlich die Alkalien ganz fortgeführt werden. Die Verminderung der Alkalien ist um so auffälliger, als, schon mit blossem Auge erkennbar, sehr viel weisser Glimmer in den Thonscheiden vorhanden ist; zum Theil ist auch Biotit in Stadien der der Bleichung vorhanden, auf den auch die Vermehrung der Magnesia zurückgeführt werden kann.

Die Feldspathfragmente sind nach ihrer feineren Struktur nicht mehr zu unterscheiden; immerhin ist es bemerkenswerth, dass der lösungswiderstandsfähige Glimmer ihnen gegenüber in einem so grossen Maasstabe vorhanden geblieben ist.

<sup>1)</sup> Vgl. auch DOELTER, chem. Mineral. 1890 S. 190.

<sup>2)</sup> Vgl. Analyse IV S. 214, wobei zu bemerken ist, dass hier, wie in Anm. erwähnt wurde, der gesammte Eisen- und Mangengehalt als Carbonat in Rechnung gesetzt ist, während hier noch durchziehende Thonscheiden diesen Stoff (vgl. unten zu VIb und VIIb) als Oxyde besitzen.

	Via Auflösungs- rückstand (Krzyszowice)	VIb Thon- einschaltung (Krzyszowice)	VIIa Auflösungs- rückstand (Staffordshire)	VIIb Thon- einschaltung (Staffordshire)
Org + H <sub>2</sub> O . . . . .	6,61	{ 0,20 3,51	{ 1,10 6,23	7,41
Si O <sub>2</sub> . . . . .	55,89	58,94	58,83	58,90
Ti O <sub>2</sub> . . . . .	2,10	1,68	1,79	0,97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18,75	21,53	22,45	24,75
Fe O . . . . .	5,70	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,70	8,39	0,92	1,81
Mn O . . . . .	3,25	0,08	0,29	0,22
Ca O . . . . .	0,85	0,90	0,30	1,01
Mg O . . . . .	2,16	3,52	1,77	2,02
K <sub>2</sub> O . . . . .	3,88	1,36	3,29	2,44
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,70	0,34	2,24	0,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	0,18	0,87	0,28
	100,09	100,63	100,08	100,06

Wollte man diese Ergebnisse der Analyse durch einen dynamischen Transport in Folge der räumlichen Weiterausdehnung und den sich dabei äussernden Ausschliessungsvorgang der krystallisirenden Masse erklären, so ist erstaunlich, warum sich gerade specifisch schwerere Glimmer, welche ausserdem nach ihrer Grösse und Form der Verdrängung die grössten Widerstände bieten, relativ viel stärker angehäuft haben sollten, als die Feldspäthe und die thonigen Substanzen; schwerere Substanzen mit der Form und Grösse nach stärkeren Bewegungswiderständen sollten aber die Krystallisation nach der leichter verdrängbaren Masse ablenken und daher ihre eigene Umschliessung ermöglichen.

A. SCHWAGER macht mich noch darauf aufmerksam, dass bei dem Carbonatentzug der Thoneinschaltungen von VIb und VIIb mit schwacher Säure bezw. 7,53 und 6,59% in Lösung gegangen sind, dass hierbei aber das neben CaO und MgO auftretende Eisen und Mangan nicht als Carbonate berechnet werden könnten, sondern nur als Oxyd; bei VIb sind von 7,53% Gelöstem 6,01 CaCO<sub>3</sub> 0,69 MgCO<sub>3</sub> und 0,64 Eisen und Mangan (wohl auch Thonerde), was schon so die Summe 7,34% und eine weitere Berechnung der Metalle als Carbonate nicht zulässt; bei VIIb sind von 6,59% in verdünnter Säure gelösten CaCO<sub>3</sub> 4,04, MgCO<sub>3</sub> 1,73, was sehr wohl eine Berechnung von Eisen und Mangan als Oxyd mit bzw. 0,62 und 0,19% (in Summe 6,58), aber nicht als Carbonate gestattet.

Wenn A. SCHWAGER dies unter Betonung für bedeutsam hält, so kann man der Thatsache folgende Auslegung ganz im Sinne unserer Auflösungstheorie geben; wie oben ausgeführt, ist die Substanz, die an den Rändern der Thonspalten zur Auflösung kommt, schon durchaus nicht gleichmässig; kleinste ringsumschlossene Partien der Hauptmasse werden auch von dem Auflösungsthon umhüllt; hierauf wäre theils das Kalk- und Magnesiicarbonat zurückzuführen; während aber die Lösung dieser Stoffe fortgeführt wird, höchstens bei CO<sub>2</sub>-Verlust wieder die Carbonate sich neu bilden, oxydiren sich die Lösungen von Eisen und Mangancarbonaten (vgl. RORH, chem. Geol. I. S. 81); es weist auch dies ganz besonders auf Lösungsvorgänge und ihre Begleiterscheinungen bei der Bildung der Thonscheiden hin. Wenn man nun andererseits auch einwenden könnte, dass die in hypothetisch zusammengedrängten Thonlagen vorhandenen Lösungsreste ihre eigenen neuen Bedingungen hätten, so sind doch keine so grossen Aenderungen anzunehmen, dass bei fort-dauernder Krystallisation des Mergels die Eisen- und Manganverbindungen sich nicht auch noch als Carbonate ausfällen sollten; dass dies aber nicht geschieht, stützt unsere Annahme einer zeitlich, stofflich und ursächlich von der Mergelkrystallisation völlig verschiedenen Entstehungsart der Thonscheiden und ihrer löslichen Bindungen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Diese Oxydation deutet eher auf neben CO<sub>2</sub>- auch O-haltige Versitzwasser hin; O im Bodenschlamm wäre vor der Eisen-Carbonatausscheidung zu Ocker verbraucht worden!



Die aus den chemischen Analysen gewonnenen Resultate lassen sich also mit unserer Ansicht, dass in den Thonscheiden ein Auflösungsprodukt vorliege, sehr wohl vereinigen, während die ihr entgegengesetzte Ansicht aus ihnen keine Stütze entnehmen kann.

Von Wichtigkeit ist es, gleich hier zu betonen, dass unter den Concretionen die krystallisirten und die einfachen dichten in Bezug auf den Kalkgehalt einander gleich kommen, wenn auch letztere im Grossen und Ganzen kalkreicher zu sein scheinen; eine Geode aus den Opalinusschichten im Katharinenschacht von Amberg hat nach v. GÜMBEL, fränk. Alb. S. 89, 85,7 Carbonate und 14,2 Rückstand; solche Geoden führende Opalinusthone zeigen bei fränkischen Vorkommen nach v. GÜMBEL zwischen 8 und 19% Carbonaten und zwischen 92 und 87% Rückstand, in dem Nagelkalk führenden württembergischen Vorkommen (Wasseraffingen) zwischen bezw. 17,30 und 71,24%. Da nun diese Geoden in den Thonen als Concretionsmassen entstehen, so ist auch unter Berücksichtigung des verschiedenen Raumgewichts, die sehr grosse Verschiedenheit der Gewichtsprocente zwischen Geoden und thonigem Muttergestein nicht leicht zu verstehen; hierbei ist Folgendes zu beachten:

1. Bei der Concentration der Kalklösung und stetigen Ausscheidung der Carbonate in dem noch durchfeuchteten, daher durch seine Wasserhaltung räumlich noch recht ausgedehnten Thon, wird die Dichte des Thones zur Zeit der noch grösseren Ausdehnung festgehalten, während dies in der weiteren Umgebung nicht der Fall ist, der Thon daher durch dort die spätere Zusammendrückung stark vertikal gepresst wird (vgl. S. 201 Anm. 2); hieraus ist vielleicht die hohe Feinheit der Bänderung des Thones zu erklären, welche v. GÜMBEL z. B. bei noch schwach kalkigem Thon der Opalinusschichten beobachtete. 2. Geschieht, wie es scheint, durch die Ausscheidung von Kalk aus der Lösung eine Ausdehnung der Masse (vgl. oben Cap. V S. 201). 3. Geschieht ausserdem in der Umgebung der Concretion ein Entzug von Carbonaten, deren Vorhandensein dort der Thonverdichtung bei der Erhärtung und Austrocknung unter Druck etc. sich entgegenstellen würde; hieraus folgt dort eine höher gesteigerte Zusammendrückung als sonst, wo keine lokalen Concentrationen stattfinden, sich also schwächer kalkige und dickere Mergelbänke entwickeln würden.

Es ist die Frage, wie sich die einfachen Geodenconcretionen zu den krystallisirten, d. h. den Dutenmergeln verhalten, nicht zu umgehen, da beiderlei Bildungen in denselben Schichten vorkommen (vgl. Cap. XIV und XV).

#### Cap. VIII. Schlussfolgerungen über mögliche Krystallisations- und Auflösungs Vorgänge.

Wie aus dem vorigen Capitel hervorgeht, konnten auch wir die Meinung von fast allen über die Dutenbildung sich aussprechenden Autoren bestätigen, dass die mergelige, kalkige Gesteinsmasse, in welchem jene Bildung vor sich ging, durchgängig eine krystallisirte ist; wir konnten sogar feststellen, dass sie, abgesehen von den Kegelaxen, eine durch sämtliche Kegel eines Vorkommens hindurch höchst einheitliche genannt werden muss. — Alle Autoren haben nun als ursprüngliche morphologische Bildungseinheiten jene aus der Dutenkuchen-Oberfläche wechselnd hoch herausragenden und bei der künstlichen Zertrümmerung, sowie bei der Verwitterung des Gesteins herausfallenden, kegel- bis nagelartigen Gebilde angenommen. Solche Bildungseinheiten lässt COLE im Innern einer thonigen Schicht-

masse für sich entstehen und an den horizontalen Grenzflächen der Schicht Halt machen, so dass zuerst ein Kegel mit glatter Manteloberfläche auftritt; stets nur in gewisser Entfernung von dessen Spitze beginnt nach COLE der Process von Neuem nach rückwärts und bildet eine neue Kegelmantelscheide um den ersten Kegel und so fort; jede neue der wechselnd dicken Kegelmantelscheiden hat eine glatte Aussenfläche und eine concave, gerunzelte Innenfläche, deren Runzeln eine treppenartig conisch abgestufte Modifikation der primären Kegelgrundfläche darstellen würde; es sollen aber auch nach dieser Ansicht im noch tieferen Innern des Schichtgesteins, aber entfernt von diesen Anfängen, feinere mit manchmal verlagerten Anfangsspitzen, aber doch parallel bleibenden Hauptaxen und in ältere Theilaxen einmündende grosse Kegelmantelscheiden entstehen, deren Verlauf derart vorausberechnet regelmässig sein müsste, dass sie in ihre weite, allmählich erst zurückwachsende Oeffnung alle kleineren (älteren!) concordant umlagern und ihre innere Thonscheide gleichmässig in die Thonscheiden der peripheren kleineren Kegel und Kegelscheiden einmünden lassen (vgl. Taf. II Fig. 10).

Die Thonscheiden selbst entstehen nach COLE dadurch, dass durch den primären Kegel nach dessen glatter Aussenwand hin der nicht mehr krystallisirbare Theil des Thons ausgeschieden wird; die inneren treppenförmigen Absätze der zweiten etc. äusseren Scheiden drücken sich in diese weiche Masse ein; es sollen die horizontalen Flächen der Absätze eine Wiederholung der homologen Kegelgrundfläche sein. Diese Kegelgrundfläche wird nach COLE dadurch verursacht, wenn conical groups of fibres will terminate in their outward growth against a second surface, parallel or approximately parallel to the surface from which crystallisation has spread. Dabei ist aber zu bemerken, dass zu dieser Wiederholung der „main structure“ auf der Innenfläche der neuen Kegelmantelscheiden jeder ähnliche Anlass fehlt, daher die horizontalen Flächen völlig unverständlich bleiben (S. 174). Hiebei ist zu bemerken, dass den Hauptkegelgrundflächen völlig gleichgebildete breite Grundflächen auch ohne das Vorhandensein irgend einer weiteren horizontal abschliessenden Schichtgrenze noch im Innern der Krystallsäulen oder -Wände vorkommen und dass diese ihre Form, die sich stets gleich bleibt, hier die Ursache der Lagerung des hypothetisch bei der Krystallisation sich fortwährend ausscheidenden ganz weichen Thones, also dieser ganz untergeordneten Ausscheidungsmasse gegenüber reine primäre Form ist; nun ist es doch ganz undenkbar, dass das bei der Krystallisation angeblich ausgeschiedene, ganz weiche Material formengebend (und zwar in stets gleicher und bestimmter Weise) auf die feste und geschlossen fortwachsende Krystallmasse ähnlich einwirken soll, wie eine heterogene Schichtgrenze, dass dabei diese Flächen ganz gleichartig ausfallen,<sup>1)</sup> einerlei, ob sehr wenig oder recht viel Thonsubstanz „ausgeschieden“ wurde.

Wir haben auch oben schon bemerkt, dass die Art der Auslöschung nicht darauf hinweist, dass das Grundelement der Dutenstruktur eine Radialkrystallisation von acicular crystallites oder crystalline fibres sein könne.

Noch schwieriger ist die Sache, wenn man bedenkt, dass die Axe in den wichtigsten Fällen gar kein krystallines Centrum ist, sondern eine breite kamin-

<sup>1)</sup> Bei schwachen Thonlagen sind es viele schmale Treppenflächen, bei starken weniger zahlreiche breite. Es zeigt sich keine Steigerung in der Schärfe und Richtung der Endfläche nach der grösseren Masse der angeblich ausgeschiedenen Substanz; nur die Zahl der Flächenabsätze ist kleiner; je grösser aber die Widerstände, je zahlreicher sollen die Unregelmässigkeiten werden.



artige Axe, an der, wie an einem Cylindermantel, sämtliche gleichartig orientirte Krystalltheile ohne eine Spur von sphärolithischen Ausstrahlungen der Elemente von einander unter gleichbleibenden Winkeln der Krystallorientirung sich sehr verschwächend ansetzen. Zwischen diesen Theilen (der Axe und der Krystallmasse) ist daher auch kein Wort für die Ansicht einer Entstehungseinheit auszusagen; eine lateralradiale Contraction (GRESLEY) nach diesen Centren kann also auch nicht die „Thonringe“ und die Runzelung der inneren Kegel- und äusseren Schichtoberfläche erklären.

Wie wir gesehen haben, ist vielmehr der Kegelkörper der Duten eine Vereinigung heterogener Elemente, welche nur durch die höhere Festigkeit der Axe als eine secundäre Einheit aufzufassen ist. Wir sehen z. B., dass in der Axe eine Bänderung vorzüglich erhalten ist, welche in Zahl und Stärke ausserhalb den Axen nicht mehr so wohl nachgewiesen werden kann, dass in diesen zwischen den Axen liegenden Partien Zusammensinkungen stattgefunden haben müssen, dass das Vorragen der Kegel zum Theil hierauf, zum Theil auf Schichtflächenauflösung zurückgeführt werden kann. Andererseits lässt sich viel wahrscheinlicher machen, dass nur in den zwischen den Kegelaxen liegenden Partien eine wahre Bildungseinheit gelegen habe, welche hingegen secundäre Veränderungen erlitten hat, die aber die sog. Kegelachse nicht berührten. Hier ist vor Allem die krystallographisch-optische Einheit der Masse um die vielen Kegelachsen herum und über die vielen nicht krystallisirten, höchst unregelmässig dicken Thoneinschaltungen hinüber von Wichtigkeit, deren Einheit nicht nur durch die höchst merkwürdigen Scheitel- und Scheitelschenkelstücke gewährleistet wird, sondern auch durch die vielen fragmentarischen Stücke, welche, ähnlich den Begrenzungen der erwähnten Theile, als unregelmässige Ausschnitte oder vielmehr Ausbrüche einer einheitlichen Krystallmasse sich aufdrängen.

Die medianen, mehr oder weniger zugespitzten oder auch abgestumpften, an Masse überwiegenden Scheitelstücke, noch mehr aber die Schenkelscheitelstücke, welche in continuirlicher Masse als gleich- oder ungleichschenkelige „Mergelrücken“ bei dem galizischen Exemplare auffälliger zu beobachten sind, diese sind die am intensivsten wachsenden Vorschübe der Krystallisation und zwar in der Richtung der Halbirungslinie des deutlich ausgeprägten Anlagerungswinkels; ihnen schliessen sich nach den Seiten und unten die an Stärke, sowie an geschlossener Krystallisation abnehmenden, zahlreichen Schenkelstücke an; sie beweisen das Nachlassen der Krystallisationsintensität nach den wenig oder fast nicht davon betroffenen Kegelaxen. Die Kegelaxe selbst erscheint dabei als völlig abhängiger Raum, der ganz von allen Seiten her eingeeengt, manchmal erweitert oder völlig ausgefüllt, endlich nach oben abgeschlossen werden kann, welche Thatsachen für benachbarte Kegelachsen in ganz gleichem Niveau auftreten können; so ist es ermöglicht, dass die Krystallisation sich auch nach vorgebildeten Horizontalbändern innerhalb der Axe ausbreiten kann (vgl. Cap. XI). Ein solcher Vorgang lässt auch die Concretion von innen, d. h. von einer continuirlich krystallisirten Basalzone (ohne Kegelaxe) nach aussen wachsen, während die Auffassung COLE's wesentlich eine umgekehrt gerichtete Bildung der Dutenconcretionen in sich schliesst.

Man könnte andererseits annehmen, dass dennoch die Kegelaxe als Centralaxe gelten könne und die Krystallisation seitlich nach aussen und oben fortschreite, bis sie auf entsprechende Lagen von der andern Seite her stosse, dass also die



Schenkelstücke die Strahlen des Wachsthums seien, dabei bleiben folgende Einwürfe unerklärlich: 1. warum wachsen die seitlichen Schenkelstücke nicht vertikal aufwärts, wo unmittelbar darüber in einem hohen Schenkelstrahl eine neue Krystallisation beginnt; 2. ist diese Voraussetzung der Lage der Schenkelstrahlen die Anlagerung an eine ältere vorragende Aggregationsform mit rhombischem Querschnitt in den Mittelaxen, d. h. da, wohin wir überhaupt die Krystallisationsculmination verlegen, während sie nach der Kegelaxe abnimmt, 3. wäre die Krystallisation hier am Ausgangspunkt am wenigsten geschlossen, gegen das Ende hin am compactesten, 4. zeigen die Spitzen der Krystallelemente vertikal in die Höhe, statt schief seitlich in der Richtung des Wachsthums des Schenkelstrahles, 5. blieben die getrennten Scheitelstücke und winkelig gebogenen, continuirlich krystallisirten Schenkelscheitelstücke (Mergelwinkel) ohne jede Erklärung, da ein medianes Zusammenwachsen durch die seitliche Thonverdrängung, welche als Grundlage der Anschauung einer Entstehung separirter Schenkelstrahlen gelten muss, ausgeschlossen ist.

Von diesen Thatsachen ausgehend kann man die Ansicht aufstellen, dass man es hier ursprünglich mit einer (abgesehen von der Kegelaxe) die ganze Masse ziemlich gleichmässig durchgreifenden, von einer einheitlichen Basallage ausgehenden, von innen unten nach aussen fortschreitenden gleichmässigen, rhomboëdrischen Krystallisation des Mergels zu thun habe, welche etwa wie die der krystallisirten Sandsteine erfolgte.

In diesem Sinne könnte man nun geltend machen, ob nicht die Thoneinschaltungen bezw. die Eigenheiten ihrer Begrenzung durch ein solches Wachstum leichter erklärt werden könnten, als durch die Cole'sche Auffassung, ganz abgesehen davon, welche Gründe gegen die Austreibung des Thones während der Krystallisation vom makro- und mikroskopischem, sowie allgemeinem Gesichtspunkte aus von uns oben erhoben worden sind.

Hierbei ist zuerst zu beachten, dass die feinen an dem galizischen Exemplar beobachteten Horizontalbänder in den krystallisirten Regionen doch etwas nach aussen bezw. oben verdrängt sein müssten, wenn mit der Krystallisation vertikal von innen nach aussen eine gleichsinnige Verdrängung des Thones verbunden wäre. Statt dessen beobachtet man das Gegentheil; dies ist nicht nur bei unseren Exemplaren der Fall, sondern es lässt sich das auch aus den Abbildungen GRESLEY's deutlich für amerikanische Vorkommen folgern.

Wir haben weiter bemerkt, dass die äusseren annähernd horizontalen Begrenzungen der Scheitelstücke und die gleich orientirten Schenkelstücke einerseits Richtungen zeigen, welche in die Klüfte der Krystallmasse hinein verlaufen, und solche, welche senkrecht zur Auslöchungsrichtung bei schwacher Neigung nach aussen und unten annähernd horizontal liegen; an den Grundflächen der Kegel bezw. der Scheitelstücke bilden sie oben zusammen deren etwas unregelmässige Ebene, an den Schenkelstücken fliessen sie zu den etwas ungleichmässig horizontalen Runzeln zusammen und kommen in gleicher Weise auch im Innern der Krystallsäulen vor. Der krystallographischen Orientirung nach müssen diese höchst gesetzmässig auftretenden Flächen auch zu definiren sein und sollten der Gradendfläche entsprechen; darnach wäre die Krystallfläche mit einer nur unvollkommen zweiseitig entwickelten unteren Hälfte eines spitzen Rhomboëders combinirt, ohne dass jemals in allen Vorkommen der Welt (Europa, Amerika und Australien) bis heute nur ein bescheidenes Auftreten der oberen Hälfte des Rhomboëders, ge-



schweige anderer Flächen, zu verzeichnen wäre. Besonders merkwürdig wäre der Neubeginn einer weiteren Calcit-Zuwachsschicht (Schenkelscheitelstück), mit jener einer Rhombenspitze entsprechenden hohlen, stets mit Thon ausgefüllten, einem negativen Krystall entsprechenden Unterseite; in solcher Weise können sich doch unmöglich die innerlich horizontal gelagerten Thoneinschaltungen aufgestapelt haben, so dass der neue Krystallzuwachs in dem gleichen Winkel beginnt, in dem der ältere Krystallabschnitt orientirt ist oder sein könnte, wenn er nicht horizontal abgestutzt und seitlich treppenartig abgestuft wäre (vgl. Taf. II Fig. 5b—c).

Dies spricht sehr gegen eine Auffassung dieser Oberflächentheile als Flächen ganz ursprünglichen Krystallwachsthums; die Beimengung von Thon kann daran nicht gut schuld sein, da 1. der Thongehalt bei verschiedenen Vorkommen ein ganz ausserordentlich verschiedener ist und ein sehr geringer werden kann (vgl. S. 212); ausserdem 2. gerade in calcitischen Sandsteinen der verschiedensten Formationen mit freien Krystalloberflächen die spitzen Rhomboëder und Skalenöder wohl ausgebildet sind und Gradendflächen überhaupt nicht beobachtet wurden. Freilich ist hierbei zu erwähnen, dass selbst bei den kleinsten Anfängen der Skulptur unter dem Mikroskop Absätze erscheinen, welche schon eher horizontale Stufen darstellen, als zackig vorragende Rhomboëderspitzen; demnach bestände die weitere Ausgestaltung mehr in einer Vergrösserung der ursprünglichen Anlage der Stufen; die krystallinische Anlage der Stufen beruhte demnach auf einer hemimorphoiden Anomalie, wie man solches beim Calcit kennt (vgl. XI. S. 234).

Ausserdem ist ein sehr wichtiger Punkt zu bedenken, nämlich dass ganz genau die gleichen Begrenzungen bei Duten in völligem oder schwachthonigen, dichtkrystallinen, eisen- und magnesiicarbonatreichen Kalk <sup>1)</sup> in primärer Vergesellschaftung zu beobachten sind, was doch auf die Morphologie der Krystallisation als Anlass zur Veränderlichkeit einwirken sollte.

Wir sind daher angewiesen, auf Verhältnisse zurückzugreifen, welche beim Kalkspath, Eisenspath (und Dolomit) eher gemeinsam sein könnten; das sind vor allem die zum Theil sehr nahe liegenden Grade der Löslichkeit in kohlenensäurehaltigem Wasser. Auf die dabei doch bestehenden Unterschiede in der Löslichkeit mögen dagegen die allgemein viel stärkeren und zahlreicheren Thoneinschaltungen bei den weniger Magnesia- und Eisencarbonate enthaltenden Kalkmergeln zurückgeführt werden. Dies hat deswegen seine Wichtigkeit, weil wir oben aus dem makroskopischen Verhalten des galizischen Exemplars schliessen konnten, dass alle Erscheinungen darauf hindeuteten, dass die Dutenmergelbildung auf einer eigenthümlichen Art der Zerspaltung nach gesetzmässig vorgebildeten inneren Trennungsf lächen und auf einer Entkalkung bezw. auf einer Reduktion des Carbonats durch kohlenensäurehaltige Flüssigkeiten beruhen könne, wodurch auf den erwähnten Zerklüftungsspalten der Thon als Auflösungsrückstand (vgl. S. 202) erscheint.

Ohne hier gleich näher auf alle Einzelheiten einzugehen, wollen wir doch zunächst Einiges anführen, was hiermit in Einklang zu stehen scheint. Vor allem darf daran erinnert werden, dass die Hauptaflösung beim Kalkspath nach SPRING in der Ebene senkrecht zur optischen Axe stattfindet, also in der Ebene, in welcher (vgl. GROTH, Kryst. 1895, S. 240) die Härte am geringsten ist. Es können also bei

<sup>1)</sup> Dutenstruktur soll auch nach GEIKIE ebenso in richtigen Thoneisensteinen, thonigem Spath-eisenstein vorkommen (vgl. oben Cap. VII); die Lebacher Vorkommen bestehen zum grössten Theil aus späthigen Spath-eisenstein.



einer Zerspaltung eines krystallisirten Mergels, (wobei im Auge behalten werden mag, dass die horizontale Lagerung der freien Thon- und Glimmertheilchen auch für sich das Abbröckeln feiner Spitzen nach der Horizontale verursachen kann), zahlreiche kleine, vorragende obere äussere Rhomboëderspitzen sehr leicht etwas zerbröckelt werden von dieser Stelle an kann eine rasche Auflösung erfolgen, welche bald Flächen annähernd senkrecht zur optischen Axe erzeugt, daher die Rhomboëderspitzen derart abschneidet, wie dies Taf. III Fig. 3, Taf. IV Fig. 3 deutlich zeigt; auf solche Flächen möchte ich die horizontalen Flächen der Treppenabsätze die Schenkelstücke und die so häufigen, unregelmässigen, horizontalen, oberen (äusseren) Begrenzungen der Scheitelstücke zurückführen.

Die Gradendfläche ist es auch, welche nicht nur an natürlichen Vorkommen oft drusig und rauh ist, sondern sich auch aus Kalkspathkugeln in Essigsäure rauh heraus modellirt (vgl. O. MEYER, Aetzvers. am Kalksp., Jhrb. f. Min. 1883 I. S. 74). Hiefür ist bemerkenswerth, dass an den hiermit parallelisirten horizontalen Flächen der Dutenrunzeln die Thonsubstanz sehr innig mit dieser Fläche verwachsen ist, während sie sich von der zweiten aufsteigenden Fläche ganz glatt ablöst. Letztere Fläche, welche wir annähernd mit der Rhomboëderfläche — 2 R verglichen, ist dagegen dicht senkrecht gestreift. Nach diesen Flächen geschehen auch Rutschungen der ganzen Masse nach den inneren Zwischenaxen zu; sie machen, wie schon QUENSTEDT bemerkt, völlig den Eindruck von Rutschflächen und zwar von solchen in Kalkspathgängen; sie haben keine deutliche Beziehung zu einer etwaigen inneren „Faserung“.

Nach solchen horizontalen Hauptauflösungsflächen wäre ja auch die Thoneinschaltung deutlich orientirt; besonders haben wir betont, dass die Schenkel der Einschaltungen an unserem galizischen Exemplar in von einander getrennte Packete eingetheilt sind, von welchen jedes seiner allmählichen Zusammenlagerung nach lediglich auf die ihm zugehörige horizontale Kalkfläche hinweist.<sup>1)</sup> Es ist natürlich, dass in den äusseren Spitzen der Rhomboëderaggregate in der Mitte zwischen den festeren Axen eine unregelmässige stärkere Zertrümmerung stattfindet, sich also hier die Hauptauflösungsprodukte ansammeln, analog den Erzgangbildungen in aufgeblättern Sätteln und Mulden (vgl. z. B. BECK, Erzlagerstätten S. 142).

Andererseits ist es verständlich, dass die Masse an der Grenze gegen die nichtkrystallisirten Axen eine rückstössige Einwirkung erfahren konnte, welche hier eine Aufblätterung des Aggregats in den proximalen Theilen der Schenkelstücke, vielleicht nach vorgebildeten Trennungsflächen, verursachen würde.

Wir können hier noch nicht auf weitere Einzelheiten eingehen, wie z. B. darauf, dass sich die Auflösungserscheinungen nur auf der convexen Aussenseite der Schenkelscheitelstücke hält, so dass die unteren bzw. inneren Flächen entweder den Charakter einer glatten Krystallfläche (Schenkelstücke) oder einer Bruchfläche behalten; das wird unten eigens behandelt werden. Wir wollen hier nur kurz auf eine Analogie hinweisen, welche uns verwandte Vorgänge sogar an frei entwickelten Kalkspathkrystallen zeigt; das sind gewisse Pseudomorphosen von Eisenspath und Brauneisen nach Kalkspath.

<sup>1)</sup> Nach der Ausscheidungs-Hypothese sollte man eigentlich folgern, dass die Thonaustreibung durch das Wachsthum der krystallographisch dichteren Rhomboëderflächen stattzufinden habe, eine deutliche Lagerung des Thones nach diesen Flächen und eine geringer ausgeprägte nach den viel weniger dichten Gradendflächen vorhanden sein müsse, wovon gerade das Umgekehrte der Fall ist.



Nach SPEYER (vgl. ROTH, chem. Geologie I, S. 165) finden z. B. Pseudomorphosen von der Gesamt-Ueberkrustung aus noch dadurch statt, dass sich Eisenspath in die Blätterlagen des Kalkspaths einschleibt. Aehnliches beobachtete BLUM und v. GÜMBEL an den Pseudomorphosen von Bodenmais (Ostbayer. Grenzgebirge S. 255); Eisenspath bildet sich hier zuerst in einem grünlich gelben Ueberzug und wandelt sich dann in Brauneisen um; auch hier findet ein Eindringen in die Blätterdurchgänge des Kalkspaths statt, welche offenbar an den frei an den Drusen hervorragenden Krystallen (Prisma und stumpfes Rhomboëder) durch Erschütterungen der Unterlage entstanden sind. Das tiefere Innere der Pseudomorphosen ist zellig porös, so weit es nicht noch Reste von Kalkspath enthält.

In der Sammlung des kgl. Oberbergamts liegt eine schöne Stufe, wo die Krystalle in verschiedenen Stadien der Brauneisen-Pseudomorphosen sich befinden, wie dies v. GÜMBEL l. c. S. 255 beschrieben hat; es ist das Prisma  $\infty R$  mit dem ersten stumpfen Rhomboëder  $-\frac{1}{2}R$ . Die Prismenkanten runden sich hier allmählich zu; es scheinen die den Rhomboëderkanten entsprechenden Theile der Prismenflächen am wenigsten angegriffen, so dass im Säulenriss ein dreiseitig verflachtes Oval hervorgerufen wird.<sup>1)</sup> Bei solcher Zurücksetzung der Prismenoberfläche wird sie, wie dies schon v. GÜMBEL angibt, stark schuppig, die Furchen zwischen den Schuppen verlaufen flach in das Prisma hinein; die meist verlängerten Schuppen selbst zeigen sich an ihren Flächen, deren Neigungen und Ecken, als identisch mit dem aufgesetzten Rhomboëder; es ist dies wohl so zu erklären, dass gemäss eines nach  $-\frac{1}{2}R$  bekannten schaligen Aufbaues die Prismenfläche angefressen und allmählich durch Brauneisen ersetzt wurde; besonders entsprechend den Trennungsf lächen des Schalenaufbaus dränge der Substanzumsatz regelmässig ein und zwar soweit, als der Schalenaufbau randlich ins Innere sich fortsetzen würde;<sup>2)</sup> von da an scheint er sich schwächer und unregelmässig auszubreiten.

Bedenken wir nun, dass wir bei unserem Objekte auch einen mehr und weniger deutlichen Schalenaufbau der sonst einheitlichen Krystallmasse nach  $-2R$  besitzen, so läuft unsere Auffassung der Entstehung der Duten-Thonlagen auf etwas ganz Analoges hinaus; da die meisten der Kalkspathconcretionen auch Eisenspath enthalten, so sehen wir auch (besonders an unserem galiz. Exemplar) die Auflösungsmassen, welche einer pseudomorphen Ueberrindung von Kluft-Ablösungsf lächen entsprechen, entweder durch Eisenoxydul grün oder mit Brauneisen braun gefärbt.

Wir haben oben ausgeführt, dass die meisten der Spalten grün gefärbt seien, nur gewisse davon braun; es sei dies aber nicht so zu deuten, dass die grünen Ausfüllungen im Allgemeinen die jüngeren Vorstadien der braunen seien, da es auch ganz dünne braun gefärbte gebe und ganz dicke grün gefärbte. Wir haben die Sache vielmehr so gedeutet, dass die braunen einer ersteren älteren Zersprengungs- und Auflösungsperiode, die grünen einer jüngeren, wobei augenscheinlich auch der

<sup>1)</sup> Es mag sein, dass das Prisma nach dem Auslaufen der Rhomboëderkanten etwas verzerrt war und die Auflösungsabrundung der Prismenkanten das Seinige hinzuthut, um den Umriss derart zu gestalten.

<sup>2)</sup> An Quarzkrystallen sieht man öfters die Ansätze zu einem schaligen Aufbau durch Einschaltung fremder Substanzen von den Combinationskanten zwischen Säule und Endspitze nur schwach ins Innere reichen; d. h. das Wachsthum der Spitze ist rascher und continuirlich, während es nach dem Prisma zu sich langsamer ergänzt, so dass sich hier vom Rande her fremde Substanzen, aber nicht so dicht, ablagern können, dass nicht schliesslich doch noch ganz regelmässige Fortwachsung von unten und der Seite her erfolgt (unvollständige Kappenstruktur).



Gehalt der auflösenden Flüssigkeit an O ein etwas anderer gewesen sein musste; wir sehen in den angeführten Pseudomorphosen freilich nicht ganz homologe, aber analoge Prozesse auftreten. Auffällig war, dass in dem mehrfach S. 148 etc. erwähnten etwas Eisen- und stärker Magnesiicarbonat-reicheren Kalk mit geringem Thongehalt aus Staffordshire die Thonlagen eine so dunkle graublauschwarze Färbung besitzen, Herr Landesgeologe A. SCHWAGER war so gütig, neben der Bestimmung der Carbonate in der krystallisirten Masse dieses Vorkommens, auch der chemischen Ursache dieser Färbung nachzugehen, er fand unter den Carbonaten einen Theil jener Carbonate, die im Gesteine selbst vorkommen, in kleinsten Mengen vertreten; er fand, dass hier, bei verhältnismässig geringen Mengen von Eisenoxyd, hauptsächlich die organische Substanz die Färbung der Thoneinschlüftung verursacht (vgl. oben S. 215).

Wir haben oben erwähnt, dass im Anschluss an die in den grösseren Spalten entstehenden Thonlagen auch ein inneres Zusammensitzen der Masse stattfinden müsse; wir haben im Vergleich mit den Vorgängen der Bildung von Styloolithen mit eingeschachtelten jüngeren Generationen darauf hingewiesen, dass dies unter ähnlicher Erhaltung der Gesamttform, wie sie dort auffällt, hier nur dadurch möglich sei, dass die Auslaugung unter sehr regelmässigen Erscheinungen im Innern stattfinden müsse; dies könnte nur innerhalb der beobachteten feinen Zerklüftung bei sehr gleichmässiger Auflösung zu erwarten sein. Hiefür ist es nun wichtig darauf hinzuweisen, dass die Krystallmasse in den Zwischenregionen ja aus einem krystallographisch ganz einheitlichen Aggregat kleinerer Krystallelemente besteht, dass diese Krystallelemente offenbar dem Rhomboëder — 2R entsprechen, welche Form eben nach v. EBNER die Lösungsgestalt des Kalkspaths ist und daher bei der Auflösung, wenn sich auch die Flächen mit Aetzspuren bedecken, doch stets erhalten bleibt.

#### Cap. IX. Die Deutung der kleinsten Zerklüftung in den krystallisirten Axenzwischenräumen.

Wir erwähnten eine eigenartige und sehr gleichmässige Art Zerklüftung der ganzen krystallisirten Masse, welche ausserdem bei verschiedensten Vorkommen ganz oder annähernd gleichartig in ihren Winkelmaassen zu sein scheint; man wäre zuerst versucht an „Spaltflächen“ zu denken, welche im künstlichen Bruch, besonders bei weniger thonreichem Vorkommen, deutlich auftreten; abgesehen davon, dass diese zu beobachtenden Zerspaltungsflächen mit den innerlichen Zerklüftungen schon deswegen nicht übereinstimmen, weil sie, nach den Vertikalaxen orientirt, bedeutend flacher gelagert sind, würden die innerlich beobachteten rhomboëdrischen Zerklüftungen die Axenverbindungen ihrer stumpfen Durchschnittswinkel senkrecht zu den vertikalen Kegel- und Mittelaxen richten; sie lägen also horizontal. Dies stimmt nicht damit, dass die mikroskopische Untersuchung ergab, dass die optischen Hauptaxen fast parallel den Kegelaxen laufen, d. h. senkrecht auf der Horizontalerstreckung der Dutenschicht orientirt sind.

Man hat es also nicht mit dem Spaltungsrhomboëder, sondern mit den inversen, dem ersten schärferen Rhomboëder — 2R, zu thun, wonach die Zerklüftung nicht der Spaltbarkeit des Kalkspaths entspricht.

Bemerkenswerth ist, dass die erwähnten Vorkommen von krystallisirten Sandsteinen von Fontainebleau, Sievering, Allerheiligen alle dieses I spitze Rhomboëder als normale Krystallform zeigen, während die Sandstein-Calcitkrystalle aus dem



faulenden pflanzlichen Organismen reichen, muddeligem Grunde entsteht; selbst die damit vorkommenden Oolithe enthalten reichlich feinen Thon und organische Substanz, die aus der Trübe der Gewässer mit eingeschlossen wurden.

Von dieser Art der Entstehung mehr isolirter und langsamer, inmitten von Gebieten noch anderer gleichzeitiger Sedimentationen, sich vertikal aufbauender Kalkwachstumsformen unterscheiden sich die zu weithin erstreckten, dicken Bänken geschlossenen Kalkeinlagerungen in denselben Horizonten wohl nur durch viel raschere und massenhaftere Ausscheidung, welche in Folge davon keinen lokalen Wachstumszusammenhalt besaßen und der ausbreitenden und ausgleichenden Sedimentation durch Wasserbewegungen anheimfielen; ich halte hier den Vergleich mit langsam am Orte der späteren Auffindung senkrecht in die Höhe wachsenden Anhydritlinsen und Knollen einerseits und den zu horizontal verbreiteten Bänken verschwemmten und ausgeglichenen Anhydritlagen (für Dolomit, ebenso wie für Anhydrit geltend) für völlig berechtigt, obwohl die Ausscheidung selbst vorbereitenden Vorgänge dem Ort und der Art nach so ausserordentlich verschieden sind. Eine Analogie mit dem Ausgehenden solcher Lagen, welche nach meinen Darstellungen (vgl. Geogn. Jahreshefte 1901, S. 34 Fig. 2, S. 59—60 Taf. I Fig. 3, 4 und 5 und die betreffende Tafelerklärung S. 122) öfters freie, vorragende Krystallenden zeigen, ist die Erscheinung, dass die Oberflächen solcher sedimentirter Bänke oft das dendritische Wachsthum besitzen. Das Nachlassen des in grösserem Maassstab erfolgenden Ausfällens der Carbonate aus der Lösung und der diese Produkte ausgleichenden, gleichzeitigen stärkeren Sedimentation erlaubt nun das bodenständige Wachsthum in schaligen Krusten, Stämmchen und Verzweigungen unter begleitendem Beginn der Thonsedimentation.

Die öfters zu beobachtende Begleitung dieser Kalklager der Cuseler Schichten durch kleine Kohlenlager halte ich für keine unmittelbar zusammenhängende Erscheinung; ich glaube, dass ihr Zusammenvorkommen nur auf ähnliche Vorbedingungen der Möglichkeit des ruhigen Absatzes in nicht stärker fliessenden und nicht grobes Material führenden Wasseransammlungen beruht, daher sie auch fast stets auf die Begleitung von Thonen und Schieferthonen angewiesen sind; es ist auch hervorzuheben, dass ihr Zusammensein nie ein so inniges ist, dass sie in unmittelbar ursächlichen Zusammenhang gebracht werden müssten.

Wir haben schon oben erwähnt, dass in den Lagen des rheinpfälzischen Permocarbons, wo diese Kalke vorkommen, auch zugleich Kieselsäureausscheidungen zu beobachten sind; auch dies spricht für warme Quellen, und es ist vielleicht angezeigt, auf einige weitere Thatsachen aus dem Forschungsgebiete über gegenwärtige Thermalwasser und ihre Absätze hinzuweisen.

Es ist vielfach darauf aufmerksam gemacht worden, wie verschiedenartig die Absätze einer und derselben kohlenstoffhaltigen warmen Quelle sein können. Für die aufnehmende Geologie ist dies von Wichtigkeit, da sie ebensowenig, wie sie sich bei Gesteinen von weithin verbreiteter Verschwemmungsentstehung bezüglich der Gerölle, der Korngrösse und des Thongehaltes für einen Horizont an eine Grössennorm einseitig halten darf, sondern auch das schliessliche Produkt der weiteren und fernsten Verschwemmung ins Auge fassen muss, so auch bei Gesteinen aussergewöhnlichen Flusswasser- und Quellabsatzes sich nicht an eine Ausbildung klammern kann, sondern auch die Möglichkeiten der Veränderungen zu berücksichtigen gezwungen ist.

Hier gilt nun zuerst die von J. Roth, Chem. Geol. I. 565 ausgesprochene Regel, dass in gleichem Maasse, als die Niederschläge entfernter von der Quelle vor sich gehen, Eisenoxydhydrat und Kieselsäure ab-, Kalk und Magnesiicarbonat zunehmen; l. c. 580 zeigt, dass die Kieselsäure im Karlsbader Sinter mit 7,42 (auf 100 Kalkcarbonat) und 77,42 Eisenoxydulcarbonat (als solches das Eisenoxyd berechnet) ausfällt und in späteren kalkreichen und eisenarmen Absätzen fehlt; l. c. S. 582 zeigt in einer Quelle von Baden auf 100 Kalkcarbonat 103,4 Kieselsäure, in dem Aragonit-sinter der Quelleitung nur 0,79 Kieselsäure, in dem Sinter eines früheren freien Ausflusses



Pseudomorphosensandstein vom Salzlacken-Berg bei Heidelberg und von Schlettstadt etc. das Skalenoëder R 3 — aufweisen (vgl. hierüber Cap. X S. 227 Anm.).

Die genannten rhomboëdrischen Elemente sind nun nicht nur höchst einheitlich orientirt, sondern bilden auch in ihrem Zusammentreten Gestaltungen von im Grossen und Ganzen ganz gleicher Begrenzung (abgesehen von gewissen Unregelmässigkeiten, welche eben das Hauptmerkmal der Dutenmergel vorstellen); dies ist hauptsächlich in der Richtung nach aussen und oben der Fall. Das Gleiche zeigt sich, wenn die Krystallisation einmal seitlich in den Axenraum übergreift wobei die neuen krystallinischen Einzelaxen und die einheitliche Gesamtaxe der Aggregation mit der Kegelaxe nicht nur || laufen bezw. mit ihr zusammenfallen, sondern auch die neue Spitze über der Mitte der Axe zu liegen kommt.

Man hat hier das Bild eines schaligen Aufbaus wie nach dem ersten spitzeren Rhomboëder und im Innern des Ganzen eine Parallelaggregation kleiner Elemente, jedes vergleichbar dem ersten spitzen Rhomboëder. Ganz untergeordnet findet sich an bestimmten Stellen discordante Aneinanderlagerung wie in Zwillingbildung und divergente Zusammenlagerung in kleinen, ganz schmalen, sehr spitzwinkeligen, nicht mehr parallelen Aggregaten; es ist dies allein schon durch das dem Concretionswachsthum entsprechende radiale Wachsthum und die dabei nothwendige durch Einschaltung erfolgende Ausbreitung der Krystallisation auf immer grössere Sphären bedingt, wonach auch die Anordnung der Kegel oft eine deutliche radiale Ausstrahlung erkennen lässt. Das kann aber das innere Bild einer hauptsächlich durch Parallelaggregation rhomboëdrischer Elemente, in parallelen Fortwachsungen bei unverändertem Habitus der krystallartigen Gesamtformen in die Höhe wachsenden Masse nicht stören, ein Bild, wie man es nach dem äusseren Anschein nicht erwartet.

Dieses ist Vorläufiges über die Bedeutung der Zerklüftung, deren Entstehung näher zu treten wir im Capitel XI versuchen wollen.

#### Cap. X. Die Bedeutung der nicht oder sporadisch krystallisirten Kegelaxen.

Es wurde oben klar gelegt, dass die krystallisirte Masse im Dutenmergel eine derart gleichmässige Parallelorientirung der Elementartheile besitzt, dass zwar von gleichlaufenden Theilaxen und einer gemeinsamen „gedachten“ Aggregationsaxe die Rede sein könne, jedoch nicht von Verzweigungsaxen oder -centren, als welche früher ziemlich allgemein gerade die Kegelaxen galten; es wurde festgestellt, dass die leichte (natürliche oder künstliche) Loslösung der Kegelstöcke aus dem Gestein nicht die Folge davon sei, dass die Kegel eine krystallinische Bildungseinheit darstellten, sondern davon, dass in den Zwischenaxenregionen eigenartige Lockerungsvorgänge eingetreten sein müssten, welche die eigentliche Bildungseinheit nicht auch als solche überliefert werden lassen.

Darnach wäre auch die Centrirung der so isolirten Theile der eigentlichen alten Einheit nach der Kegelaxe zu eine secundäre und z. Th. rein zufällige.

Es zeigen nun allseitig und rund wachsende Krystallaggregate von Kalkspath oder Baryt vor allem nach Art von Krystallskeletten längs verlaufende, hervorragende Kanten mit linear zusammengeschaarten Kanten oder Spitzen des Krystallwachthums, welche wiederum durch etwas jüngere und niedrigere quere Brücken verbunden sind, so dass bei stärkerem radialen Wachsthum und seitlicher Ergänzung in den Ecken oft innerlich gleichmässig abgerundete, ziemlich tiefe, trichter-



förmige Räume und Löcher zwischen den vorragenden Theilen entstehen. — Hierbei zeigt sich nun noch eine derartige Centrirung der zusammengeschaarten Individuen, dass den summarischen Hauptkanten auf der Oberfläche solcher Concretionen wirkliche und scharf ausgeprägte Verzweigungsaxen des krystallographischen Wachstums im Innern entsprechen, von denen nach den Zwischenräumen secundäre und tertiäre Fiederstrahlen ausgehen, welche jene Zwischentrichter mehr und mehr bis zum völligen Abschluss auszufüllen bestrebt sind.

Die Taf. III Fig. 7 und Fig. 8 von zwei Seiten dargestellten instruktiven Knollen wurden mir mit mehreren fast gleichen andern von Herrn Oberbergrath Prof. Dr. v. AMMON freundlichst überlassen.<sup>1)</sup> Es ist nach seiner Mittheilung eine Pseudomorphose von Quarz (vielleicht, doch ist es nicht ganz sicher, nach Baryt). Es zeigen sich an den Stücken die alten Concretionsformen noch recht wohl erhalten; sie besitzen eine milchige dichte Oberflächenzone; innerlich ist der Quarz hell durchscheinend und zeigt an vielen inneren, die Pseudomorphose verrathenden Höhlungen (als drusigen Auslaugungsresten der von aussen nach innen stattgehabten Umwandlung) feine Krystallspitzen und Prismen von Quarz. Während die Innenstruktur ziemlich unregelmässig körnig ist, also die alte, der Oberfläche entsprechende Wachstums-Struktur völlig verdrängt ist, zeigt die Oberfläche selbst noch vorzüglich die Formen der verdrängten Substanz. Diese lässt auf grössere und kleinere tafelfartige Aggregationsgruppen und -elemente schliessen, die mit den Tafelflächen an einander gereiht sind; diese Elemente sind schon auf den vorragenden Kanten etwas gerundet, so dass wirkliche Krystallflächen nicht erkannt werden können; die Rundung ist auch offenbar Ausdruck der Aggregationsart. Es zeigen sich stärker vorragende Hauptkanten, welche der Längsaxe der fast stets verlängerten Concretionen gleich verlaufen, und zu jenen oft senkrecht hinziehende, meist niedrigere Querkanten; von beiden werden die Trichterräume umrahmt, auf deren nach innen abschüssigen Wänden sich ganz niedrige Runzeln erheben, die den Kanten gleich gebildet sind und ihnen ähnlich, mehr concentrisch werdend, verlaufen. Die vorragenden Aggregationselemente werden nach dem Innern der Trichter zu kleiner; diese Runzeln sind für uns wichtig. Die Tafel-elemente stehen bei allen Kanten und Runzeln senkrecht auf deren Längserstreckung, wodurch eine Centrirung nach den Tiefenpunkten der Trichter verursacht ist. Eine Richtung der Axen der Aggregationselemente nach innen, jedoch nicht nach dem Centrum der Concretion — also eine Fiederstellung nach den Medianebenen der stark vorragenden Kanten als Verzweigungsaxen der Krystallisation, welche durch die Pseudomorphose zerstört ist —, wird durch eine Anzahl sehr viel kleinerer, in die Seitenwände der Trichter steil eingesenkter Trichterchen bewiesen; ihre Axen richten sich nach den Medianebenen, welche durch die vorragenden Kanten gelegt sind.

Wenn wir nun hiermit die krystallisirte Zwischenaxenmasse in den Dutenkalken vergleichen, so haben wir, wenn auch nicht an der äusseren Oberfläche, so

<sup>1)</sup> Ueber das Vorkommen theilt Dr. v. AMMON Folgendes mit: „Die Fundstelle der Biesenharder Strahlkiesel befindet sich 6 km südlich vom Bahnhof Eichstätt, nächst dem Dorfe Biesenhard. Die Stücke liegen in den südlich vom Ort an der Meilenhofer Strasse sich hinziehenden sog. Steigäckern zerstreut umher. Ueber dem stellenweise auch an die Oberfläche tretenden Oberen Jurakalk (plattigen Marmorkalk) breitet sich die Albüberdeckung von theils sandiger, theils lehmiger Beschaffenheit aus; wo lettiges Material mit wenig Sand vermengt ist, sind in ihr in dieser Gegend jene Kiesel eingebettet, wie die Aufschlüsse in den flachen Einschnitten an der Strasse darthun. Im südlichen Theil der Steigäcker hat eine vollständige Verkieselung der ganzen Ablagerung Platz gegriffen. Zweifellos haben sich die Strahlkiesel in den Absätzen der (wohl tertiären) Ueberdeckung gebildet und sind nicht etwa aus dem Jura ausgewaschen. Die meisten Stücke haben eine Länge von einigen Centimetern, es kommen aber auch ganz kleine Exemplare vor; neben einfachen finden sich grössere zusammengesetzte, neben ausgebildeten sogar unfertige Formen vor. Die Stücke besitzen einen blätterig-strahligen Aufbau, ihre Masse besteht im Innern aus Quarz, aussen aus einer opaken, weisslichen Kascholong-artigen Substanz. Die einzelnen Lamellen fügen sich bei den einfacheren Formen zu Doppelpyramiden-ähnlichen Gestalten mit seitlicher Kanten- und Eckenbildung zusammen; zwischen den Erhöhungen befinden sich trichterförmig vertiefte Räume, nach deren Centren die einzelnen Krystallblätter zulaufen, so dass, namentlich bei den zusammengesetzten Formen, die Aehnlichkeit mit Sternkorallen eine auffällige ist; man könnte darnach die Biesenharder Kiesel auch Korallenquarze heissen.“



doch der Struktur nach, zwischen den Kegelaxen gelegene mittlere Hauptkanten der krystallinischen Aggregation, welcher allerdings die radiale Centrirung nach einer Axe mit secundärem etc. Seitenwachsthum völlig fehlt. Nicht einmal die Querverbindungen zwischen den lang hingezogenen Hauptkanten und die Ausfüllungen ihrer Ecken geschehen durch einigermassen ausgeprägtes Fiederwachsthum, sondern durch Anlagerung neuer Aggregatschichten, immer mehr im Sinne eines normal aufwärts wachsenden, mit den Flächen der kleinen Krystallelemente parallelfächigen, möglichst einheitlichen, grösseren Krystalls.

Gerade in letzterem Umstande könnte es aber bei den Dutenmergeln gelegen sein, dass die den oben bei Concretionen von Kalkspath und Baryt erwähnten trichterförmigen Zwischenräumen hier entsprechenden Kegelaxenräume bei stärkerem Dickenwachsthum der Schicht so ausserordentlich gleichmässig breit bleibend senkrecht in die Höhe wachsen.

Die Kegelaxen erweisen sich nun auch schon dadurch als secundäre, dass sie in ihrer normalen Entwicklung erst in einiger Entfernung oberhalb einer allerdings dünnen Horizontalregion gleichmässiger und ununterbrochener Krystallisation auftreten und eben als Unterbrechungen im Fortwachsthum dieser zu erklären sind, während die krystallisirten Mittelregionen continuirlich aus dieser Wurzellage aufwachsen und die sie unterbrechenden Thoneinschaltungen erst an der peripheren Region stärker werden. Zur Erklärung dieser zusammenhängenden Erscheinungen ist doppeltes zu erwägen: 1. dass der Ausgang der Krystallisation nicht ein gering ausgedehnter, zu mehr radialem Wachsthum Anlass gebender Kernpunkt ist, sondern eine ausgebreitetere horizontale Fläche, von der nach oben und auch nach unten das Krystallwachsthum senkrecht vor sich gehen kann; 2. dass die Concentration der Lösung, in der später durch besondere Umstände eine Uebersättigung hervorgerufen wird, offenbar durch sehr allmählichen Zuzug aus demselben horizontalen Schichtenkomplex stattfindet, in welchem die Dutenmasse als kuchenartige Geode eingelagert ist und als „Concretion“ dieser Schichten aufgefunden wird. Beides muss beachtet werden, wenn auch nach verschiedenen Abbildungen, welche GRESLEY gibt, desgleichen nach seinen Worten zu entnehmen ist, dass in kleineren, dicken Geoden mit Dutenstruktur die Axen dieser Duten thatsächlich schwach nach der Kernlage zu convergiren.

Wenn wir hierauf die von O. LEHMANN empirisch und theoretisch festgestellten Gesetze für das Wachsthum der Krystalle anwenden, so gilt sowohl für die kleinen Aggregatelemente für sich, als auch für die zu einheitlichen und gleichartigen Krystallformen zusammen gebundenen Aggregate vor allem, dass die Bildung hier eine sehr langsame gewesen sein muss, was einerseits durch die langsame Concentration in dem Bodenschlamme der Ablagerung, andererseits auch durch die langsame Entziehung des Lösungsmittels seine ganz natürliche Erklärung finden kann.

Weiter ist zu bemerken, dass wir nach den auffälligsten Strukturmerkmalen ein Hauptfortschreiten des Krystallwachsthums nach den in den Mittelaxen zwischen den Kegelaxen liegenden Aggregatspitzen (oder -Kanten) anzunehmen haben, die gleichmässig nach den Kegelaxen zu abfallen; dieses Hauptspitzenwachsthum, welches etwa der Spitze von  $-2R$  entspricht, bewirkt nun eine Diffusionsströmung nach den Mittelaxen und von den Kegelaxen weg, welche daher hier die Krystallisation hintanhält; die Stellen stärkster krystallographischer Zuschärfung müssen auch hier die Stellen intensivsten Gesamtwachsthums sein. Wir haben Cap. IX S. 225 bemerkt, dass auch eine Anzahl anderer in Sedimenten mit Einschlüssen davon



entstehender Krystallisationen spitze Rhomboëder oder Skalenoëder von Calcit aufweisen. Wenn man nun für eine krystallisirende Substanz die Möglichkeit aller für sie beobachteten Krystallflächen an jedem Orte annehmen darf, so mögen schon die kleinsten Anfänge zu stumpfen Combinationen durch die Begünstigung des Wachstums der möglichen spitzen Form verdrängt und überwuchert werden. In Folge dieser Verdrängung hat es den Anschein, als ob (vgl. BRAUNS, chem. Mineral. S. 129) der wachsende Krystall die Form annimmt, mit der er den Lösungswiderstand der Umgebung am leichtesten überwinden kann, als ob er in der Richtung des Wachstums der Lösung nicht breite Flächen, sondern Spitzen entgegenstelle; bei weniger leicht beweglicher Lösung und geringerem Diffusionsvermögen wird sich dieses scheinbare Bestreben der Krystalle zu spitzen Formen, das wohl nur eine Folge der Auslese nach den mehr und weniger günstigen Wachstumsbedingungen (einschliessl. „Lösungsgenossen“) ist, noch vermehren.

Da die Diffusion nun in einer Thonmasse, die durch die Concentration der Kalklösung und ihre Ausscheidungen eben zum Mergel wird, jedenfalls sehr gering ist,<sup>1)</sup> so ist es in höchstem Grade wunderbar, dass bei einseitig vorschreitendem Wachstum nach den scharfen Krystallkanten(-ecken) keine Stammmaxenbildung gemäss der Lage der Kanten einerseits und kein divergirendes Fiederwachsthum mit Seitenästen nach den Kegelaxen hin vorliegt; es müssen hier Wirkungen namhaft gemacht werden, welche das Wachsthum zu einem so regelmässigen und einheitlichen ausgleichen.

Ich glaube, dass man die Ursache davon darin sehen kann, dass die Hauptconcentration der Lösung lediglich von der Seite her und der etwas durchlässigeren, die Krystallisation zuerst verursachenden Kernlage genähert stattfindet, von welcher sich das Haupt-Spitzenwachsthum ja entfernt;<sup>2)</sup> es sind daher die tieferen Theile der frei überragenden Krystallkantenzüge stets bezüglich der Concentration etwas im Vortheil, welcher Vortheil aber durch die stärkere Diffusion an den Spitzen ausgeglichen und wieder stets etwas überflügelt werden kann. Die weitere Anlagerung an den Seitenflächen der Aggregate, an denen ausser Krystallflächen auch Krystallkanten (Spitzen) auslaufen, wird natürlich zuerst durch die Hauptkante stärker beeinflusst; es sind so ganz schwache Ansätze zu unregelmässiger Entwicklung vorhanden, welche manchmal schwache Verlängerung (Verzerrung) der Krystallelemente in der Richtung der Seitenflächen und dabei fast stets eine an solches Wachsthum sich anschliessende engere Gruppierung zu schmalen, sehr spitzwinkelig zusammenlaufenden feinsten Aggregaten verursachen, welche die neuen Ansatzflächen sehr fein gestreift werden lassen (Cap. XIII); in dieser Streifung zeigt sich in den nach aussen

<sup>1)</sup> Dem entspricht auch umgekehrt in gewisser Weise die sehr langsam fortschreitende Auflösung in Säuren.

<sup>2)</sup> Selbst in gefestetem Gestein ist die Wasserbewegung nach Schichten noch massgebend (vgl. auffälliges Beispiel in Geogn. Jahresh. 1901 S. 42); umgekehrt erfolgt auch die Austrocknung bei der „Septarien“entstehung von der äquatorialen Kernlage aus nach oben und unten, aber nie von aussen, oben oder unten her. Auch die stets ebenflächigen Begrenzungen der Dutenconcretionen beweisen die ursprüngliche Stauung an Schichtflächen beim vertikalen Wachsthum, das sich dann nur durch Seitenzuzug erhalten und ausbreiten kann; die Auflösungserscheinungen später nach der Erhärtung werden in eben derselben Weise wieder zugeleitet, verändern daher an der äusseren Form wenig! — Es ist klar, dass quer zur flachen Lagerung der Theilchen und der alten Schichtstruktur jedwede Bewegungsart die grössten Widerstände erfährt; alle Adhäsionswiderstände z. B. werden bei Bewegungen parallel den nach ihren Flächen horizontal gelagerten Theilchen leicht überwunden.

und oben mit der Trichterweiterung, scheinbar eingeschalteten verlängerten Elementen häufig ein sehr spitzwinkeliges Zusammenlaufen einzelner Streifen, besonders an den Seitenrändern der auskeilenden Kegelmantelscheiden. Diese kleine Unregelmässigkeit<sup>1)</sup> wird aber sehr bald wieder durch ein regelmässiges Wachstum ausgeglichen, so dass wider eine normale Ergänzung durch Parallelaggregation stattfindet, welche ebenso häufig überhaupt nicht unterbrochen scheint.

Zugleich ist zu bemerken, dass aber derselbe seitliche Zuzug durch die entstehenden trichterförmigen Vertiefungen von diesen abgeschlossen wird, und das um so mehr, je höher die krystallinischen Massen der Schichtdicke nach emporwachsen können; die in den trichterförmigen Vertiefungen, den Kegelaxenräumen befindliche, stehende, von seitlichen Zuzugsbewegungen nicht mehr berührte Lösung wird dann allmählich nach der Tiefe und den Seiten hingezogen, vertheilt und, sogar unter zeitweise noch hinzutretenden Verdünnungen, verbraucht.

Es entstehen dann in den Kegelaxen noch mehr und weniger untergeordnete Krystallisationserscheinungen:

1. können Krystallisationen in einzelnen der Concentration noch besonders günstigen horizontalen Bändern entstehen, wie bei dem galizischen Exemplare; dies ist nur dadurch denkbar, dass in den dunkeln Bändern unterdessen schon Erhärtungen stattgefunden haben;

2. folgen diese Krystallisationen bei fehlender Horizontalbänderung mehr der vertikalen Grenze von Kegelaxen und der sie umgebenden Krystallmassen; dann bilden sie hier ein fein dendritisches Wachstum, was wohl gleichfalls auf gewisse in der Mitte am stärksten eingetretene Erhärtung mit Erhöhung der Diffusionshindernisse bis zur Peripherie der Axencylinder zurückzuführen ist;

3. wird durch normales Weiterwachsen der Seitenflächen der Aggregate nach der Mitte der Kegelaxe diese sehr häufig ganz ausgefüllt; diese Ergänzung findet besonders bei nicht bedeutender Dicke der Dutenschicht statt (vgl. P. 4);

4. erscheinen ebenso in vielen Fällen bei Dutenschichten grösserer Dicke die Kegelaxen nur aussen, bzw. oben in gleicher Weise geschlossen und „ergänzt“; diese und die unter 3. erwähnte Thatsache ist dadurch zu erklären, dass, sobald die Krystallisation der Massen zwischen den Kegelaxen an der oberen Grenze der Schicht an einer nicht krystallisationsfähigen — will heissen: die Lösung nicht oder weniger leitenden — heterogenen Masse Halt macht, der Rest der sich noch zuziehenden Lösung die Krystallisation seitlich in den peripheren Raum der Kegelaxen verdrängt und so diesen mehr oder weniger tief nach unten und innen schliesst (durch Rückschlag); diese Schlusspartien sind es, welche (ähnlich in Fall 3) durch die später stattfindende Raumverminderung in den Mittel-

<sup>1)</sup> Im radialen Schnitt durch die Axen ist hiervon gar nichts wahrzunehmen; möglicher Weise können auf diese Fiederung als Axe auch die von GRESLEY abgebildeten schwachen Fiederringe (vgl. l. c. Bd. 1894, Taf. XXXVI, 12) bezogen werden, welche freilich nicht nothwendig primär sein müssen. Diese Convergenzstreifen auf der Oberfläche der Kegel sind auch wohl früher für die Deutung der Kegelaxe als Ausgangsaxe der Concretion massgebend gewesen; sie befinden sich nur auf der Oberfläche und weisen nicht auf innere Kegelaxen hin. Wichtig sind diese Streifen dadurch, dass sie orientirend von den Kanten des Hauptfortschreitens des Wachstums nach den Trichterräumen des zurückbleibenden Wachstums zusammenlaufen und nach der Axenergänzung hinweisen; ihre Convergenz ist Folge der Anpassung an die sich nach Innen vorragende Trichteröffnung; ihre Gruppierung ist nicht eine Divergenz von einem anfänglichen Ausgangspunkt des Faserwachstums (vgl. S. 226 Z. 28, Ausführliches in Cap. XIII).



räumen als Kegelpyramiden gemäss den Kegelaxen über die Schichtoberfläche emporragen.<sup>1)</sup>

Oeffnen sich die Kegelaxen weit trompetenförmig, so wird beim Anstossen der Krystallisation an einer heterogenen Schicht diese Oeffnung durch eine grössere Anzahl kleinerer und schwächerer Kegelbildung ausgefüllt, welche zwar hineinpassen, sich aber doch regellos zur früheren Krystallisation verhalten.

5. Die Erscheinung, dass eine Kegelaxe derart von allen Seiten her ergänzt wird, dass über ihr oder in ihrer Fortsetzung eine neue Krystallisationsculminationsaxe auftritt, findet öfters in der unteren Schichtzone statt und bewirkt eine Verminderung der zuerst viel zahlreicheren Kegelaxen; andererseits entstehen bei einem durch Stauung an einer heterogenen Schicht entstandenem Abschluss der Krystallisation in der Mittelregion und bei dann nachfolgender Ergänzung der Kegelaxen in den äusseren Trichteröffnungen oft eine Anzahl kleinerer Kegelaxen.

Man erkennt also, dass mit unserer Auffassung der Kegelaxe und Mittelregionen auch die Gesamtheit der übrigen Erscheinungen wohl zu vereinbaren ist. Auf die durch die Hemmung an einer heterogenen Deckschicht rückschlägig erfolgende Ausfüllung der Kegelaxen nach unserer Auffassung ist auch vielleicht die von JOHN YOUNG (l. c. S. 7) dargelegte Thatsache zurückzuführen, nach der in der oberen Region der Dutenschicht der Kalkgehalt bis zu 8,5% stärker ist als in der unteren, obwohl die Schwierigkeiten der Concentration doch allmählich wachsen müssen, ferner die gelöste Menge von Kalk in einer Schicht auch immerhin eine begrenzte ist und je grössere Wege sie zurücklegt, um so langsamer sich zusammenzieht.

Hier anzuschliessen ist vielleicht noch die durch ein Vorkommen belegte Thatsache, dass bei benachbarten Kegeltrichtern in thonigem Dutenmergel völlig anders geartete knollige, nicht concretionäre kalkige Fremdkörper enthalten sind (vgl. S. 194), die von der Dutenkrystallisation innig und einheitlich umschlossen und umwachsen scheinen. Dass sie gerade in den Kegeltrichtern liegen, ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass ihre Einsenkung in der noch weichen Thonmasse einen verdichtenden Druck ausübte, so dass die Diffusion in dem unter ihnen liegenden Vertikalraume bemerkbar verringert wurde; hier wäre die Ursache deutlich, die sonst die Kegelaxe bewirkte, d. h. Differenzen in der Diffusion (vgl. Anhang über Conellen).

Wir kommen nun noch zu der dynamischen Bedeutung der Kegelaxen. Man kann von vorne herein als selbstverständlich feststellen, dass die Kegelaxen als zum Theil nicht krystallisirte, zum Theil sehr geringe und verschiedenartige Krystallisationserscheinungen zeigende, als nachträglich, besonders blos aussen peripher oder hier lediglich verstärkt krystallinisch ergänzte Vertikalpartien sich bei ihrer Austrocknung und Erhärtung sowohl, als bei ihrem Verhalten gegenüber dem Gebirgsdruck ganz anders als die Mittelpartien erweisen müssen. Weiter ist noch eines anderen Umstandes zu gedenken.

Wenn die Kegelaxen dadurch entstehen, dass von längsverlaufenden und vertikal aufwärts wachsenden Zügen geschlossener, möglichst gleichartig orientirter

<sup>1)</sup> Diese Hervorragungen könnten vielleicht als Folge von Emporwachsen in die Hangenschicht angesehen werden; warum aber sollte das gerade hier stattfinden, wo der Krystallisationsprocess schon in Folge der viel ungünstigeren Kommunikationsbedingungen der nachlassenden Concentrationskräfte eben im Ausgehen begriffen ist, während die bisherige Hauptkrystallisationsmasse an der hangenden Schichtfläche ihren festen Widerstand gefunden haben soll?

Aggregate von Krystallelementen durch secundäre Querverbindungen von gleichartiger Entstehung und Orientirung nicht krystallisirte Räume abgegrenzt werden, deren Ecken allmählich zugerundet werden, so dass endlich Räume mit cylindrisch trichterartiger Form bei mehr oder weniger länglich ovalem Querschnitt entstehen, so tritt der Fall ein, dass bei der Tendenz zu möglichst gleichartiger Orientirung der Elemente und thatsächlicher Bildung gekrümmter Oberflächen, in der Krystallmasse innere Spannungen entstehen können; hierzu tritt noch die entweder peripher theilweise oder hier verstärkt auftretende Ergänzung der Axenräume durch nachträgliche Krystallisation, welche die Spannungen zwischen Aussen und Innen vermehren müssen, besonders wenn die nicht oder wenig krystallisirten Axen sowie die nicht krystallisirte Kernlage auf andere Weise nachträglich für sich erhärten.

Es ist hierbei daran zu erinnern, dass die Ergänzung der Axenräume, wo also die Krystallmasse am ehesten als Skelett aufzufassen ist, in Pausen der abnehmenden Krystallisation an den vorragenden Kanten eintreten wird, da der Zuzug der Lösung (vgl. Cap. X) aus vielen Gründen niemals constant bleiben kann. Wir erinnern weiter, dass es eine mehr und weniger vollkommene Ergänzung der Axenräume gibt, welche letztere den Weg zur ersteren durch Ausfüllung der Ecken-Nischen andeutet; bei ersterer unterscheidet sich die Krystallmasse in ihrer Orientirung fast in nichts von den Zwischenräumen.

Was nun die Entstehung von gekrümmten Flächen mit continuirlicher Strukturstörung betrifft, so hat O. LEHMANN dargestellt, dass sie bei stark abnehmender Diffusionsmöglichkeit, bei anwachsender Uebersättigung, vor dem Punkt der amorphen Ausscheidung, dadurch eintritt, dass in Folge der Zunahme der Wirkungssphäre des Krystalls die Moleküle mit grösserer Geschwindigkeit auf der vorhandenen Krystalloberfläche auftreffen und so keine Parallelanlagerung stattfindet.

Dieser Fall kann an der Grenze der (vgl. oben) für sich erhärtenden Kegelaxe und der krystallisirten Masse sehr wohl angenommen werden, wenn wir hier vorher sowohl eine gewisse Zunahme der Concentration in dem tiefen Theile der Kegelaxe durch Versinken der spezifisch schweren Lösung von der Richtung der hauptsächlichsten Krystallisationsprocesse (zur Zeit des Kanten- und Spitzenwachstums der Mittelregionen) annehmen können, wenn die beginnende Erhärtung der Kegelaxen auch die Diffusion noch erschwert und der krystallisirte Mantel auf den geringen Rest der Lösung in dem kleinen Innenraume, seine Anlagerung beschleunigend einwirkt. Die oben erwähnte Ausfüllung der Eck-Nischen zu gerundeten Trichtern und Cylindern erfolgt zwar nicht durch eine hier beschleunigte Krystallisation, ähnlich wie an vorspringenden Krystallecken und Kanten; es kann aber hier leicht im Zustand des ruhigen Stehens der Lösung die Uebersättigung zunehmen, weil diese Stellen nicht frei vorragend sind. Eine solche Art der Zusammenlagerung zu gekrümmten Gebilden erzeugt aber Spannungen,<sup>1)</sup> welche bei Versuchen, die

<sup>1)</sup> Auch COLE macht l. c. S. 3 auf die Aehnlichkeit der Horizontaldurchschnitte der Thoneinschaltungen mit perlitischer Struktur aufmerksam, was um so berechtigter zu sein scheint, als RUTLEY diese auch in einem Obsidian von PILAS an kegelförmigen, nicht rein sphärolithischen Absonderungen entdeckt hat. Mag man dieselbe nur auf reine Zusammenziehung oder Schrumpfung zurückführen, immer handelt es sich um die Auslösung innerer Spannungen, welche, wie ich annehme, auch im vorliegenden Falle, von wieder anderen Ursachen stammend, wirksam sind; die in dem erwähnten Obsidian entdeckten kegelförmigen Sphärolithen erinnern auch an ähnliche Neubildungen im Glas durch überhitztes Wasser (vgl. DAUBRÉE, Experimentalgeologie 1880 S. 130 bis 132).



Krümmung aufzuheben,<sup>1)</sup> nach O. LEHMANN, zur Zertrümmerung der Gebilde Anlass geben. Nach QUINCKE (vgl. O. LEHMANN, Molekularphysik Bd. I S. 390) sind solche innere Spannungen mit optischen Anomalien besonders dadurch zu erklären, dass Krystalle zuerst skelettartig wachsen und sich später „ergänzen“. Diese Möglichkeit gilt nicht nur für einzelne Krystalle, sondern auch für Aggregate, bei denen, wie hier, das Bestreben zu hoher Vereinheitlichung der Zusammenlagerung erkennbar ist.

An der Abrundung der Ecken-Nischen an den Durchkreuzungspunkten der beiden so oft aufeinander senkrechten Krystallisationszügen, wie solche auch Taf. II Fig. 7 und 8 in einiger Tiefe der Trichteröffnung erkennen lassen, ist auch zum anderen Theil noch folgende Thatsache schuld. Alle sich an die nach innen abfallenden Flächen der Hauptzüge haltenden und daher von den Firstkanten an den dachartigen Krystallflächen niederziehenden Lösungsnachschübe, welche auch flächenhaft von oben nach dem Kegelaxen-Innern langsam vordringen, — vereinigen sich in den Nischen und bei diesem Zusammenfließen rücken sie hier in Folge der Oberflächenspannung mehr nach innen vor, runden so die Oberfläche der vordringenden Wasserschicht in den Ecken zu;<sup>2)</sup> dem folgt natürlich auch die Krystallisation in einem gewissen Maassstab, selbst wenn hier die krystallisirte Masse weniger dicht zusammengelagert wäre.

Die vorhandenen Ungleichheiten der inneren Bindung werden, wohin man auch den Schwerpunkt legen mag, bei wachsender Erhärtung und zunehmendem Gebirgsdruck, Zerspaltungen verursachen müssen, welche, wie die der Septarien, denen unserer Dutenconcretionen vergleichbar sind, ganz bestimmte Formen besitzen sollten. Dem Vorhergesagten entsprechend, sollten sie, von den Kegelaxen als festen Axen ausgehend, sich nach den Seiten ziehen und im Allgemeinen von Innen nach der Peripherie verlaufen. Der Componente dieser Wirkungen wäre ein Anschluss an die vorgebildete Zerklüftung und eine Wendung der Zerspaltungen um die Kegelaxen herum am entsprechendsten, welche Zerspaltungsanfänge durch die Kräfte des Gebirgsdrucks auf eine linsenförmige, beiderseits auskeilende Masse gleichmässig verstärkt werden müssen (vgl. Anm. 1).

Die Zerspaltungen scharen sich nun thatsächlich um die Kegelaxen herum, haben die Neigung der Zerklüftungsflächen, und wenige stärkere greifen über Zwischenbrücken hinüber und erreichen dabei eine stärkere Horizontalausdehnung.

Die beiderseits von den Kegelaxen nach aussen und seitlich verlaufenden Sprünge sind häufigst einseitig gelegen, treffen sich zwar auch in der Mittelaxe, wobei sie sich gegenseitig entweder verstärken und auch die einseitig stärkeren in ihrer Richtung weiter laufen und die Supplementärfortsetzungen bilden können.

<sup>1)</sup> Die Mergelkrystallisation findet jedenfalls unter noch bestehendem Auflagerungsdruck nassen Schichtschlammes und der noch wirkenden Wassersäule statt; bei späterer Erhärtung der Schichten, d. h. ihrer stärkeren Bindung in der Horizontalen, wird sicher ein Theil dieses Druckes ausgeschaltet und könnten innere Spannungen in den Concretionen ausgelöst werden.

<sup>2)</sup> Das auch in gefestetem Gestein bei cubischer Zerspaltung von den Flächen sowie von den Raum- und Flächenwinkeln stattfindende Vordringen der zersetzenden oder auch ausscheidenden Flüssigkeiten findet auch in allmählich von den Ecken hernach innen sich zurundenden sphärischen Flächen statt, an Stelle von parallel mit den ursprünglichen Infiltrationsflächen vorrückenden, wieder würfelig werdenden Zersetzungs- und Ausscheidungszonen; das ist die wichtige Ursache der später unter dem Einfluss der Atmosphärien in stark zerklüfteten, gleichmässig körnigen Gesteinen so häufig stattfindende Kugelverwitterung (vgl. Geogn. Jahreshefte 1901 S. 87 Anm.).



Andererseits ist es begreiflich, dass die Supplementärfortsetzung wieder auf gegenseitige Sprünge anstösst und, schwächer geworden, abgeschnitten wird, dass dann der gegenseitige Sprung über den gemeinsamen Scheitel wieder als Supplementärfortsetzung nach der andern Seite hinüberzieht, so dass eine oft ziemlich regelmässig alternirende Zickzacklinie (-fläche) der Mittelaxe entsprechend die Continuität die einheitlich krystallisirten Mittelregionen in zwei Hälften theilt, so dass eine höhere Festigkeitseinheit von jeder dieser Hälften mit den benachbarten Kegelaxen vorliegt, welche sich später bei der Verwitterung und Zertrümmerung bemerkbar macht. Die erwähnte Zersprengung musste natürlich von Aussen nach Innen vorrücken.

Dass die Scheitelspitzen hierbei sehr häufig völlig zertrümmern, das ist nichts weniger als schwer verständlich.

Bei der makroskopischen Beschreibung haben wir besonderen Werth darauf gelegt, dass gewisse Thoneinschaltungen mit allen ihren Eigenheiten auf grössere Strecken im Gestein über sehr zahlreiche Kegelaxen hinweg sich unverändert fortsetzen; es wäre dies sehr schwer verständlich, wenn diese Einschaltungen von den Kegelaxen als Krystallisationscentren gestaltet wären. Sehen wir aber die Kegelaxen als eine Begleiterscheinung einer Krystallisation ohne Centralisirung an, so wird obige Thatsache leichter erklärlich.

Nach dem Vorhergehenden wären die Thonlagen auf zersprengten Zerklüftungsebenen nach älteren, durch schalige Parallelüberwachsung verdeckten Oberflächen der krystallisirten Concretion entstanden; die weithin erstreckten Oberflächen gehören dem vorragenden Kantenwachsthum (vgl. Taf. III Fig. 7 und 8) an und sind soweit continuirlich, als bis wohin die tiefer liegenden queren Kantenbrücken nicht emporreichen; daher die gemeinsame freie Oberfläche über so viele tiefer liegende und tiefer endigende Haupt-Kegelaxen hinaus, welche später Zersetzungs- und Auflösungsfläche wird.

Bezüglich der ersten Anlage der Kegelaxen sei hier noch auf einen Umstand verwiesen, der sicher noch mitwirkt und in mancher Beziehung modificirend auftreten mag; es handelt sich um die Thatsache, dass die Ausscheidung von Kalkspath aus Lösung Wärme binden muss, wie die Auflösung, übereinstimmend mit der Thatsache, dass die Löslichkeit der Carbonate in  $\text{CO}_2$ -haltigem Wasser mit steigender Temperatur abnimmt, Wärme erzeugt (vgl. oben S. 161 Anm.). Während die Diffusionsströmung um Krystallspitzen herum sonst dadurch vermehrt wird, dass in den meisten Fällen bei der Ausscheidung Wärme und so ein Aufwärtsstrom nach den Spitzen erzeugt wird (vgl. BRAUNS l. c. S. 123), so geschieht hier das Umgekehrte, dass vom Krystallisationshof eine spezifisch schwerere Flüssigkeit absinkt; dies muss verschiedene Folgen haben. Schon kurz nach der Bildung der basalen, zwar geschlossenen, aber doch nicht ganz gleichmässig hoch anzunehmenden Wurzellage müssen sich durch das von den Spitzen absinkende, abgekühlte Wasser, das nicht weiter abwärts vordringen kann, seitlich gerichtete Strömungszüge bilden, welche demnach Strömungen geringerer Lösungsstärke darstellen, da besonders bei gleichbleibendem Druck geringe Temperaturschwankungen nicht unerhebliche Aenderungen in der Löslichkeit von Carbonaten hervorbringen. Das sind natürlich die Längszüge geringerer Krystallausscheidung, in denen durch nachhinkende Krystallisation die Querbrücken und so die Anlagen der Kegelaxen entstehen; in diesen tieferen Räumen der Kegelaxen wird sich daher durch Absinken der Flüssigkeit des an den Spitzen befindlichen Hofes von geringerer Concentration und tieferer



Temperatur die Ausscheidung sehr im Rückstand halten und häufig gar nicht erfolgen, so dass die seitliche Ergänzung sich in den mittleren Höhen hält, weder ganz tief in die Kegelaxen dringt, noch die Krystallmasse seitlich gegen die Räume der Kegelaxe mit einheitlichen Krystallflächen, etwa mit den solchen Räumen entsprechenden Prismenflächen abschliesst; die Ergänzung wird also auch deswegen selten eine vollkommene, die Raumerfüllung ist keine rings geschlossene.

Was nun die inversen „Duten“ betrifft, so ist hier der Process der umgekehrte, soweit die specifisch dichtere Flüssigkeit in den thonigen Untergrund versitzen und dort nach der Seite abfließen kann; jedenfalls wird hierdurch der der Kernlage genäherte Lösungszug von der Seite und der Diffusionsstrom an den Kanten und Spitzen vermehrt; dies geschieht aber auch in dem Sinne, die Räume der Kegelaxen rasch zu verlängern und die Lösung, die sonst zur völligen seitlichen Ergänzung gedient hätte, aus ihnen herauszuziehen; das Verhältnis kann also in gewissen Fällen dasselbe bleiben, und der Krystallansatz über und unter einer Kernlage sich ganz gleich verhalten.<sup>1)</sup> — Im Allgemeinen dürfte aber der Abzug der die Lösung verdünnenden kälteren und dichteren Flüssigkeit auf der Unterseite, deren Thonlagen durch die zunehmende Schwere der Concretion verdichtet werden und schon als älteres Sediment früher der Verfestigung entgegengehen, als der Thon oberhalb der Concretion, langsamer erfolgen und hierdurch ein allgemeinerer Zustand der Verdünnung erzeugt werden, der die Ausscheidung überhaupt sehr hindert, ein Umstand, der dazu beiträgt, die untere Seite der Dutenconcretionen in ihrer Entwicklung zu benachtheiligen, was sehr häufig der Fall zu sein scheint.

#### Cap. XI. Die Anlage der Runzeln.

Nach diesen Voraussetzungen könnte man fragen, wie wohl für die Dutenmergel jene auf den Trichterflächen der Biesenharder Concretionen auftretenden ringartigen Runzeln aussehen würden, und ob diese nicht unmittelbar mit den Runzeln der Dutenmergel verglichen werden könnten?

Wir müssen dabei immer im Auge behalten, dass die krystallisirten Concretionen in entweder durch feinste Zwischenlagen sehr feingeschieferen oder auch nur durch einfache, lagenweise geordnete Substanzunterschiede gebänderten Thonschichten entstehen; wie die Beobachtungen beweisen, werden in nicht einheitlich krystallisirten Concretionen bei diesen durchaus nicht gleichmässigen Niederschlägen ein grosser Theil der feineren Unterschiede der ursprünglichen Ablagerung, welche sich daselbst später durch verschiedene Art der Bindung (Aus-trocknung und Erhärtung) verstärken würden (S. 217), vermindert. Man erkennt die Unterschiede bei dem Vergleich der feinblättrigen Schieferumgebung und der sehr wechselnd deutlichen Horizontalstruktur in den Concretionen selbst als ganz auffällige. Man kann also auch die ursprüngliche Bedeutung, welche diese feinen Ablagerungen in Verschiedenheit der gelösten Theile, ihrer Fähigkeit zur Zuleitung und Abgabe bei der Erhärtung (Diagenese), welche ja zum grössten Theil die Erhaltung ihrer schieferigen und gebänderten Struktur ermöglicht, welche auch in späterer Zeit ihre fernere Metamorphose ausserordentlich beeinflusst hat, nicht darnach schätzen, wie sie in den Concretionen uns erhalten sind. Ihre Hauptwirkung bei einheitlicher, sehr langsamer Krystallisation ist aber keine dynamische, die feinen Grenzen innerhalb der weichen Ablagerung werden das

<sup>1)</sup> In günstigen Fällen kann sogar das Wachstum nach unten überwiegen, ja, wie das gelegentlich von HAUSMANN erwähnt wurde, nur eine nach unten gewendete Dutenlage vorliegen.



Fortschreiten der Krystallisation nicht hindern, noch wird in vollem Gang der Krystallisation aus einer Uebersättigung in allen Lagen der schwankend wechselnde Grad der Sättigung in den Einzellagen irgend welche Rolle spielen. Dagegen werden beim Ausgang der kleinen Krystallisationsepochen, d. h. um die schwache Grenze herum, über welcher noch eine Ausscheidung erfolgt und unter welcher nicht mehr, die feinen Lagerungen nach der Zuleitungsfähigkeit und Zuleitungsmenge etc. einen sehr wichtigen Einfluss haben müssen.<sup>1)</sup>

Die Ergänzung der seitlich abgeschlossenen und nur nach aussen offenen Trichter und röhrligen Aussparungsräume der Dutenconcretion während der Pausen des Kantenwachsthums findet natürlich von Aussen nach Innen statt und es entstehen sicher, wie bei den Biesenharder Knollen, auf den Trichterwänden flache ringartige Schwellungen als den Haupt- und Querkanten ähnlich verlaufende Wachstums-Erhebungen. Es sind das die Anzeichen von Ausscheidungs-Niveauflächen zunächst ausserhalb (unterhalb) der verdünnten Krystallisationshöfe des Haupt-Längs- und Querkantenwachsthums. Diese Ringzonen ziehen natürlich die Lösung aus einem gewissen Flächenbereich an sich, bilden auch wieder nach unten einen verdünnten ringartigen Krystallisationshof, neben welchen wieder darauf nach Innen ein neuer entsteht. In dem Biesenharder Knollen würden diese Niveauebenen nach den sehr verschieden gerichteten Trichteröffnungen sehr verschieden geneigt sein. Bei den Dutenmergeln könnten es nur ganz oder annähernd horizontale Zonen sein; die ringartigen Krystallisationshöfe werden hierdurch strenger horizontal gereiht und gerichtet, und wäre es auch ohne jede Schieferung oder Bänderung lediglich durch die horizontale Flächenorientirung der flachen Detritustheilchen im Thon, unter welchen z. B. der Glimmer eine so grosse Rolle spielt (vgl. S. 228 Anm. 2). Beim Vorschreiten des Ergänzungswachsthums von Aussen nach Innen wird auch in Folge davon das Hangende jedes neuen, tieferen Ausscheidungsringes viel mehr in seiner Lösung erschöpft, als es sonst der Fall ist. Für alle von den Trichterflächen nach Oben und Innen wachsenden Krystallansätze liegen also sehr verschiedene Verhältnisse der Concentration vor; für etwaige nach oben wachsende Rhomboëderflächen-Ansätze mit dichter Lagerung der kleinsten Theilchen fehlt das ausreichende Lösungsmaterial, während es für die untern Flächen vorhanden wäre; auch kann die Hauptableitung der Verdünnungsströme nur nach der Mitte in der Horizontale erfolgen, was dann von oben her wieder verdünnte Lösung nachzieht. Hierauf könnte man die Anomalie zurückführen, dass die sich bildenden Krystallansätze hemimorph erscheinen, d. h. zu der unteren Rhomboëderfläche entsprechende obere fehlen, überhaupt Rhomboëderspitzen nicht entwickelt sind (S. 220—221); die Basis wird sich unter allen Umständen bilden können, da sie bei der ihr entsprechenden geringeren Härte und stärkeren Lösungsgeschwindigkeit, also wohl dabei mitspielender geringer Dichte der Lagerung der Molecüle am ehesten ein rein seitliches Wachstum der unteren Krystallhälfte ermöglicht: sie würde hier weniger in Folge eines positiven Krystallflächen-Wachsthums erscheinen, als eine durch die Lösungsverhältnisse bedingte, krystallographisch orientirte Begrenzung des Wachsthums der unteren Seite der Krystallansätze der Dutentrichterfläche sein.<sup>2)</sup> — Die Beantwortung der obigen Frage würde also lauten, dass morphologisch völlig gleiche Formen wie die der gerunzelten Duten-

<sup>1)</sup> Ich erinnere hier an die nachfolgende, in Bändern erfolgende schwache Krystallisation in der Axe des galizischen Exemplars.

<sup>2)</sup> Hierdurch wäre also doch die Anlage der Fläche grösster Lösungsgeschwindigkeit bedingt (vgl. S. 236 Anm.).



mergel-Trichterflächen auch durch eine einfache Krystallisationserscheinung in Mergelconcretionen sich ergeben können und dass es nur die Frage ist, ob wir diese Formen hier wirklich in ursprünglichem Zustande noch vor uns haben.

Nach unserer Ableitung müssten ja nothwendig Beziehungen zwischen der Stärke der Treppenrunzeln und der Dicke, sowie der Struktur der Kegelaxenräume bestehen. Besonders müssten bei gebändertem Gestein ganz unleugbare Beziehungen zwischen der Anordnung der Runzeln und der Bänderung des Gesteins innerhalb und ausserhalb der Axen zu bemerken sein; davon ist gar nichts zu erkennen. Die einzige Beziehung, die besteht, ist die zwischen der Dicke der Thonscheiden (Höhe der Pakete) und der Breite der Runzelabsätze; dies verweist entweder auf die Entstehung der horizontalen Runzelflächen nicht ohne gleichzeitigen Betracht der Thonscheiden; diese als Austreibung bei der Krystallisation<sup>1)</sup> betrachtet würde aber nach der Dichte der Lagerung der Moleküle das Vorhandensein von Rhomboëderflächen viel wahrscheinlicher sein lassen, als das der Basis (S. 221, 222<sup>1)</sup>); eine mechanische Hemmung ist nach unserer Feststellung der Wachstumsrichtung der Hauptmasse (S. 196—197) unmöglich; es bleibt also nur die Entstehung der breiten Flächen durch intensivere Auflösung zu erklären, welche nicht nur in die Breite stärker zusammenfassend, sondern auch in der Tiefe mächtiger vordringend wirken würde. Unsere Feststellungen über die Dislokationen im Innern der krystallisirten Zwischenmasse ermöglichen aber auch, dass trotz der Auflösung in der Richtung der Hauptaxe der Treppenabsätze trotzdem im Grossen und Ganzen eine Form erhalten bleibt, welche wir oben als die normale Skulptur der Trichteroberfläche für Dutenmergel abgeleitet haben; die Auflösung an den Trichteroberflächen würde ja schliesslich alle durch ursprüngliche Krystallisation gebildeten Runzelabsätze zu einer glatten Trichterfläche ausebnen, wenn nicht auch die Krystallmasse im Innern nach der rhomboëdrischen Zerklüftung und sehr feinen Auflösungsvorgängen daselbst wieder zusammensitzen würde. Nur so ist zu erklären, dass mit der Dicke der Thonscheiden auch die vertikalen Sprunghöhen der Versetzungen der Horizontalstruktur zunimmt, dabei im Innern der Krystallmasse eine deutliche Gesamt-Raumverminderung statt hat.

Ueber die Entstehung der den Runzelflächen entgegengesetzten, jenseits der Thonlagen liegenden Mergeloberfläche vgl. unten Cap. XIII.

<sup>1)</sup> Wir erinnern hierbei an folgende Thatsachen: die Ausscheidungsmenge müsste bei verschiedenen breiten Stufen die gleiche sein und nur abhängen von der rückwärtsliegenden Mergelmasse, statt dessen wächst sie mit der Breite der Stufen in der gleichen Thonschichtlage und der Verminderung der ihr entsprechenden Mergelmasse; es müsste nicht nur eine Ausscheidung nach der horizontalen Fläche der Basis, sondern auch nach der Seitenfläche der Stufe stattfinden, nach letzterer sogar mehr als nach ersterer, welche krystallographisch die am geringsten dichte ist. Die Entstehung breiterer oberer Stufenflächen würde ein Ausweichen der Krystallisation nach der Seite verrathen, also mehr Ausscheidung auf der Seitenfläche der Runzeln erwarten lassen, als auf der oberen Fläche; da die Krystallisation am schärfsten mit den Spitzen vordringt und widerstehende, nicht eingeschlossene Massen mit den Seitenflächen fortschiebt, so ist es nicht erklärlich, warum hier die Krystallisation ihre stumpfe Fläche in der Richtung des Hauptwachstums und ihre Verdrängungswirkung gerade nur an dieser äussern sollte; auch würde die Austreibung des Thones hier als Begleiterscheinung des oben als möglich dargestellten Krystallisationsprozesses derartige Verwirrung in der weichen Masse hervorrufen, dass die Regelmässigkeit weiteren Krystallwachstums an den Runzelabsätzen sehr bald völlig gestört wäre. Der nach Becke anzunehmende Zusammenhang zwischen Form der Lösungs Oberfläche und vorherrschender Krystallform, wonach der wachsende Krystall sich mit den Flächen kleinster Lösungsgeschwindigkeit umgibt, wäre hier nicht zu constatiren, da hier in der Aussenbegrenzung die Fläche grösster Lösungsgeschwindigkeit vorherrscht, gleichzeitig im Innern dagegen durchaus die Flächen geringerer Lösungsgeschwindigkeit (vgl. S. 235<sup>2)</sup>).



## Cap. XII. Die Vorbedingungen des Thoneinschlusses und Entstehung der Zerklüftung.

Wir haben (S. 227—228) ausgeführt, dass entgegen dem Einfluss der sehr geringen Durchlässigkeit des noch stark durchfeuchteten Thones bei der Bildung der Dutenmergel nur die höchst langsame Concentration (bezw. Concentrationsersatz) der Lösung in den horizontalen Schichtlagen selbst und die gleichmässige Verringerung des Lösungsmittels nach unten und oben ein ausserordentlich langsames Wachstum der ganzen Krystallmasse verursachen<sup>1)</sup>; dass hiernach die grosse Regelmässigkeit der Krystallorientirung des einseitig in die Höhe und Tiefe wachsenden Aggregats lediglich auf die geringe Diffusion und die sich ihr in ihren Wirkungen entgegenstellenden Krystallisationsverlangsamung zu begründen ist.

Hierin scheint mir auch ein Hinweis auf die Möglichkeit des Einschlusses von Fremdkörpern in die Krystallisation überhaupt zu liegen.

Je rascher die Krystallisation erfolgt, desto grösser die Unregelmässigkeit in Krümmung und Zerspleissung beim Zusammenstossen mit Fremdkörpern; das ohne Rücksicht auf letztere genommene Wachstum mit grösserer Schnelligkeit bringt auch starke Verschiebungswirkungen in der Masse hervor.

Das Wachstum von Krystallskeletten im Grossen, wie im ganz Kleinen, ist schon der äusseren Form nach zu Umwachsungen vorzüglich geeignet; die Bildung von solchen im tieferen Bodenschlamm von Seen und Meeren ist hier bei der sich sehr allmählich verringernden, ohnehin geringen Flüssigkeitsmenge unter der höchsten Möglichkeit ruhigen Stehens zur Bildung einer local übersättigten Lösung sowohl, als des ruhigen Verharrens der gesättigten Lösung selbst, auch von dieser Seite gewährleistet.

Je langsamer und weniger geschlossen die Krystallisation vor sich geht, desto leichter kann die Möglichkeit einer „Umwachsung“ angenommen werden. Nur hierdurch scheint z. B. die Gelegenheit der Ausbildung rings ausgebildeter Krystalle und Krystallaggregate von Kalkspath in Sandsteinen gegeben zu sein. Aehnlich muss das Vorkommen von Gypssandsteinen mit 37% Quarz, 5,10 Thon und 41,40 Gyps in der Sahara (vgl. Jahrb. d. k. k. R.-A. Wien 1870, S. 116 und JOH. WALTHER, das Gesetz der Wüstenbildung S. 129) gedacht werden, obwohl die viel stärkere Capillarität des Dünensandes der Wüste die Bildung rascher vor sich gehen lässt; unter anderen Verhältnissen wirkt aber die gleichartige Krystallisation von Gyps in hohem Grade verdrängend auf die Stoffe der Umgebung.

Steinsalzschiechten des mittleren Muschelkalks zeigen an ihrer Oberfläche gegen Thon- und Anhydritschichten, d. h. bei sehr geringem Fortwachsen vereinzelt stehender, äusserster Salzkrystalle auch sehr starke Einschlüsse von Anhydrit, Sand und Thon, welche dagegen inmitten des Salzlagers bei intensiverem Höhen- und Breitenwachstum der NaCl-Individuen in engen spaltartigen Zwischenräumen zur Seite gedrängt werden (vgl. Geogn. Jahreshefte 1901. S. 59—60 Taf. 1 Fig. 4). Hier ist auffällig, dass die im Moment eines Schicht-Abschlusses der Salzausscheidung sehr verlangsamte Krystallisation auch den Einschluss feiner Anhydrit- etc. Körnchen ermöglicht hat.

<sup>1)</sup> Die die sog. Undurchlässigkeit des Thones bewirkenden Ursachen bleiben auch beim gleichmässig durchfeuchteten Thone bestehen, d. h. sie verhindern eine leichtere Bewegung und einen schnellen Austausch der Flüssigkeiten im Innern.



Das sind aber immer noch Begleitumstände, welche, schon bezüglich des möglichen Tempos der Concentration, ganz ausserordentlich günstig genannt werden müssen gegenüber jener in jüngst abgelagerten Thonschichten, innerhalb welcher von einer Kernlage mit einzelnen, oft geringen, organischen Resten aus (wohl eben durch die Fäulnis dieser) die Anreicherung aus der Horizontalverbreitung der Schicht oder des Komplexes eng übereinander liegender Lagen selbst stattfindet; hierbei muss man nun nicht an einen Thon denken, der einer gleichmässigen Durchtränkung mit einer Lösung und den nachfolgenden Processen so grossen Widerstand entgegensetzen würde, dass, wie O. LEHMANN ausführte (l. c. S. 484), die Moleküle nicht mehr im Stande wären, sich zu einem Krystall zu vereinigen, sondern, wie die Untersuchung des Rückstandes z. B. des galizischen Exemplars zeigt, aus einem Gemisch von Thon, Feldspathfragmenten, Quarzkörnchen und reichlichen Glimmerblättchen (vgl. oben S. 214); hier kann das Korn noch so klein sein, bei hinlänglich grosser Verlangsamung des Vorganges können fremde Theilchen die Regelmässigkeit der Lagerung der Krystall-Moleküle in den kleinsten Zwischenräumen nicht verhindern, d. h. dem Einschluss in die Krystallmasse entgegenwirken, noch regellose Abzweigungen verursachen und zu Verdrängungen Anlass geben. Auch tritt noch folgender Umstand hinzu; Thon ist plastisch und bindet sich mit Wasser zu einer innerlich zäh zusammenhängenden Masse; es werden daher im Innern lockere Verschiebungen von Einzeltheilchen viel schwieriger stattfinden können, als im thonarmen Quarzsand, sei er noch so feinkörnig; eine sehr langsam vor sich gehende Krystallisation wird daher viel eher an den durch die Gesamtmasse gebundenen Theilchen ihren Halt finden und sie umwachsen, als dass sie diese vor sich herschiebt; ein Transport ausgelesener, nicht „einschlussfähiger“ Stofftheilchen (z. B. Glimmer) durch den Thon hindurch scheint ganz undenkbar.

Ich glaube daher, dass bei solcher Bildung von Concretionen eine Verdrängung von nicht „krystallisationsfähigen“ Substanzen gar nicht stattfindet und diese in die Krystallisation eingeschlossen werden; eine vorhandene Thoneinschaltung müsste daher nach Art der Entkalkungssprünge bezw. der Stylolithen-Thonkappen erklärt werden. Was gröberer Sand mit geringerer Thonbeimengung bei der Krystallisation mit Kalkspath dadurch voraus hat, dass die Zwischenräume zwischen den Körnern etwas grösser sind, das hat er auch weniger günstiges für einheitliche Krystallbildung dadurch, dass die Körner viel grösser sind; feinsandig glimmerreicher Thon hat zwar geringere Zwischenräume, aber auch leichter umschliessbare kleine Körner; der Thongehalt bewirkt auch eine Verlangsamung der Krystallisation. Es ist daher nicht einzusehen, warum bei der Dutenmergelbildung ein Theil des Thons eingeschlossen und ein anderer Theil ausgeschieden werden soll, warum dies bei verschiedenen Vorkommen derart wechselt, dass man erkennen kann, die Quantität spiele hierbei zunächst gar keine Rolle.

Zu weiteren Folgerungen hat man noch zu bedenken, dass bei einseitig fortschreitenden Krystallisationen in sehr zähen Lösungen ein abnehmend beschleunigtes Wachstum zu beobachten ist. Bei sehr langsamer Concentration und grosser Zähigkeit der Lösung kann sich eine grosse Anzahl kleiner Zeiträume zunehmender und abnehmender Krystallbildung zeigen; denn stets wird auf eine gewisse Umgebung hin durch das beschleunigte Spitzenwachsthum die Uebersättigung vermindert, die bei geringer Diffusion erst allmählich wieder eintreten kann; Unterbrechungen müssen schon deswegen stattfinden. Ausserdem wird bei der Ausscheidung Wärme gebunden, kältere Flüssigkeit sinkt ab und vermag die Lösung



zu verdünnen, bei geringer Temperatur-Schwankung vermag kälteres  $\text{CO}_2$ -Wasser erheblich mehr Carbonat zu lösen. Zwischen zwei solchen Zeiträumen mag das Krystallwachstum nur in einer Lage mit sehr wenig geschlossener, undichter Krystallisation stattgefunden haben, deren Lücken bei neuem Einsetzen nicht mehr geschlossen wurden; diese kleinen Intervalle halte ich für die erste Ursache der inneren Zerklüftung der Krystallmasse in den Dutenmergeln, welche erst unter den Wirkungen des Gebirgsdrucks etc. zu einer wirklichen Trennung sich gestalten musste.

An den grösseren Bildungs-Absatzflächen dieser Art, welche die grossen spitzen Winkel in den Krystallmassen bezeichnen, welche wir als den Periodenabschluss der seitlichen Ergänzung, d. h. der ersten Bildung der Schenkelstücke betrachtet haben,<sup>1)</sup> könnten auch die oben erwähnten ganz kleinen, an den Aussenkanten der Treppen ansitzenden, daher von Auflösungsprocessen verschonten, in nicht paralleler, anscheinend in Zwillingsstellung befindlichen Krystallresten entstanden sein. O. LEHMANN erwähnt die Entstehung von Zwillingsbildungen bei sehr verringerter Diffusion, was den periodischen Absätzen in den Concretionen entsprechen würde.

Wir haben oben geäussert, dass diese ganz kleinen und kurzen Zweige möglicherweise durch Druck an diese Stellung gekommen wären; nach der eben dargestellten Möglichkeit könnten sie auch eine normale Entstehung an solchen Unterbrechungsflächen haben, welche aber so geringfügig sein müsste, dass sie auf die weiter erfolgende Krystallisation ohne jeden störenden Einfluss blieb (vgl. oben S. 211); sie könnte auch nur an Stellen erhalten bleiben, wo die Auflösung am geringsten ist. Indessen kann ich mich der Ansicht nicht entziehen, dass diese sehr schmalen Krystallmergel-Reste zwischen den Thonpacketen durch Druck oder Umkrystallisation veränderte Theile der übrigen Mergelmasse sind.

Wir haben freilich an jenen Stellen, welche dem Schluss der Perioden der nachlassenden Krystallisation der Matrix nachfolgen, in ganz vereinzelter Vorkommen an den convexen Unterflächen der Schenkelstücke ein besonders nach deren axialem Auskeilen hin deutliches Convergiere von in ihrer Längsrichtung verwachsenen Streifen, wie zu ganz spitzwinkligen Theilaggregaten erwähnt; wie hier also kein ganz regelmässiges Parallelwachsthum stattfindet, vgl. Cap. XIII, so könnte es auch an der concaven Gegenfläche, d. h. am Ausgehenden der vorhergehenden Schenkelstücke sein; möglicher Weise könnten auch die von GRESLEY beobachteten seltenen und eigenartigen, an der erwähnten entgegengesetzten Unterfläche der nächst höheren Schenkelstücke befindlichen eigenartigen Ansätze ursprünglich sein.<sup>2)</sup>

Dass der Abschluss (sei es auch nur der periodische) von solchen Vorgängen oft unregelmässige Krystallanlagerungen verursacht, geht auch daraus hervor, dass

<sup>1)</sup> Die erwähnten mit Löslichkeitserhöhungen verbundenen Temperaturemniedrigungen (vgl. auch Cap. XI. Schluss) vermögen sich in der thonigen Masse nach Aussen hin nicht so rasch auszugleichen; es müssen also, wie die Zerklüftung im Kleinen dadurch beeinflusst ist, periodenweise Verdünnungen in der Umgebung der Concretionen eintreten, welche einheitliche Pausen für die jedesmal bestehenden Krystallflächen bilden und so einen „Schalenbau“ im Grossen verursachen müssen.

<sup>2)</sup> Auch hier ist nicht ausgeschlossen, dass diese nach GRESLEY ungleichmässig ringartigen Ansätze sekundärer Entstehung sind und als Calciterfüllungen von Einsenkungen der Thonscheiden (ungefähr entsprechend den Packettrennungsflächen) aufgefasst werden müssen; auch unregelmässige, ganz zweifellos sekundäre Bildungen derart haben wir ja bei dem galizischen Exemplar ausführlich besprochen.



von dem Vorkommen von Sievering im Wiener Becken, l. c. S. 115, erwähnt wird, dass die Krystalle von — 2 R bis zu einer Höhe von  $\frac{1}{2}$  Zoll scharfkantig sind, bei weiterer Vergrösserung sich kleinere Individuen auf den Flächen von grösseren ansetzen, die schliesslich kugelige Aggregate bilden; Aehnliches gilt auch für die Drusen vom Fontaineblau-Sandstein.

Wir fassen zusammen: Wenn die sehr allmähliche Concentration bei grossen Diffusionswiderständen zwar ein regelmässiges Wachstum und einen vollkommenen Einschluss des Thones ermöglicht, so bewirken beide Momente aber auch oft wiederholte Auslassungen der Krystallisation im Kleinen wie im Grösseren. Auf ersteres ist die feine Zerklüftung zurückzuführen, welche auf einer Einschaltung ganz feiner, nicht ganz continuirlicher Lamellen der Matrix zwischen den älteren und jüngeren Elementen beruht, wie das Fortwachsungen häufig zeigen. Während grösserer Nachlasszeiten finden erstens die seitlichen Ergänzungen statt, auf welche die eigenartigen Schenkelstücke zurückzuführen sind, die sich nach den Kegelaxen zu stets vermehren; diese Vermehrung beruht wieder in einem wiederholten feinen, lagenartigen Einschluss der Matrix während der seitlichen Ergänzung; es bilden sich krystallinische Schalen und Rinden, die nicht völlig an die älteren Theile anschliessen und so gleichsam Lücken mit Mutterlauge umschliessen (vgl. EHRENBURG in O. LEHMANN, Molekularphysik I, 342, Stoffaufnahme in die Krystallisation).

Nach diesen Pausen des Spitzenwachsthums mit seitlicher Ergänzung tritt ersteres wieder in volle Wirksamkeit, gewiss nicht ohne durch geringe Lagen der inzwischen an der älteren Krystalloberfläche für sich erhärteten Matrix von dieser etwas separirt zu sein, doch, wie mir scheint, mit nur so schwachen und undichten Uebergängen, dass die Fortwachsung eine parallele bleiben kann (Cap. XIII).

Die eingeschlossene Matrix erhärtet für sich, bietet vielleicht noch den anliegenden Krystallflächen Gelegenheit zu schwachen unregelmässigen Krystallansätzen (wie wir das auch im Innern der Kegelaxe erwähnt haben), ist aber weder ihrer Substanz nach, noch der sehr geringen Stärke, Form und Lagerung nach mit den späteren Thoneinschaltungen zu vergleichen, welche offenbar eine ganz eigene Entstehungsgeschichte haben.

In Uebereinstimmung mit obigen Darlegungen könnte man schliesslich einwenden, dass ein Wechsel der Begleitumstände während der Krystallisation die Thonaustreibung so verschieden gestaltet, d. h. die Krystallisation jetzt verlangsamt, dann verschnellert habe. Dann müssten aber auch in dem Krystallwachstum sich Verschiedenartigkeiten zeigen<sup>1)</sup>; davon zeigt sich im Innern der Masse nichts. An der Oberfläche könnte man die stets breiteren Treppenabsätze darauf zurückführen, kurz die meist stärkere Abplattung der Mergelknollen; das widerspricht der Thatsache, dass bei vermehrtem Thonausschluss mit einer schnelleren Krystallisation ein unregelmässigeres und entschiedeneres Spitzenwachstum eintreten, dabei im

<sup>1)</sup> Ein Wechsel von Bedingungen ist auch während der Krystallisation in einem gleichmässig durchfeuchteten Thon unmittelbar nach der Ablagerung viel weniger wahrscheinlich, als im gefesteten Gestein, wo die Auflösung durch den Zuzug verschiedener Gewässer vom Tag her oder aus der Tiefe sich sehr verschieden gestalten kann. Was im Allgemeinen die Verschiedenheit der Vorbedingungen und Begleitumstände betrifft, besonders den des Entzugs des Lösungsmittels, der Wärmeverluste etc., so sind das natürlich sehr wechselnde Möglichkeiten; darauf können örtliche Verschiedenheiten der Struktur, endlich auch unvollkommene Strukturarten, wie sie vielleicht noch weniger beachtet sind, zurückgeführt werden. Man geht wohl nicht fehl, wenn man für die Entstehung der Struktur im Allgemeinen durchschnittlich ähnliche Temperatur-Verhältnisse voraussetzt.



Innern geringere Dichtigkeit und Gleichmässigkeit der Gestaltung vorhanden sein müsste.

Es könnte nun vielleicht eingewendet werden, dass, wenn wir ungefähr am Ort der späteren Thoneinschaltungen ohnedies Theilabschlüsse in der Krystallisation mit Einschlüssen weniger krystallisirter Matrix annehmen, wir auch gleich zugestehen könnten, dass die Thoneinschaltungen selbst primär diesen Zeitpunkten entsprechen. Wir haben selbst erwähnt, dass die häufigen Zuspitzungen der Thoneinschaltungen unter den „Scheitelstücken“ wie Ausfüllungen von Hohlräumen sogenannter negativer Krystalle aussähen; solche Hohlräume sind aber unausgefüllte Lücken bei regelmässiger Ergänzung von Krystallskeletten; es könnten daher die mit Thon gefüllten Räume primär solchen Ergänzungslücken entsprechen, in welchen die Matrix eingeschlossen wäre, wobei diese Masse auch schon durch Austreibung von Thon in Folge der tieferen Krystallisation verdichtet sein könnte. Abgesehen davon, dass es sehr schwer ist, die übrigen Begleiterscheinungen der Dutenstruktur hiemit einigermassen in Einklang zu bringen,<sup>1)</sup> wollen wir blos vom Standpunkt des Krystallwachsthums diesen Einwurf zurückweisen.

Eine Fernwirkung beim parallelen Fortwachstum der Krystalle gibt es nicht; sehr gering dünne Häute von völliger Dichte auf einer Krystallfläche vermögen ein paralleles Fortwachstum ganz zu verhindern, dagegen eine unterbrochene Haut fremder Substanz dasselbe aber unter Einschluss dieser fremden Substanz zu ermöglichen.

Kann nun als eine solche Schicht wohl eine dichte Thoneinschaltung gelten, welche im Höhenpunkt bis zu 7,5 mm Dicke mit verschieden gearteter Lagerung eben erst die Fortsetzung der Krystallisation der tieferen Mergelschicht völlig gehindert haben, sie derart sogar beschränkt haben soll, dass sie morphologisch die Treppenform verursacht hat, dass sie also passiv auf die noch activen Krystallisationskräfte formengebend gewirkt haben müsste?

Ist es denkbar, dass eine solche Schicht, die selbst keine Krystallisationsbindung besitzt, an deren Grenze viel eher Spuren eines unregelmässigen Krystallisationsabschlusses der vorhergehenden Schicht gedeutet werden könnten, nunmehr eine völlige Parallelanlagerung neuer Krystallisation unter Beibehaltung desselben axialen Spitzenwachthums etc. zulassen kann?

Weiterhin ist eine Vorbedingung des ergänzenden Seitenwachthums, durch das häufig Lücken im endlich rundum abgeschlossenen Krystallkörper entstehen, die, dass eine möglichst ununterbrochene Continuität des Wachthums in den Hauptzuwachsrichtungen, in den Richtungen des stärksten Kanten- und Spitzenwachthums stattfindet; statt dessen wären bei den Dutenmergeln hier gerade durchgängig die stärksten und weit ausgedehntesten Flächenunterbrechungen, die schwächeren aber auf den Seiten nachlassender und unregelmässiger Krystallisation; wo wäre hier die Möglichkeit gegeben zum parallelen Fortwuchs, der trotz der vorhandenen starken Unterbrechungen in allen Einzelheiten noch so scharf zum Ausdruck kommt?

<sup>1)</sup> Nach den Kegelaxen zu wäre die Krystallmasse in der That am meisten „Krystallskelett“; die Substanz der oben oft geschlossenen Krystallaxe wäre daher in einem Zustand, wie sich eine von der Krystallisation nicht oder wenig berührte, von ihr aber völlig umschlossene Substanz verhalten müsste; da aber die Substanz der Thoneinschaltungen sich in jeder Beziehung von der der Kegelaxen scharf unterscheidet, so muss sie ganz anderen Vorgängen der Entstehung zuzuschreiben sein.



Dies lässt schliessen, dass die Unterbrechungen zum grossen Theile erst nachträgliche sind und ihre Stärke in gar keinem Verhältnis steht zu jenen Unterbrechungen, welche wir nicht als Folge von Thonaustreibungen, sondern als Folge der natürlichen Nachlassungen der Concentration und Ausscheidung ansehen, wodurch auch die Möglichkeit paralleler Anlagerung nach den schwachen Zwischenpausen mit Lagenentstehungen von sehr geringer Dichtigkeit der Krystallisation der Masse offen gelassen ist.

Die eigenthümlichen, mit Thon erfüllten Räume, welche wie die negativen Krystalle aussehen, gehören also nicht zu den primären Bildungen dieser Art, sondern, wie JUDD für andere Vorkommen betont (vgl. NAUMANN-ZIRKEL S. 126 Anm.), zu secundären Cavitäten in der Form von negativen Krystallen, welche längs gewisser Krystallebenen (z. B. mit fremden Einschlüssen) innerlich aus dem Mineral bei gesteigerter Lösungsfähigkeit des circulirenden Wassers herausgezätzt werden können. — In unserem Falle müsste ein Lösungsrückstand bleiben, das sind eben die vorhandenen Thoneinschaltungen.

Die regelmässige Zerklüftung der Masse, welche nichts mit der Spaltbarkeit zu thun hat, ist also eine durch die besonderen Umstände der Krystallisation in thoniger Matrix entstandene Unterbrechung der Krystallisation sowohl nach kleinen Elementen als auch nach grösseren Complexen von solchen, welche letzteren einen nach aussen gerichteten, kappenartigen bis schaligen Aufbau nachahmen; die Unterbrechungen sind aber nicht so stark, dass sie eine, ausgenommen die sog. Kegelaxen, lückenlose Krystallisation verhindern, doch immerhin so bedeutend, dass sie eine leichte Zertrennbarkeit der krystallisirten Masse, besonders nach den Flächen des schaligen Aufbaues ermöglichen.

### Cap. XIII. Die Skulptur auf der Oberfläche der sog. Kegel.<sup>1)</sup>

Wir haben nun oben dargelegt, wie die Trichter-Seitenfläche eines sich ergänzenden Scheitelstückes im Vergleich mit den Biesenharder Concretionen aussehen würde; wir müssen aber hier noch in Betracht ziehen, wie nach unseren Auffassungen des Vorgangs die schalige Ergänzung, besonders die nach den Kegelaxen zu gerichtete, von vorneherein sich gestalten würde; die nach der freien Kegelaxenseite liegende Fläche würde stets dieselbe Form erhalten, wie wir sie abgeleitet haben; wie ist es aber mit der Anlagerungsfläche d. h. mit dem Neubeginn der Ergänzung nach einer, wie wir meinten, völligen Unterbrechung im Gesamtwachsthum der ganzen Concretion. Diese Unterbrechung und der Neubeginn musste zwei Folgen haben besonders für die Vorgänge in den Kegelaxenräumen; die erste Periode besteht in der Heranziehung eines Theils der in den Kegelaxen befindlichen Lösung nach den vorhandenen Krystallflächen und in der Ergänzung der Unebenheiten dieser Flächen mit einer zarten und den Lösungsresten nach undichten Krystallisation, welche hier mit derselben Nothwendigkeit anzunehmen ist, wie wir sie thatsächlich in den Kegelaxen bei den Exemplaren (S. 209, P. h.) nachweisen konnten. Während sie aber bei dem Frickenhauser Exemplar ausserordentlich zart, dendritisch unregelmässig in der Kegelaxe selbst aufsteigen konnte, musste sie in den Runzeln der Krystallflächen der Krystallisationsanlagerung folgen,

<sup>1)</sup> Vgl. über die Wichtigkeit dieser Skulptur Cap. X S. 129 Anm.



in freilich auch undichter Weise die Krystallisationslücken ausfüllen und dem „Ergänzungszwang“ gehorchen; es mussten daher die Runzeln krystallographisch ausgeebnet werden, wobei die Ausebnungsmasse sich aber quantitativ bezüglich der Carbonatbindung sehr verschieden verhalten musste; es bildete sich keine geschlossene Krystallfläche, sondern ein Niveau zerstreuter Krystallenden, die einer Krystallfläche gleich steht. — Die zweite Folge ist an den Neubeginn des Wachstums der Concretion geknüpft, das mit einem Wachstum der Haupt-Längs- und -Querkanten anhebt; hier wird zuerst die neu zufließende Lösung so viel wie möglich verbraucht, ein Theil wird aber auch langsam wieder in die mit Thon gefüllten Axenräume absinken und dort den Thon durchdringen; das nachhaltigste Eindringen und die stärkste Zunahme der Sättigung wird an den oben abgeleiteten Ergänzungsniveau oder dessen gleichmässigem Verdickungszuwachs stattfinden, wobei die vorhandenen Krystallspezichen und -Flächen den Anlass der beginnenden Krystallisation nach der eingetretenen Uebersättigung geben mussten.

Damit begann also wieder eine Epoche, welche völlig dichte Krystallisation der Thonmasse ermöglichte; ihre Produkte legten sich daher völlig dicht an das abgeleitete, krystallographisch zu einer Fläche geglättete Niveau an, ohne mit diesem besonders stark verwachsen zu können, ohne daher einer spätern Zersprengung an diesen Stellen besonders vorzubeugen.

Da nach unserer Darlegung des Vorgangs die Lagerung des Thons nicht durch vorhergehende Thonaustreibung durchwühlt und gestört ist, so geschieht die Neukrystallisation in schönster Ordnung und Regelmässigkeit der Elemente; man sieht ausser einen etwas festeren Zusammenschluss an der äussersten Grenze nur die regelmässige rhomboëdrische Zerklüftung; man sieht, dass die Unterbrechung keine nach der Art des Vorgangs selbst tiefgehende war, sondern es sich nur um das Maass der Ausscheidung handelte.

Wenn nun die Ergänzung von aussen nach innen erfolgt, so sollten wir schon im Beginne der Neukrystallisation dieselben Theilvorgänge erwarten, wie bei ihrem oben geschilderten „Ausgehen“; wir dürften also ringförmige Krystallisationshöfe erwarten, wobei aber die Horizontalstrukturen nicht die scharf und zahlreich absetzenden Einflüsse äussern können, wie für das Ausgehende des Processes (vgl. oben S. 234); die Uebersättigung kümmert sich um die schwachen Unterschiede der Zuleitung in den feinen Theillagen nicht (vgl. S. 235); an dem erwähnten trichterartigen Niveau werden also wohl ringförmige Anschwellungen entstehen, aber solche von viel grösserer Höhe und geringer Zahl! — Dies ist in der That öfters der Fall. Der Neubeginn einer tieferen Ringkrystallisation liegt natürlich nicht unmittelbar jenseits des Verdünnungshofs (Krystallisationshof), sondern in tieferer Lage nach dem Trichter-Innern; da hier alle Einzelvorgänge der Krystallisation von innen nach aussen erfolgen, so fangen sie in tiefern Lagen an und verstärken sich nach aussen; da wir ausserdem eine beschleunigte Bildung zunächst der älteren Niveaufläche annehmen müssen, so äussert sich das darin, dass von vielen Einzelpunkten der ringförmig angelegten Krystallisationszone spitzwinkelige, langgestreckte, nach aussen schwach divergirende Streifenbündel ausstrahlen (vgl. z. B. den Neubeginn einer Krystallisations-schicht in Taf. II Fig. 12). Es sind dies die einzigen, seitlich nach dem Innern rasch ausgeglichenen Ungleichheiten der Lagerung, die sich nur selten erhalten haben; meist zeigt sich eine Glättung der ringförmigen Anschwellungen; oft fehlen aber auch diese, dann sind die spitzen Divergenzstreifen-Bündelchen regellos angeordnet; diese Oberflächenskulptur



macht den Eindruck einer von der Spitze des Kegels nach der Basis verlaufenden radialen Faserung,<sup>1)</sup> dem aber die Thatsachen im Innern **nicht** entsprechen.

Zu verstehen ist sie nur durch eine Beschleunigung der das einseitige Spitzenwachstum erzeugenden Diffusionsströme, welche in der Richtung von innen nach aussen auf einer trichterförmigen Fläche durch die stattfindenden Ausscheidungsvorgänge entstehen und deren Ausgleichsbewegungen von einer grösseren Peripherie auf eine geringere in der Trichtertiefe fortgepflanzt werden; diese Beschleunigung ist aber auch nur möglich auf einer ausgeebneten Trichterfläche, wie wir sie oben (S. 243) dargelegt haben und nicht auf einer durch Thon austreibung — unregelmässig und ungleich dicht gemachten Zone, wie solche die Ausscheidungshypothese — allerdings nicht entsprechend dem thatsächlichen Befund — annehmen müsste.

#### Cap. XIV. Ueber die den möglichen Auflösungsvorgängen nachfolgenden Gestaltungen.

Wenn wir oben, abgesehen von anderen Punkten, welche auf Auflösungsvorgänge schliessen lassen, lediglich aus dem Verhalten der Thonlagen entnehmen konnten, dass sie mit einem Zurückweichen, ja öfters völligem Verschwinden der Treppenabsätze der darunter liegenden Mergelrücken, sogar dieser selbst wachsen müssen, und dass diese Treppenabsätze eine eigenartige Abstutzung der inneren Zickzack-Struktur aufweisen, so wird letzterer Umstand erst jetzt, nachdem wir das Wesen der Zickzack-Struktur kennen gelernt, besonders wichtig. Diese Struktur ist die des schaligen Aufbaus im Kleinen und Grossen nach dem ersten spitzen Rhomboëder. Wenn sich dieser Aufbau im Innern im Kleinen zeigt und in den Gesamtkomplexen zwischen den Thoneinschaltungen im Grossen wiederholt, so sind solche Abstutzungen der Rhomboëderschalen, wie sie an den horizontalen Treppenstufen (vgl. Taf. III Fig. 3) zu beobachten sind, keine anormalen Wachstumserscheinungen d. h. keine Krystallflächen mehr, sondern Auflösungsflächen, auf welche Reste der alten Schalenstruktur auslaufen; es ist nicht möglich diese in den Winkeln zwischen den Thonpaketen liegenden Reste als selbständige normale Wachstumsformen aufzufassen; das Gleiche gilt von ganz ähnlichen Erscheinungen, aber in etwas grösserem Maassstabe an den mehr oder weniger breiten Scheiteln der Mergelrücken (vgl. Taf. III Fig. 2 und Taf. IV Fig. 3).

Wir haben auch hier eine Unterbrechung des Schalenaufbaus gerade nach der Hauptspitze zu, während gerade die continuirliche Fortwachsung nach den Spitzen hier die Voraussetzung des regelmässig schaligen Nachwuchses auf den Seitenflächen wäre.

Es wurde nun oben erwähnt, dass, wenn überhaupt Auflösungsvorgänge längs der grösseren Thoneinschaltungen vorhanden seien, dieselben höchst einseitig nur auf den Runzelflächen, d. h. auf der inneren Gegenseite des Thones, in der anliegenden Kalk- oder Mergelmasse vor sich gegangen sein könnten. Zur vorläufigen Erklärung haben wir auf eine ganz gleichartige Erscheinung bei der Styolithenbildung hingewiesen und weiter bemerkt, dass auch das Wachstum

<sup>1)</sup> Eine reine radiale Faserung würde eine Verlängerung der Elemente nach der Hauptaxe in sich schliessen; nach unserer Auffassung weist die Streifung nach Struktur und Entstehungsort mehr auf eine Verzerrung der Elemente nach den Rhomboëderflächen hin, was zum Theil durch die Auflagerung an der vorgebildeten tieferen Niveaufläche gleicher Orientirung bedingt ist.

der „eingeschachtelten Stylolithen“ mit fortschreitender innerer Zerspaltung und Auflösung neben normalen Stylolithen gewisse Analogien bietet mit den hypothetisch von Zerspaltungs- und Auflösungsvorgängen freien Kegelaxenräumen und den von solchen betroffenen und leicht davon heimgesuchten kristallisirten Mittelräumen.

Die Ungleichheit der Auflösung an den Spaltflächen, an welchen später Stylolithenbildung vor sich geht, konnte dadurch erklärt werden, dass die ursprüngliche Zerspaltung sich an vorgebildeten Strukturflächen (Lagerung, Bänderung etc.) halte, aber durch alternirendes Ueberschneiden einer feineren Mittellage etwas verschieden geartete Flächen alternirend gegenüber stelle; hierdurch sind auch Verschiedenheiten der Auflösungserscheinungen durch  $\text{CO}_2$ -haltiges Wasser verbunden und dadurch besonders Verschiedenheiten der Lösungsrückstände und der Wärmeentwicklung, welche in ziemlich auffälliger Weise die Lösung des Kalkes durch Kohlensäure begleitet; es entstehen daher Strömungen des molekularen Ausgleichs, welche auch die Rückstände von der einen Seite nach der andern hinüber schaffe und dort wieder den Lösungsprocess etwas hindern; durch weitere Steigerung wird aus diesen kleinen Anfangsunterschieden eine Differenzirung derart entstehen, dass auf der einen Seite mehr die Auflösungserscheinungen vor sich gehen, auf der andern Seite mehr die Rückstände sich anhäufen, welche hier an einer weniger glatten Oberfläche fest anhaften (S. 166—167).

Die Zerspaltung in den Dutenmergeln hält sich, wie wir oben ausgeführt haben, nicht nur an die durch gewisse, schwache Pausen der Krystallbildung bezeichnete kleine Zerklüftung, sondern an gewisse grössere Ebenen gleichartigen Ursprungs, welche eine Art Schalenbildung, wie nach dem ersteren spitzeren Rhomboëder bewirken; nicht, dass hier das Krystallwachsthum überhaupt aufgehört hätte, sondern, dass es bei nachlassender Intensität eine unvollkommene Umschliessung und sporadische Erhärtung des Thones mit sich führte. Durch die Trennung nach dieser Schalenbildung sind kleinere Substanzverschiedenheiten nicht nur leicht anzunehmen, sondern es ist auch nachgewiesen, dass sich der Neubeginn der Krystallisation etwas anders verhält als das Ausgehende. Kurz charakterisirt sind die Unterschiede folgende: die äussere Abschlussfläche einer intensiven Krystallisationsperiode kann schon ursprünglich (vgl. Fig. 7 Taf. III) quer geringelt angenommen werden; der Neubeginn ist aber in darauf senkrechter Richtung strahlig gestreift (vgl. Cap. XIII). Eine etwaige Wasserzufuhr in Schieferthonen findet nun mehr als bei anderen Gesteinen nach der Horizontale statt, da die meisten kleinen Vertikalklüfte in Schiefem nach der Horizontale abgelenkt werden und solche Schiefer mit heterogenen Einlagerungen von zahlreichen horizontalen Rutschflächen durchsetzt sind. Ein Durchzug durch einen zersprengten Knollen mit wagrecht gestreckten Zerspaltungsflächen wird sich daher vorzüglich in allen horizontal verlaufenden Absätzen dieser Flächen halten und dort gefördert werden, während er an senkrecht dazu gestreiften Flächen nur Hindernisse findet; dort wird er auch am meisten lösend wirken (vgl. S. 220—224); es kommt dazu noch, dass hier die Flüssigkeit nicht zu stark abfließt, sondern auf den Flächen lastet, welche auch zugleich die Flächen der stärksten Druckwiderstände und intensivster Berührung sind, während an der entgegengesetzten gerundeten Fläche die Flüssigkeit abzutropfen bestrebt ist.

Auch durch die Trennung nach gerundeten Flächen, welche Theilen einer Kegeloberfläche entsprechen, werden zwar zuerst gleich grosse Flächen gegenüber gestellt, sehr bald aber wird die eine Fläche durch Fortschreiten selbst



gleicher Auflösung grösser, die andere kleiner; diese Differenzbildung findet sehr rasch statt, die mit der Hohlseite nach oben gerichtete Mantelinnenfläche wächst an Flächenausdehnung, die mit der Kegelspitze nach unten gerichtete verliert ebenso rasch an Oberfläche: dadurch findet auf der einen Seite eine stärkere Auflösung statt, die Rückstände werden vermehrt, durch die wirksamen Temperaturunterschiede nach der Gegenseite getrieben, wo die Entwicklung um so mehr abnimmt. Die so aus kleinen Unterschieden entstehenden Differenzen haben auch hier die Möglichkeit sich rasch so zu steigern, dass auf der einen Seite lediglich die Auflösung, auf der anderen Seite mehr die Aufspeicherung der Auflösungsrückstände stattfindet. Diese Einseitigkeit wird nun noch dadurch gesteigert, dass durch die besprochenen Senkungen nach unten, durch die Raumverminderung in sich die Oberfläche der Kalkpartien sich stets und langsam von Thoneinschaltungen, die hier noch am weichsten sind, ablöst und zum Eindringen neuen Lösungsmittels hier wieder Luft schafft. Während hier so immer auf einer Seite stärkere Auflösungserscheinungen die Oberfläche stark modelliren müssen, beschränkt sich die Auflösung auf der entgegengesetzten Fläche auf eine Abrundung und mehr oder weniger schwache Anglättung der Längsstreifen nach den hier verlängerten Wachstumsstreifen (vgl. oben S. 243).

Hierzu ist noch der wichtige Umstand hinzuzufügen, dass die Flächen wie sie dieseits und jenseits der Thonscheiden einander gegenüber stehen, Flächen sehr verschiedener Auflösungsfähigkeit sein müssen, da an der einen Seite eine grosse Anzahl Flächen vorliegen, welche krystallographisch der stärksten Lösungsgeschwindigkeit (vgl. S. 221) entsprechen würden, welche Flächen an der anderen Seite fehlen, wo hingegen krystallographische Flächen viel geringerer Auflösungsgeschwindigkeit sind. Die auf dieser Seite gestreckten Faserzeichnungen lassen auf eine dichte Ansammlung einer dünnen Schicht mit Flächen schliessen (vgl. S. 243—244), welche viel geringerer Auflösungsgeschwindigkeit (Rhomböederfläche) entsprechen würden! — Wie wir oben auseinandersetzen, war wohl eine dem jetzigen Gegensatz der beiden Flächen völlig entsprechende Gestaltung von Anfang an vorhanden und wurde nur durch die Auflösung vertieft und erweitert. Zu dieser Erweiterung gehört die Zusammenfassung mehrerer kleinerer Treppenstufenanlagen zu einer breiteren Auflösungsstufe durch stärkeres Vordringen der Auflösung an und zunächst einiger höher gelegenen, welche durch fortdauernde Senkungen im Innern der Masse besonders bevorzugt sind; diese Stellen sind zu meist Austrittsstellen stärkerer Zerklüftungsanlagen, an welchen gleicherweise die Auflösung sowie auch das Zusammensitzen im Innern stattfindet.

Von den so entstandenen Runzelabsätzen zu unterscheiden sind die von GRESLEY (Quarterl. Journ. 1894. Bd. 50, Taf. 35, 10 etc.) abgebildeten, mir sonst nur vereinzelt und schwach entwickelt zu Gesicht gekommenen ringartigen Ansätze an der Aussen- seite der Kalkkegel;<sup>1)</sup> sie sind nicht identisch mit den eigentlichen Runzelabsätzen, welche in die gleichartige Krystallmasse eingenaht erscheinen, nicht einmal mit den an der Aussenkante der Treppenabsätze wie in Zwillingstellung angewachsenen kleineren Bündel, welche sich öfters in die Trennungslinien der Thonpakete ein-

<sup>1)</sup> Eine schwache ringartige Wellung der Oberfläche habe ich öfters beobachtet und mag sie der von GRESLEY erwähnten Thatsache ebenso gleichzustellen sein, wie die gewöhnlich zu beobachtende Längsstreifung der „Kegeloberfläche“ den öfters auf der Fläche erscheinenden, in spitz winkelförmigen Bündeln angeordneten Längsstreifen; es sind die Absätze solcher Bündelchen, die diese continuirliche Ringe erzeugen; jedenfalls spielen sie eine ganz untergeordnete Rolle (vgl. Cap. XII).



schieben und daher vielleicht auch als secundärer Entstehung betrachtet werden könnten (vgl. oben S. 239). Wir haben allerdings oben der Wahrscheinlichkeit einigen Raum gelassen, dass diese einzigen gegenüber dem Ganzen unregelmässig gelagerten, minutiösen Gebilde, welche den Pausen zwischen seitlichen Ergänzungsperioden (der Bildung der Schenkelstücke) entsprächen, auch in diesen Perioden entstandene primäre Ansätze sein könnten, welche isolirt in die zu diesen Schaltzeiten unvollständig krystallisirende und später zu Mergel erhärtende Thonmatrix hereinragen und vereinzelt an günstigen Stellen von der später folgenden Auflösung bewahrt blieben. Es kann aber nicht sein, dass diese feinsten Ansätze, deren Reste an der Aussenkante der Treppenabsätze noch hie und da zu bemerken sind, schon streifenweise in den Krystallisationstrichtern (vgl. etwa die parallele Erscheinung in den pseudomorphosen Knollen Taf. III Fig. 7 und 8) angeordnet, in divergenter Stellung der sehr kleinen Individuen nach innen vorragten und so auch der ersten Auflösung ihre Richtung gewiesen hätten; jedenfalls haben die jetzigen Treppenabsätze als solche nicht existirt, besonders entspricht ihrer Vorrangung keine Divergenz in der Anlagerung der Individuen. Für die von GRESLEY beobachteten Ringe an den Kegelflächen könnte man an den entgegengesetzten Innenflächen der Kegelscheide zwar auf entsprechende Gebilde an den Divergenzpartikeln an den Treppenkanten verweisen, aber für die Treppen selbst fehlte jeder unmittelbare Vergleich; für diese Fläche haben wir die bei der Auflösung von Calcitkugeln nach MAYER entstehenden, der Basis ungefähr entsprechenden Modellirungsfläche zum Vergleich herangezogen. Nun ist es mir kein Zweifel, dass diesen Runzelabsätzen wirklich feinere primäre Vorrangungen von Krystallrunzeln nach Art der in Taf. III Fig. 7 und 8 dargestellten entsprochen haben; sie zeigten aber gewiss kein Divergenzwachsthum, weil selbst die mikroskopisch kleinsten Runzeln dieser Art nichts davon zeigen; wahrscheinlicher Weise hatten sie schon die Basis (vgl. oben S. 235), welche dann Anhaltspunkt der späteren Auflösung wurde. Die zwischen den Thonpacketen steckenden Divergenzelemente halte ich aber für ursprüngliche Reste der in ihren Elementen normal orientirten Krystallmasse, welche durch die Bewegungen in diesen und den sich zusammendrückenden Thoneinschaltungen nachträglich eine divergente Stellung eingenommen haben.

Wir können weiter auf die eigenartigen, eng an einander gedrängten, anastomosirenden und sich verzweigenden Rillen hindeuten, welche Kalkstein in Säuren bei  $\text{CO}_2$ -Entwicklung annehmen (S. 163) und welche auch auf den Seitenflächen der längsgestreiften Styolithen zu beobachten sind (vgl. Taf. III Fig. 11); die hier senkrecht zu diesen Rutschstreifen angeordneten Rillen sind in ihrem Verlauf durch die fortrückende obere Seitenkante des Styolithenkörpers vorgezeichnet; bei den Dutemergeln ist ihr Verlauf vielleicht durch die bei den wechselnden Unterbrechungen der Krystallisation an den Trichterkegelflächen anzutreffenden Reihen von Krystallelementen bedingt; beide Momente vereinigen sich zu starker Wirkung.

Eine weitere Parallele mit den bei Styolithen allerdings seltener beobachteten Querrunzeln ist die Erscheinung, dass ihre Stärke nach den durch besondere Kanten abgetheilten Feldern sich verändert und hiernach Verzweigungen und Anastomosen eintreten; wir haben erwähnt, dass auch an der gerunzelten Oberfläche der Kegelscheiden eine sehr deutliche Längsfacettirung zu beobachten ist; an diesen Facettenfeldern hat die Auflösung in verschieden starker Weise je nach den Fließwiderständen in grösseren, kleineren, höheren oder niedrigeren etc. Spältchen stattgefunden.



Wir wollen an dieser Stelle noch einmal betonen, dass allein die Annahme von umfassenden Auflösungs Vorgängen 1. die Art und Weise des Wachstums und der Struktur der Thonscheiden, sowie ihre Beziehung zu den Mergelrunzeln, 2. die ganze Reihe der eigenartigen Dislokationserscheinungen im Innern der krystallinen Masse erklären kann, dass 3. der Annahme, diese beiden Gruppen von Erscheinungen seien primär mit der Krystallisation des Mergels verbunden, sehr gewichtige That-sachen entgegengestellt werden müssen.

#### Cap. XV. Die äussere Gestalt der Dutenconcretionen.

Die Form der Dutenkalke in ihrer meist nicht grossen seitlichen Ausdehnung ist stets eine mehr oder weniger flach kuchen- oder nierenförmige, nach QUENSTEDT brodlaibartige, nach Art der Septarienconcretionen in den verschiedensten Formationen; dies kennzeichnet schon die Art der Entstehung, nämlich durch Einbeziehung horizontaler, noch weicher Schichtenlagen<sup>1)</sup> durch eine Lösungsausscheidung, deren Zuzug ganz wesentlich als Concentration aus diesen in der Diagenese begriffenen Lagen erfolgt, daher stark abgeplattete, kuchenartige Knollen mit ziemlich geringer Dickenvermehrung entstehen. Die Ursache der Concentration sind sehr oft faulende, organische Körper, die aber schon sehr bald, umhüllt und bedeckt, diese Wirkung nicht mehr ausüben können. Die Entwicklung von  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_4\text{Cl}$  in faulenden Organismen<sup>2)</sup> vermehrt die Löslichkeit für  $\text{CaCO}_3$  in ihrer Umgebung, bedingt also einen Zuzug gelöster Carbonate da, wo Carbonate selbst nicht abgelagert sind, d. h. in thonigen Ablagerungen, denen Carbonatlösungen beigemischt sind; das sind Ablagerungen, in denen aber auch Carbonatabsätze aus Quelllösungen während der Ablagerungen vorkommen können, z. B. im Permcarbon der Rheinpfalz, dem Rhät von England und Norwegen (vgl. unten III. S. 259). Das sind also vorbereitende Ursachen und Umstände. Wodurch geschieht nun das weitere Wachstum der Concretionen und wie ist es beschaffen?

Das so sehr häufige Vorkommen, dass Fische oder andere längliche organische Körper gar nicht ganz in Concretionen eingeschlossen werden, lässt muthmassen, dass deren Längen- und Dickenwachstum nicht stets gleichen Schritt hält und das langsame Dickenwachstum<sup>1)</sup> noch anhält, wenn jenes schon sehr beschränkt ist.

Man könnte vielleicht daraus schliessen, dass das Längenwachstum in den mittleren, in die Geode einbezogenen Schichten überhaupt aufhöre,<sup>1)</sup> weil sich hier die Lösung nicht mehr concentrirt, wohingegen das Dickenwachstum allmählich die Oberfläche der Concretion stets neue Schichten bringe, in deren Flächenzug wieder eine neue Concentration von der Seite her möglich wäre; vielleicht könnten

<sup>1)</sup> Schon hier äussert sich in noch weichem Gestein die Thatsache, dass die Leitungsverbindungen irgend welcher Art quer zur Schichtung sehr viel schwieriger stattfinden, als in der Schichtung; in ersterem Falle stehen nach oben immer die Breitflächen der flach gelagerten Theilchen entgegen, in letzterem Falle bilden die Schmal- und Längsseiten, in deren Richtung auch die Spitzen liegen, die geringsten Widerstände, vermögen sogar manche Fortleitung zu unterstützen. Die bei Septarien-Concretionen allmählich von einer äquatorialen Lage nach oben und unten stattfindende Zersprengung, welche natürlich nicht die ganze Dicke des Knollens gleichzeitig ergreift, sondern Zug für Zug nach aussen vordringt, beweist auch ein Aufhören des Concentrationszuzugs in der Kernlage und die hier beginnende Austrocknung und Erhärtung der Concretionen.

<sup>2)</sup> Sie entwickelt freilich auch Wärme, welche zuerst die Löslichkeit vermindert; ihre Fortleitung in den Schichtebenen geht aber senkrecht zur geringen Entweichungsmöglichkeit des Gases vertikal durch die Schichtebenen, wirkt also nur etwas verzögernd auf den Beginn der Concentration.



hierdurch eigenthümliche Verdickungen erklärt werden, welche GRESLEY (G. Mag. 1887 Fig. 5 und Qu. Journ. 1894 S. 734, vgl. Copie Taf. III Fig. 17) darstellt, deren Lagerungseigenthümlichkeiten wir auch z. Th. an unserem galizischen Exemplar auf einer Seite feststellen konnten.

Bemerkenswerth ist aber, dass diese Verdickungen unten und oben in fast ganz gleichen Entfernungen von den Kernlagen auftreten, wobei es als höchst unwahrscheinlich zu erachten ist, dass die Concretion bei ihrem langsamen, zweiseitigen nach unten und oben gerichteten Wachsthum unter den so viel älteren Lagen zufällig auf ebenso concentrationsfähige Lagen treffen soll wie oben. — Noch merkwürdiger wäre der Fall, wenn (vgl. Taf. II Fig. 14 Copie) ca. 16 cm auseinanderliegende Dutenmergelpaare nun oben und unten durch eine gemeinsame, aber separirte Decke und diese wieder von einer zweiten einheitlichen gedeckt wird, wovon keine die seitliche Ausdehnung der inneren älteren Paare ganz erreicht und alle Paare durch nicht conifizierte Lagen getrennt sind. Hiernach fände also bei der Entstehung der oberen und unteren Deckschicht wohl ein Dickenwachsthum der Gesamtgeode statt, welches auch die inneren Paare an der Seite etwas ergreift; das wichtigste ist aber doch die Vertikalzunahme der Geodenmasse durch diese an Stärke der inneren Paare weit überwiegenden einheitlichen Decklage.

Wenn GRESLEY nun bemerkt, dass die Nester oder vielstöckigen (multiple heights) Dutenlagen gleichzeitig entstanden sein müssen, so gilt dies natürlich nur für je zwei einer Kernlage entsprechenden und zwar in deren langsamen Wachsthum von Innen und Aussen. Die zwei, die seitlichen Paare umspannenden, aber nicht überflügelnden äusseren Decklagen sind oben und unten gleichzeitig, aber natürlich geringer, wie erstere; es ist mir zweifellos, dass diese bis zu 16 cm Dicke trotz ihrer complicirten Zusammensetzung eine einheitliche Concretion bildende Masse auch einem im Grossen ganz einheitlichen Versorgungsprocess mit gesättigter Lösung entspricht, der oben, unten und in der Mitte gleichartig stattfindet, nicht dort von der Zuleitungsfähigkeit von zufälligen Einzellagen abhängt,<sup>1)</sup> sondern die ganze Masse gleichmässig betrifft, dessen Wirkungen in Zunahme oder Abnahme der Knollendicke aber von anderen Verhältnissen des Zuzugs gleichzeitig oben und unten verursacht sind. Ein sicher wichtiger Umstand bei der Erzeugung dieser Intervalle ist auch hier die Aufzehrung und der Wiederersatz der Lösungsconcentration, welche ja schliesslich überhaupt nur durch den einmal begonnenen Krystallisationsvorgang und die Diffusionsbewegung nach dem Krystallisationshofe fort und fort erhalten wird. Auch durch diese hauptsächlich nach den dicksten Partien und den Hauptkrystallisationsbereichen der Concretion stets gesteigert abgeleiteten Zuzug der Lösung wird endlich der seitliche Zuwachs der Gesamtgeoden in der mittleren Region fast völlig gehemmt, eine Thatsache im Grossen, welche mit der Bildung der Axen im Innern im Wesen übereinstimmt, dort natürlich andere morphologische Gestaltungen hervorruft. Nur auf diese Weise ist es zu erklären, dass an den Dutenconcretionen schliesslich lokale Verdickungen an der

<sup>1)</sup> Die Wirkung dieser Lagen macht sich erst, wie oben S. 235 auseinander gesetzt wurde, in den ausgehenden Stadien des Concretionswachsthums bei nachlassender Concentration bemerkbar; die Krystallisationsvorgänge, die hierbei in feinsten Weise reagiren, erscheinen dadurch besonders beeinflusst; wie hierauf oben die Anlagen der Trichterrunzeln zurückgeführt wurden, so ist auch daraus die Anlage der ebenen Oberflächen-Stufen der krystallisirten Concretionen abzuleiten, welche dann auch ebenso gleichmässig der Zuleitung der späteren Auflösungswirkungen dargeboten werden.



Seite oder an der Mitte oft mit seitlichen Vertikalabfällen entstehen können; hierbei ist zu bedenken, dass der immer weitere Kreise des gleichen Schichtencomplexes erfassende Aufbrauch der Kalklösung auch aus kalkarmen in noch kalkreichere Gebiete auftreffen kann und hier durch den Zuwachs neuen Stoff zuführt.

Wenn YOUNG das ihm nur vereinzelt bekannte Vorkommen von Dutenmergeln zusammen mit einer Encrinitenschicht als eine unwichtige örtliche Ausnahme von der vermeintlichen Regel ansieht, dass nämlich diese Struktur hauptsächlich an Schichtencomplexen inner-continentaler Entstehung gebunden sei, in welchen also Ablagerungen mit Entomostracen, Süßwasserconchylien, Pflanzen und Fischen auftreten, so dürfte ein Blick auf die oben mitgetheilte Reihe von nicht englischen oder amerikanischen Vorkommen in dieser Ansicht eine Verschiebung hervorrufen. Es handelt sich vielmehr um Ablagerungen, welche ebensowohl marine Faunen beherbergen können, jedoch um solche, in denen Sande und Thone continentaler Einschwemmungen eine hervorragende Rolle spielen und das Auftreten mariner Kalke sehr zurücktritt; man wird auch hierdurch darauf verwiesen, dass man es mit einer Entstehung in Schichten zu thun hat, deren verhältnissmäßig geringer Kalkgehalt in Lösung weit verbreitet und vertheilt eine sehr langsame Concentration und Ausscheidung zur Vorbedingung macht.

#### Cap. XV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Entstehung der Dutenmergel (Nagelkalke, Cone-in-Cone-Structure) ist in erster Linie die von Concretionen unter sehr langsamer Anreicherung von Carbonaten nach bestimmten Kernlagen, oft mit verwesenden organischen Resten; die langsame Concentration ist hierbei stets von einer Krystallisation begleitet, daher die Ausscheidung aus der Lösung zusammenhängend krystallinisch ist; es ist anzunehmen, dass sie nicht zu lange nach der Ablagerung der Schichten beginnt, unter gewissem Auflagerungsdruck vor sich geht und der Diagenese thonreicher, Carbonatlösungen enthaltender Schichten angehört.

Ich halte in diesen Anfängen die Krystallisation der Thone durch sich concentrirende Lösungen von kohlen saurem Kalk etc. für nicht wesentlich verschieden von der bekannten Krystallisation der Sandsteine,<sup>1)</sup> deren Struktur und Form entweder erhalten bleiben oder bei ihrer Umänderung durch später eindringende Lösungsmittel in ganz anderer Weise verändert werden müssen, als die von krystallisirten Mergeln.

Die Krystallisation erfolgt zuerst gleichmässig und senkrecht von beiden Seiten einer horizontalen Kernlage, wobei sich sehr bald, besonders in Folge der bei der Ausscheidung entstehenden Temperaturdifferenzen etc. (vgl. S. 233) eine ungleichmässige, vereinzelt etwas verstärkte Entwicklung sowohl in vertikal-radialer Richtung als auch gewissen horizontalen Erstreckungen in der Kernebene, welche nicht nothwendig ausstrahlend sein müssen, vielmehr längs neben einander hinziehen können, bemerkbar machen muss. Jüngere Querverbindungen zwischen letzteren bilden im weiteren Fortschreiten ein Netzwerk von nicht ganz gleich hohen Kämmen, deren Seitenflächen von Flächen und Kanten der seitlich liegenden, rein vertikal orientirten, gereihten Krystallelemente gebildet werden. Die Krystallelemente weisen

<sup>1)</sup> Schon in ersten Stadien mag die Form der Auskrystallisation verschieden beeinflusst sein durch die immerhin grössere Beweglichkeit der Lösung im thonarmen, nicht zu feinkörnigen Sand, dann aber auch durch die meist grössere Unregelmässigkeit der Lagerung (vgl. z. B. Taf. II Fig. 14).



krystallographisch auf das erste spitze Rhomboëder hin, wie es in sog. krystallirten Sandsteinen verschiedenster Fundorte häufig ist; in ihrer Gesamtgruppierung haben sie desgleichen das Bestreben, dieser Krystallform annähernd gleichartige Aggregationsflächen zu erzeugen, so weit es natürlich das Gesamtwachstum ungleich hoher, zuerst eckig-netzförmig sich verbindender Krystallzüge bei hoher Regelmässigkeit der Ineinanderlagerung in der Aggregation erlaubt.

Diese Regelmässigkeit ohne hervorragend entwickelte Axenstrahlen mit seitlichen, divergirenden Zweigen ist bei sehr geringer Diffusion der thonigen Muttermasse nur möglich durch das Gegenwicht eines äusserst langsamen Concentrationsersatzes und ebensolcher Verminderung des Lösungsmittels,<sup>1)</sup> wobei eine zweifellos in hohem Grade vorhandene Beschleunigung des Wachstums der äusseren Spitzen, welches sonst Seitenfiederung von älteren Theilen aus zur Folge hat, durch die geringeren Concentrationsverhältnisse in den Maschenräumen seitlich regelmässig ergänzt wird. Da der weitere Zuzug der Lösung lediglich von der Seite in der Schichtung erfolgt, werden diese ringsumwallten, rein abgeschlossenen Zwischenräume selbst nur schwächer versorgt und jeder neue Zuzug vorwaltend zum Vertikalwachstum verwandt. Es entstehen daher je nach der Dicke der Schicht zwischen den krystallirten Wänden und Querwänden mehr und weniger tiefe Kamine, wobei der Rest der vorhandenen Lösung, soweit er nicht zur Ausfüllung und Abrundung der Ecken-Nischen verwendet ist, zur einfachen regellosen Erhärtung der Matrix zurückbleibt. Ueberschüssige Reste der Lösung veranlassen hier auch noch zunächst den Krystallwänden entweder zarte, dendritisch aufsteigende Krystallisationen oder dringen krystallisirend in gewisse Horizontallagen ein, soweit sie in der Zwischenzeit noch nicht zur Erhärtung gelangten. Niemals zeigen die säulenförmig in die Höhe wachsenden Krystallmassen eine seitliche Begrenzung, etwa durch Prismenflächen oder Ansätze zu Seitenkanten mit unvollständigen entgegengesetzten Rhomboëderflächen; die „Ergänzung“ ist also eine durch mehrfache Umstände höchst unvollkommene und einseitig beschränkte.

Sobald nun die Krystallisation an einer oberen oder unteren, Lösungs-fremden Schicht auftritt, wachsen zuerst die Kanten nicht mehr weiter, wenn auch die seitlichen Theile nachrücken, bis sie auch Halt machen müssen, was, abgesehen von den Kaminen, zu einem Verschwinden der Kantenzüge und Spitzen, d. h. der selbstständigen Oberflächenformen und zu einer „Abformung“ der Hangend- oder Liegendfläche der Dutenschicht führt. Wenn nun indessen die Längszüge der Krystallwände noch eine Communication seitlich nach aussen gestatten, so wird, so lange als die Lösung sich noch durch weiteren seitlichen Zuzug concentrirt, eine rück-schlägige Krystallisation erfolgen müssen; je nach der Dicke der ganzen Schicht wird sie in die Kamine rückwärts eindringen, diese ganz oder nur einen, je nach dem Maass der inzwischen erfolgten Erhärtung, wechselnd grossen peripheren Theil von innen nach aussen erfüllen. Hierdurch erhalten die Concretionen stets eine periphere Rinde von eigenartiger Beschaffenheit, welche im besonderen Festigkeitsverhältnis stehen muss zu den nicht oder nur schwach (vgl. das Verhalten der Kamine) calcitisirten oder auch regellos kalkig erhärteten Kernlagen und den Kaminen selbst, welche, wenn sie auch ausgefüllt krystallisirt sind, durch anormale Zusammenschlussverhältnisse (Ausfüllung einer cylindrischen Höhlung) Radien verschiedener Erhärtung und Spannung darstellen.

<sup>1)</sup> CO<sub>2</sub> und Wasser müssen bei der allmählichen Austrocknung der Schicht den Sedimenten entzogen werden; etwa vorhandener O würde zur Oxydation des Eisencarbonats verbraucht.



Was den Vorgang der Krystallisation im Kleinen betrifft, so findet er ausserordentlich langsam und, wie erwähnt, in Elementen statt, deren Form auf das erste spitze Rhomboëder bezogen werden kann. Die bei grosser Zähigkeit der Lösung stets mit abnehmender Geschwindigkeit erfolgende Krystallisation in einer Richtung verursacht hier viel öftere Unterbrechungen, während welcher eine Abnahme der Intensität der Krystallisation der Matrix zu bemerken ist; während bei intensiverem Wachstum der Concentration selbst noch die kleinsten Theile der Matrix vollständig umschlossen werden, tritt in solchen Zwischenperioden eine unvollkommene Umschliessung ein; das hat zur Folge, dass sowohl die kleinsten Elemente von einer krystallinisch undichterem Lage umgeben sind, als auch, dass umfassendere Aggregattheile in den Krystallwänden selbst einen dem ersten spitzen Rhomboëder ungefähr entsprechenden schaligen Aufbau nach aussen hin zeigen; dieser schalige Aufbau entspräche so im Grossen und Ganzen den Pausen der seitlichen Ergänzungskrystallisation und des währenddem sehr verminderten Kanten- und Spitzengewachstums. Die seitliche Ergänzungskrystallisation erfolgt in einzelnen, nach unten und den Kaminen zu sich vermehrenden, an Dicke abnehmend sich anlagernden Theilstücken.

Auf das Ausgehen je der älteren Krystallisationsepoche und den Beginn der neuen sind vielleicht kleine Unregelmässigkeiten der Zusammenlagerung der Krystallelemente zurückzuführen, zwischen welchen beiden Zeitpunkten die Matrix in nicht geschlossener Weise krystallisirte bzw. erhärtete.

Es bedarf nun nicht sehr starker Ursachen, dass diese abschüssig liegenden Schaltflächen nach ihren Unregelmässigkeiten bei wachsendem Schichtendruck mehr und weniger vollkommen von einander gelöst werden und zu einer Art Zerklüftung Anlass geben; als solche Ursache sehe ich die oben erwähnten von Aussen nach Innen wirkenden Spannungen an, welche die krystallinische Concretionsbildung in der Art, wie wir sie auffassen, stets und überall ziemlich gleichmässig herausbilden muss, so dass auch ähnliche Zerklüftungsgestaltungen entstehen, wie dies bei nicht krystallisirten Concretionen in den Septarien durch Zersprengung von Innen nach Aussen der Fall ist.

Was hierdurch verursacht wird, das sind rund um die „Ausparungskamine“ als Radien der ganzen Concretionen verlaufende Zersprengungen der Krystallmasse, welche sich natürlich auch über die Ausdehnung der Kamine hinaus in die Seitenflächen-Verbreitungen der Krystallzüge fortsetzen. Diese Sprungflächen halten sich im Innern nicht nur an die schaligen Absonderungsflächen, sondern ziehen sich auch in hohem Maasse in die Trennungsflächen der kleineren Elemente, so viel wie möglich eine grössere Fläche verfolgend; sie gelangen so auch wieder zu anderen Hauptschalenflächen; ursprünglich bilden sie daher durch diese Combination wohl eigenartige polygonale Pyramidenflächen oder vielmehr Flächen-theile von solchen, welche von den Ausparungskaminen nach der Aussenregion der Mittelaxen verlaufen, dort nun enden oder über diese hinaus sich mit ganz gleichen auf der anderen Seite oft zu einem einheitlichen Bogen verbinden; sie setzen sehr oft weiter fort über den Treffpunkt mit gegenseitigen Sprungflächen, bis sie wieder an eine höhere anstossen. Durch diese Supplementärfortsetzungen wird die krystallographische Mittelaxe von aussen nach innen im Zickzack unterbrochen und zerklüftet und häufig werden die ausgelösten Spitzen (Kanten) zerbröckelt.

Die dadurch verursachte geringere Festigkeit dieser mittleren Region tritt im Gegensatz zu der Gesteinsmasse der bei der Krystallisation ausgesparten und theil-



weise nicht krystallisch erhärteten Kamine; die mittlere Kommunikationszone der Sprünge, die Treffzone der beiderseitigen Zerklüftungsspalten zerstückelt die ursprünglich viel einheitlichere Krystallmasse und vertheilt ihre Hälften nach den Aussparungskaminen bezw. ihren späteren Ausfüllungen zu, wodurch diese zu den Festigkeitsaxen des Ganzen werden.

Dies sekundäre Verhältnis wird durch die nachfolgenden Prozesse noch mehr herausgearbeitet.

Es gibt nicht leicht ein Kalkgestein, welches nicht auch noch nach seiner Erhärtung an zugänglichen Stellen, selbst bis in grosse Tiefen hinab, von umwandelnden Einflüssen besonders an Spalten und Klüften berührt worden wäre. Sehr häufig werden isolirte Einlagerungen von verschiedener Härte, als die ihrer Umgebung ist, Ursachen eigener Bewegungen; Schichthorizonte mit zahlreicheren solchen Einlagerungen werden zu Regionen horizontaler Verrutschungen und einer sich im Streichen der Schichten zu Tage fortpflanzenden Zerklüftung. Diese werden zu Regionen besonders ausgeprägten, wenn auch langsamen Wassereinzugs mit allmählich nach der Tiefe sich verstärkendem Kohlensäuregehalt, der sich sofort zersetzend und auflösend an alles Kalk-haltige macht; die häufige Entstehung von Stylolithen (Drucksuturen), selbst in tiefsten Gebilden, beweist ihr Vordringen, und was die Dutenmergel betrifft, so zeigen alle mir bis jetzt zur Hand gekommenen Exemplare das eindringliche Wirken von O- und CO<sub>2</sub>-haltigem Wasser an der Oberfläche, in den Kernlagen, so wie im Innern, in nicht misszuverstehender Weise.

Wir haben also auch mit Vorgängen nach ihrer Lösungskraft an dem abgeleiteten Zersprengungssystem im Grossen und Kleinen zu rechnen; hierauf führe ich die Bildung der oft völlig kalkfreien Thonzwischenlagen zurück, die ich im Ganzen für Auflösungsrückstände, vergleichbar den Thonkappen der Stylolithen und den Ausfüllungen der Entkalkungsspalten — Geogn. Jahreshfte 1901 S. 62—92 Taf. IV, V und VI bezw. Taf. III Fig. 1—3, Taf. V Fig. 7, 1902. S. 157—167. — halte.

Sie zeigen eine Lagerung und quere Abtheilung, welche auf tiefer liegende, mit treppenförmigen Absätzen versehene Hauptauflösungsflächen hinweist und öfters auch scharf abgegrenzte, durch Eisenverbindungen sehr verschieden gefärbte innere Schichtung enthält; diese eingeschlossenen Schichten sind nun im Innern der Thoneinschaltungen eben so quer abgesetzt wie die Treppen der den Packeten anliegenden Mergelflächen und da diese Treppenabsätze hierauf bezogen werden müssen, so kann dies nicht anders sein, als dass sie durch Auflösung zurückgesetzt wurden und stets an ihrer Stelle neue Thonrückstände sich auffüllten, welche nun ihrerseits wieder die gleichen treppentörmigen Lagerungsstufen erhielten, wodurch die früheren Grenzlagen ins Innere der Packete rücken. Nur Auflösung kann dies alles erklären; es ist undenkbar, dass Austreiben eines überschüssigen Theils des Thones aus einer krystallisirenden Masse und Transport selbst grösserer Glimmerblättchen auf weitere Strecken durch die Matrix hindurch derartige Substanz und Lagerungsverschiedenheiten hervorbringen konnten.

Nur dies erklärt auch die wichtige Thatsache, dass geringer dicke Mergelzwischenlagen so sehr häufig stärkeren Thoneinschaltungen entsprechen und scharf abgegrenzte Thoneinschaltungen schliesslich sowohl seitlich, als in den Winkelseiteln durch substanziell etwas verschiedene jüngere Thoneinschaltungen (welchen keine austreibende Krystallisation entsprechen kann) völlig zusammenwachsen; die die Scheitel getrennter Thonwinkel verschmelzenden Thonlagen erweisen sich als



gleichzeitig mit jüngeren Zuwachsschichten der Packete an den zugehörigen Schenkeln, wobei diese sich hier gleichartig von älteren Theilen der Thonpackete scharf unterscheiden. Diesen Perioden entsprechen jedenfalls solche mit weiter geführten Zersprengungen der Masse, welche nun wie bei Styloolithenspalten durch die einmal eingeleiteten Auslaugungsvorgänge sich fort und fort weiter erzeugen. Die jüngeren Eisenoxydulhaltigen Thoneinschaltungen scheinen im Allgemeinen einer O-armen Auflösungsperiode zu entsprechen. Die Thatsache, dass die Dicke der Thonscheiden nicht mit der Stärke der zugehörigen Mergelscheiden, also einer hier am meisten gesteigerten „Thonausscheidung durch Krystallisation“ in ein Wachstumsverhältnis gebracht werden kann, sondern nur mit der Höhe und besonders der Breite der Treppenzacken, das beweist ihr Wachstum als lediglich im Verhältnis stehend zu der Schärfe der Oberflächengestaltung der Mergel, was mit unserer Annahme von Auflösungs Vorgängen harmonirt.

Mit dieser Ansicht übereinstimmend ist der Umstand, dass die Flächen, welche wirklich als Auflösungsflächen zu betrachten sind, krystallographisch auch Flächen starker Auflösung am Calcit sein können, wie solche schwach gerundete Flächen annähernd  $\perp$  zur optischen Axe auch besonders deutlich in Calcitkugeln in Säure entstehen, da die Auflösung in der Richtung der optischen Axe am stärksten ist. Während im Innern des krystallisirten Aggregats die Rhomboëderspitzen massenhaft auftreten, zeigen sich an den Grenzen gegen die Thoneinschaltungen nur diese als der Basis etwa entsprechende, zwar stets etwas, wenn auch schwach nach aussen geneigten Flächen, unfehlbar bei allen Vorkommen der Welt; dies gilt nicht nur für die aus Kalkspath, sondern auch für die mit Eisenspath und Dolomit zum Theil stark gemischten Vorkommen, wofür die Lösung auch gemeinsame Formen hervorbringen dürfte, als die einfache primäre Krystallisation. So spitzt sich die Frage der engeren Ausgestaltung der Dutenmergel in der Frage zu, wie entsteht diese constante Basis-artige Fläche, ist sie primär oder sekundär?

Diese Abstufungsfläche einfach als Basis an der Grenze gegen die Thoneinschaltung zu betrachten, wo sie im Innern des Aggregats überhaupt nicht auftritt und an der äusseren Oberfläche nur mit Flächen der unteren Rhomboëderhälfte combinirt vorkäme, alle anderen Flächen daher — ohne eigentliche Ursachen so constanten Krystallverzerrung — unterdrückt wären, das geht wohl an und für sich schon nicht an. Sie weiter nun als eine nur basisartige Fläche und lediglich als Hemmungsbildung zu betrachten, an welcher Spitzen und Kanten von Rhomboëder zu einer falschen Fläche zusammenfliessen, dem widerspricht das mikroskopische Verhalten, wonach sie eine summarische Fläche von kleineren Flächen des gleichen Verhaltens ist, das heisst basale Abstumpfung obiger Charakteristik zeigt; aus dem in Fig. 3 Taf. III dargestellten Abschneiden der inneren Schalenstruktur an ihrer Oberfläche folgert vielmehr, dass die breite Abstumpfung keine mit dem Wachstum der schaligen Struktur ursprünglich zusammenhängende sein kann, sondern ein späterer Vorgang ist, an den dann auch die Entstehung der Thoneinschaltung geknüpft ist, d. h. ein Lösungsvorgang an ursprünglich vorragenden Spitzen mit höchstens sehr schwach entwickelter Basis sein muss.

Wie in Cap. XII ausgeführt wurde, ist eine der späteren Runzelung vergleichbare, aber viel schwächere und dichter gestellte Runzelung mit einer Reihung ursprünglich hemimorphoider Krystallelemente als primäre Anlage wohl denkbar; sie wären die Folge einer nur beim Ausgehen der Ergänzungskrystallisation in den Trichterräumen wirksamen Zuführungsart der Lösung und der währenddem



sich eigenartig gestaltenden Ausgleichsströmungen unter dem Einfluss der hierbei wichtig werdenden Bänderung und Lagerung der Theilchen; Voraussetzung wäre hier die möglichst ungestörte Lagerungsform an der Krystallisationsgrenze, also das Fehlen aller Nachwirkungen von Thonaustreibung auf die anliegende weiche Matrix. — Die nachfolgende Auflösung würde, je weiter die Spalten geöffnet waren, je mehr von diesen Vorrangungen zusammenfassen, verbreitern und vertiefen; dies ist am stärksten in den Scheitelgegenden der Fall, wo man, dem Krystallisationsvorgang nach, die schärfsten Kanten erwarten sollte und deren frühere Anwesenheit durch die Zuspitzungen der Thonmassen hier noch verrathen ist.

Was die Bildung der Treppenabsätze als lange, ununterbrochene Runzeln betrifft, so mögen in erster Linie kleinere senkrecht zum Wachsthum der Krystallmasse verlaufende Reihungen vorragender Krystallendigungen an den (von mir erwähnten) Unterbrechungsflächen II. Ordnung daran schuld gewesen sein, jedenfalls hat aber der Auflösungsprozess selbst die Verbindungen erst zu dem gemacht, was sie nun sind; gerade die Auflösungen von Kalk in Säuren und die dabei entstehenden Strömungen erzeugen an dichten Kalken selbständige, sehr vergleichbare Rillen und sind auch bei der Stylolithenbildung in sehr feinkörnigen Kalken (vgl. oben Taf. III Fig. 9—11) beobachtet. Nimmt man hiezu, dass bei Auflösungsprozessen sich bald eine Zuzugs- und Abzugsströmung bemerkbar machen muss, die in unserem Falle nur seitlich ein- und austreten kann, so lassen sich die Rillen noch besser verstehen; die mehr senkrechten Flächen der Treppenabsätze sind z. Th. Rutschflächen der innern nach ihrer Zerklüftung zusammensinkenden Masse, da ja auch den kleinern Zerklüftungsflächen nach die Masse zersprengt ist und regelmässige Auflösung nach der Lösungsgestalt des Kalkspaths, dem I. spitzen Rhomboëder erfährt. Dass diese Lösungsgestalt nicht auch so prägnant an den Zersprengungsflächen nach dem grosschaligen Aufbau auftritt, mag sowohl an den hier auftretenden Unregelmässigkeiten des primären Wachsthums, als auch an der späteren Zersprengung liegen, welche hier auch die Rhomboëderspitzen zerbröckelt und die Auflösung stets in die Richtung der optischen Axe verlegt.

Dass der Auflösungsprozess nun so einseitig erfolgt, das liegt neben den krystallographischen auch an physikalischen Unterschieden, welche bei der Auflösung und den dabei stattfindenden Wärmeentwickelungen nach kurzer Zeit je die concave und convexe Ablösungsfläche in einseitiger Steigerung zeigen müssen; ferner darin, dass durch ein inneres Zusammensinken die den Thoneinschaltungen unten anliegende Mergelfläche sich stets wieder etwas von jener lockert und ablöst und der auflösenden Flüssigkeit sich darbietet, während die jenseitige Grenzfläche durch das Zusammensinken im nächst höheren Mergelkomplex, das sich nach den Kegelaxen hin setzt, nicht berührt wird. Durch die Ausscheidung der Eisenverbindungen in den Thoneinschaltungen werden diese auch rasch gefestigt und bilden eine in ihrer Längserstreckung und ihren Verzweigungen zusammenhängende Masse, welche die Widerstandsfähigkeit der Mergel selbst oft übertrifft.

Von diesem eigenartigen inneren Zusammensinken, das an die merkwürdigen Erscheinungen bei Stylolithen mit eingeschachtelten jüngeren Generationen erinnert, hat man die verschiedenartigsten und zugleich sichersten Anzeichen.

Sind nämlich die Mergel horizontal feingebändert, so zeigen sich nicht nur Unterbrechungen der Bänder durch die Breite der Thoneinschaltungen, sondern auch Dislokationen derart, dass die unterbrochenen Theile von den Kegelaxen nach den Zwischenaxen zu jedesmal um ein weiteres Stück nach innen abgesenkt



erscheinen. Diese Absenkungen stimmen mit der merkwürdigen Erscheinung überein, dass den Kegelaxen entsprechend eigenartige, rundliche Erhöhungen auf der äusseren Oberfläche der Dutenkuchen auftreten, wonach also die dazwischen liegenden Regionen das deutliche Bild von mehr und weniger regelmässigen Einsenkungen aufweist. Da nun in den Kegelaxen selbst gar keine oder nur die geringsten Krystallisationsvorgänge zu beobachten sind, so kann diese Art der äusseren Erhebung hier nicht eine positive sein, sondern ist nur eine relative, d. h. eine Folge von Absenkungen in den Hauptkrystallisationsräumen, deren Auftreten sich auch in interessanter Weise hier in substanziellem Defizit nachweisen lässt. Die Absenkungen bezw. Raumverminderungen sind besonders deswegen auffallend, als man an dieser Stelle mit Wahrscheinlichkeit Expansionen der krystallisirten Masse nach aussen erwarten könnte und gewisse Anzeichen von solchen bei der Entstehung der Dutenmergel in ihrem Innern als ihrer Umgebung wirklich hie und da angeführt werden. Die Senkungen müssen also auf viel später eingetretene Raumverminderungen im Innern zurückgeführt werden. Es können regelmässige Senkungen sein, aber auch durch Druck, der wohl stets beträchtlich mitwirkte, beförderte Zusammenschlüsse der Masse von oben und unten nach innen. Die erwähnten Dislokationen zeigen sich nicht nur an der Urbänderung des Gesteins, sondern in ganz entsprechenden Erscheinungen der äusseren Oberfläche des Dutengesteins; weiterhin — die Entstehung der eigentlichen Dutenstruktur nach längst erfolgter Festigung der Masse klar beweisend — an sekundär die Masse durchsetzenden Kalkspathgängen, sogar in auffälliger Weise an den fertig gebildeten Runzeln der concaven Kegel-Innenflächen durch zweite, jene in Interferenz anscheidende oder mit ihnen combinirte Runzel-flächen, bezw. durch neue anhebende Auflösungsprocesse im Innern und Aeussern von einer dieser Thon-Kalkspalten; endlich an Durchkreuzungsstellen der Thonscheiden mit Horizontalflächen thatsächlicher scharfer Unterbrechung des sonst einheitlich bleibenden Krystallisationsprocesses, welche für sich keine Thonausscheidungen aufweisen.

Die die Dutenbildung nothwendig begleitenden Processe dauern also lange an; die letzten Aeusserungen ihrer Thätigkeit sind an den faserigen Kalkspathgängen zu erkennen, welche noch feste, in ihrem Zusammenhalt nicht aufgelöste Theile der grünen Thonscheiden zwischen ihre Fasern einschliessen, also noch jünger sind wie diese.

Da durch diese Senkungen, welche auch ganz schwach in gewissen krystallisirten Ausbildungen der Kegelaxen selbst zu beobachten sind,<sup>1)</sup> an der Oberfläche Lücken im Schichtzusammenhang entstehen, welche wieder den Auslaugungen Eintritt verschaffen, so müssen auch an der Oberfläche Auflösungs-Formen auftreten, die den an den Scheitel- und Schenkelstücken im Innern ähneln; besonders gilt dies, wenn die Krystallisation peripher regelmässig die Axenräume zum Theil ausgefüllt hat; die an der Oberfläche pyramidal aufragenden Theile zeigen hierauf treppenförmige Absätze, als eine Combination von Senkungsdislokation und Auflösungsform; hier zeigen sich aber in einem wichtigen Unterschied die treppen-

<sup>1)</sup> Da die Kegelaxen schmal sind und hierauf zahlreiche Thonlagen in verschiedener Stärke auskeilen, sie selbst auch sporadisch unregelmässige Krystallisationen aufweisen, so werden die in ihnen auslaufenden Senkungen das ursprünglich gleichmässige Verhalten ändern müssen; die Senkungen können hier keine ganz vertikalen sein; daher kommt es, dass Querschliffe durch die krystallisirte äussere Kegelaxe zwischen gekreuzten Nicols nie ganz dunkel werden.



förmigen Absätze durchgängig auf der convexen Seite der Mergel-Vorragungen, während jene auf der concaven Seite der trichterartigen Mergelseiden sich befinden; beiderlei Entstehungen sind nicht ganz einander gleich zu stellen, so wenig, wie die Gesamtkugelstruktur mit den Strukturelementen im Kleinen.

Es ist natürlich, dass durch diese Vorgänge im Bereich der Mittelaxe der Zusammenhalt daselbst noch mehr gelockert wird und die der Kegelaxe enger anhängenden Theile um so mehr eine Einheit bilden; diese ist aber keine ursprüngliche, sondern eine Folge der Auslese der widerstandsfähigsten Theile, die also eine Umwandlungseinheit darstellen.

Wir erkennen daher wohl, dass die wesentliche Grundlage der Dutenstruktur schon durch den Krystallisationsprocess selbst vorbereitet ist, besonders die Kegelaxe und die Zerklüftungs- und Schalenstruktur in den zwischen den Kegelaxen liegenden Trichterräumen, dass endlich die schaligen inneren Trennungsf lächen nur in schwachen Intervallen mit geringerer und zum Theil mit schwachen Unregelmässigkeiten verbundener Krystallisation des Mergels ihre Ursache haben und nicht in einer mit den überlieferten morphologischen Verhältnissen schon stattgefundenen ursprünglichen Austreibung thoniger Substanzen; dies blieb vielmehr der späteren Auslaugung an den so vorbereiteten und unter Druckänderung gelösten Strukturflächen vorbehalten; die Thoneinschlüsse sind meines Erachtens Auflösungsrückstände an diesen Stellen. Eine Austreibung thoniger Substanzen, d. h. ein sich im Fortschreiten der Krystallisation steigernd ansammelnder Transport nicht „einschlussfähiger“ Massen durch die noch weiche Matrix hindurch so lange anzunehmen, bis hierdurch die Krystallisation ganz auf kurze Zeit- und Raumunterbrechung aufhören muss, ist man durchaus nicht anzunehmen gedungen, weder im Hinblick auf die unter starker Zähigkeit der Lösung jedenfalls sehr langsame stattfindende Uebersättigung in dem weichen Thone noch auf die im Allgemeinen viel grösseren Einschlussmassen von Quarzkörnchen in krystallisirten Sandsteinen; während diese über  $\frac{1}{2}$  bis zu  $\frac{2}{3}$  des Gesamtgewichtes betragen können, ist dies bei krystallisirten Mergeln nur  $\frac{1}{11}$ — $\frac{1}{4}$ . Wenn nun bei der Krystallisation weniger das absolute Gewicht der Einschlüsse in Betracht kommen mag als die Raumerfüllung, so ist zu bedenken, dass das specifische Gewicht von Quarz (2,5—2,8) und etwas Thon in den krystallinischen Sandsteinen nicht sehr verschieden sein kann, von einem Gemisch von überwiegend Feldspäthen, Thon, weniger Quarz und viel Muscovit ca. 2,65—2,4; 2,5—2,8; 2,76—3,1<sup>1)</sup>; ähnliche Gewichtstheile der beiderseitigen Gemenge haben also sehr ähnliche Raumerfüllung. Wenn nun die Dutenmergel hierbei<sup>2)</sup> sogar im Vortheil wären, so käme für die Mergelkrystallisation nur die geringere Diffusion im Thone in Betracht, deren verzögernde Wirkungen vielleicht eher die Einschliessungsfähigkeit des Processes vermehren könnte; wenn trotz der geringen Diffusion daher die Krystallisation so regelmässig erfolgt, so kann dies nur auf Rechnung des ausserordentlich langsamen Ersatzes der Uebersättigung beim Krystallisationsvorgang gesetzt werden, was auch wiederum höchst vollkommene Umwachsung der Einzeltheile ermöglicht; es liegt also gar kein Grund vor, die

<sup>1)</sup> Ein gleichmässiges Gemisch käme im spez. Gew. etwa auf 2,72, also höher als das durchschnittliche von Quarz; in eben dem Masse aber wie bei unserem Mergel Quarz selbst weniger vorhanden ist, kommt aber Muscovit gehäuft vor.

<sup>2)</sup> Bei der bedeutend geringeren Menge von Einschlüssen (durchschn.  $\frac{1}{6}$ ), zu welcher etwaige Unterschiede in der Raumerfüllung der Substanzen in keinem rechenwerthen Verhältnis stehen.



Ausschliessung nur eines geringen Theils des Thongehaltes hierbei für nothwendig zu halten.

Der Unterschied zwischen der Entstehung von einfachen Mergel und Thoneisensteinconcretionen und den Krystallisirten mag lediglich in einem Zeitunterschiede der Entstehung liegen; ein gewisses Maass des Ueberlagerungsdrucks, das die Diffusion erschwert, die Löslichkeit vermehrt und die mit Ausdehnung (?) verbundene Ausscheidung verlangsamt, mag die Krystallisation der entstehenden Mergelconcretion begünstigen, ein geringes Zuwenig oder auch Zuviel mag sie verhindern; so können beider Art Concretionen in den gleichen thonigen Schichten neben einander vorkommen, die einen nur sehr kurze Zeit oder etwas längere Zeit nach Ablagerung der Thone, die krystallisirten vielleicht in einer mittleren Periode.<sup>1)</sup>

#### Cap. XV. Anhang über die QUENSTEDT'schen Conellen.

(Vgl. Taf. IV, Fig. 7 und 8, Copie nach QUENSTEDT.)

QUENSTEDT beschreibt schon 1858 im Jura S. 305 Taf. 42 Fig. 3 im Anschluss an die Nagelkalke kleine patellenartige Kalkspathpyramiden, die auf *Ammonites striatus* etc. aufsitzen. „Sie haben 5—6 Kanten, welche von der Spitze nach der Basis gehen; viele derselben kann man geradezu als verkrüppelte Skalenoëder ansehen. Dann aber treten zwei und mehrere aneinander, verwachsen und durchdringen sich, so dass alles krystallographische Deuteln gar bald ein Ende hat.“ In Band I der Ammoniten des schwäbischen Jura bemerkt er darüber S. 232 Taf. 29 Fig. 3. „Eigenthümliche kleine Pyramiden von späthigem Faserkalk, Anfängen von Nagelkalk gleichend, finden wir auf den kalkigen Steinkernen im mittleren Lias häufig; — sie stehen massenhaft, wie kleine *Balanus* zusammengedrängt, und da sie auch in anderen Gegenden, wie z. B. bei Milhau (Aveyron) auf Striatuskernen sitzen, so erscheinen sie wie kleine Schmarotzer, die man vielleicht Conella nennen könnte, da ihnen möglicher Weise etwas Organisches zu Grunde liegt. Nur selten sind es einzelne freie Individuen, die längs gestreift sich zum Vierkantigen neigen, sondern sie liegen meist als Zwitter oder gar in ganzen Haufen zusammengedrängt und nehmen mit Vorliebe den Gipfel der Knoten ein; ja bei einem handgrossen französischen Exemplar stehen sie nur auf den beiden Knotenreihen.“

Auf den ersten Blick sind diese „Conellen“ schwer auf die Dutenstruktur zu beziehen, besonders nicht, wie QUENSTEDT meinte, auf die „Anfänge von Nagelkalk“; wenn sie in den Bereich der Dutenmergelbildung gehören, was ohne mikroskopische Untersuchung nicht mit voller Sicherheit zu sagen ist, so können sie nur als Reste einer mit beiden Endflächen an das horizontal liegende Fossil von unten oder oben herangewachsenen, dünnen Nagelkalkschicht betrachtet werden, also als Reste der Endbildung dieser eigenartigen Krystallisation von sich concentrirender Kalklösung.

Nach unserer Erklärung der Struktur könnten sie weiterhin nur als Theile der von den Veränderungen nicht betroffenen Kegelaxen gelten, welche sich von der Hangendfläche nicht abgelöst hätten, während die dazwischen liegenden Partien der „Senkung und Lockerung“ innerhalb der Schicht, dann der Abbröckelung bei Herausnahme oder Auswitterung des Fossils anheimfielen; ausserdem fiele das Vor-

<sup>1)</sup> Hierüber werde ich an anderer Stelle bei Behandlung der Lebacher krystallisirten und nicht krystallisirten Concretionen Ergänzendes nachtragen.

kommen unter die Rubrik der dünnen Dutenmergellager, in denen meist oder ausnahmslos die Krystallisation sich auch in die Kegelaxenräume erstreckt und dort kleinere Theilkegelchen gegen die Oberfläche hin erzeugt hätte, also eigentliche, nicht krystallisirte Kegelaxen nicht vorlägen; das stimmte mit dem Vorkommen allerdings überein.

Wie ist aber die Eigenthümlichkeit zu erklären, dass gerade die Vorrugungen der fossilen Schale die Ansatzpunkte der „Conellen“ sind; dies könnte dadurch verständlich gemacht werden, dass ein Fossil, wie ein Ammonit, der mit knotigen Schalenerhebungen flach auf thonigem Meeresschlamm aufliegt, und dessen Kammer sich allmählich mit Thon erfüllt, mit jenen Erhebungen von vorneherein auf seine Unterlage drückt, ehe noch die Schale mit der ganzen Fläche drückt; es dürfte also unter den Knoten und Rippenerhebungen die thonige Unterlage verdichtet werden; hierdurch werden aber diese Partien zu solchen geringerer Diffusion und die dazwischen liegenden Theile zu solchen weniger gehinderter Krystallisation; die Rippen werden also zu Richtungen der axial verhinderten oder der verzögerten und nachhinkenden Krystallisation. — Für den Fall, dass auch Conellen auf der Hangendfläche eines solchen Fossiles mit Knoten und Rippen entstanden wären, könnten die Vertiefungen zwischen ihnen als die Sammelgebiete der Lösung und somit auch der geförderten Ausscheidung gelten, welche dann an und für sich beim Weiterwachsen die Krystallisation mehr zu sich hinzöge. Nach alledem wäre es nicht undenkbar, dass die Conellen in der That der Dutenmergelkrystallisation angehörten.

### III. Ueber permocarbonischen „Landschaftenkalk“ (Anthrakolith zum Theil) und vergleichbare Sinterabsätze (Taf. V).

H. B. WOODWARD und BEEBY THOMPSON haben neuerdings (bezw. Geol. Mag. 1892 und Quarterly Journ. geol. Soc., 50, 1894) den sog. Landschaften-Kalk (Cotham Stone) aus rätischen Schichten genauer beschrieben und auch zu deuten versucht. Es sind das isolirt linsenförmig vorkommende, ziemlich rein kalkige Knollen von einer Länge bis zu 4 Fuss und von bedeutend geringerer Höhe, ohne deutliche Anzeichen concretionären Ursprungs; sie liegen in dunkeln thonigen Sedimenten des englischen Rhät, sehr nahe an dessen oberer Grenze. Die Oberfläche zeigt sich mosaikartig gefeldert, die eintheilenden Oberflächen-Fugen zwischen diesen „Bossenerhebungen“, sind mehr und weniger vertieft; nahe liegt der Vergleich mit einer „Rustica“-Mauerung. Das Innere zeigt im Vertikalaufbau mehrere Schichtungszonen, die nicht nur in äusseren Lagen eine den Feldern der Oberfläche entsprechende Biegung der Lamellen zeigt, sondern auch eigenthümliche damit axial verbundene, baum- und strauchförmig sich verzweigende Vertikalzeichnungen in der Kalksubstanz, welche in Verbindung mit unregelmässig horizontalen Streifen dieser Kalkart den Namen gab. Die erwähnte baumartige Zeichnung entspringt bei dem dortigen Vorkommen einer eignen, gleichartig gefärbten „Grund“-lage, die wieder über einer hellern tiefsten Schicht liegt; den Raum zwischen den baumartigen Partien füllt eine hellstreifige Substanz aus, welche an jenen etwas aufgebogen ist; das Ganze ist bedeckt von verschiedenen helleren und dunkleren



Lagenstreifen, welche in ziemlich unregelmässiger Vertheilung oft den Eindruck von Bergumrissen und wolkigen Gebilden machen.

H. B. WOODWARD, der die erste ausführlichere Beschreibung des Gesteins gegeben hat, hält die Form und Struktur für eine Folge von oberflächlicher Schrumpfung während der Erhärtung; hierdurch würden Theile einer tieferen, noch weichen Lage verlängert, verästelt und verquetscht; dieser Erklärungsversuch genügt nicht. B. THOMPSON entscheidet sich nach Erwägung einiger anderer Möglichkeiten zu einer Ursache, welche auch YOUNG auf die Dutenstruktur anwendete, nämlich zur Wirkung senkrecht aufsteigender Gase, welche aus der Zersetzung einer hervorragend mit organischer Substanz geschwängerten Schlammmasse entstehen. Ein Experiment scheint ein etwas analoges Verhalten ergeben zu haben; es wäre merkwürdig, wenn man durch geschickte Combination der Umstände nicht etwas Aehnliches wirklich künstlich darstellen könnte; es ist aber die Frage, ob die Bedingungen des Laboratoriums stets auch in der Natur vorliegen können. So scheint es äusserst fraglich, ob eine so dünne Lage bituminösen Kalkes so viel Gasdruck entwickeln könne, dass sie uns jetzt ganz dicht erscheinende, baumartige Erhebungen von Kalkschlamm in 5—8facher Höhe von der zurückbleibenden Basallage und von viel bedeutenderem Gewicht als diese hervorbringen, ja sogar das Mengenverhältnis derart ändern sollten, dass die Basallage fast ganz aufgezehrt und das Uebergewicht der Substanz völlig nach oben verlagert wurde; ausserdem wäre dies geschehen, ohne dass die Gravitation der noch weichen Masse eine Spur von Zurücksinken verursacht hätte, während doch die Ursache, die auftreibenden Gase, sich nicht mehr entwickeln konnten; auch die Gleichartigkeit der basalen und verästelten Substanz finde ich den Folgen solchen Vorgangs nicht entsprechend. Ich halte diese Ansicht noch für weniger berechtigt, als die von H. B. WOODWARD, gegen welche ich nur einwenden kann, dass die Spuren der Schrumpfungsfaltung in der Aussenschicht viel zu gering sind, um im Innern eine so complicirte baum- und strauchartige Verzweigung hervorzurufen. WOODWARD meint freilich, dass hier auch chemische Veränderungen stattgefunden hätten, die aber nicht deutlich genug seien; unzweifelhaft seien nur die Beziehungen zwischen äusseren Runzelfeldern und inneren „arborescent markings“, welche hervorgerufen seien: amid the variously tinted calcareous mud during its solidification.

Es gilt also, die „arborescent markings“ zu erklären; hier ist zuerst die Frage, ob solche selbständig entstehen könnten; WOODWARD berührt von diesem Gesichtspunkt aus in seiner Auseinandersetzung die Mangandendriten, welche aber, wie er mit Recht hervorhebt, mit den fraglichen Gebilden gewiss nichts zu thun haben. Nun gibt es aber in vier verschiedenen Horizonten des rheinpfälzischen Permcarbon, der oberen und unteren Cuseler Schichten, Kalkeinlagerungen von knolliger, brodlaibartiger Form, welche solche Gestaltungen in reicher Fülle aufweisen. Sie zeigen wie die englischen Vorkommen von Landschafts-Kalk zum Theil die convexe Oberfläche mit dem rustic work, zum Theil mit mehr unregelmässig zitzenförmigen Erhebungen ausgezeichnet; die Unterseite ist concav oder flach mit breiten Gruben, seltener flachconcav. Sie haben fast alle mehr und weniger deutlich einen gross verästelten Vertikalaufbau, der sich zum Theil unmittelbar in der äusseren Gestalt, zum Theil auch nur in der inneren Struktur ausdrückt. Wir betrachten zuerst die in Taf. V Fig. 2 dargestellten Vorkommen; es sind dies höchst regelmässige Stämme mit Verzweigungen, welche aus einem basalen Lager aufsteigen; zum Theil bleiben sie säulenförmig einfach, zum Theil verzweigen sie



sich vielfach. Dabei verdrängen sie sich gegenseitig und gestatten neuere Einschaltungen. Die Masse besteht im Allgemeinen aus sehr feinen Lagen von wechselnd feinkörnigen, helleren und dunkleren Calcits, welche einerseits im vielen Stellen ganz leichte Ansätze zu radialer Anordnung oder Verlängerung der Kryställchen aufweisen, in manchen anderen Vorkommen, welche sich aber im äusseren Aufbau der Verzweigungen durchaus gar nicht unterscheiden, ganz entschieden radiale Faserstruktur erkennen lassen. Es ist dies eine Parallele zu der Thatsache, dass die arborescent markings der englischen Vorkommen in einem Falle aus Aragonit, im anderen aus Kalkspath bestehen, ohne dass irgendwelche äusserliche Unterschiede vorliegen. Auch muss ich sogleich bemerken, dass die fein lamellöse Struktur auch an vielen Stellen und manchen Vorkommen fast völlig schwinden kann, besonders wo das Korn gar keine radiale Verlängerung zeigt.

Die Thatsache nun, dass derartige Bildungen ziemlich allgemein einen lamellosen Aufbau mit sogar häufiger radiaalfaseriger Struktur besitzen, dieses wirft ein eigenes Licht auf ihre Entstehungsweise. An einem Vorkommen dieser Kalke mit Faserstruktur und einem ohne solche (vgl. Taf. V Fig. 4) kommt gleichzeitig ein Kalkoolith im Hangenden und Liegenden vor; im letzteren Falle sind die unregelmässigen Erhebungen des Liegenden zum Theil von der beginnenden Baumkalkschicht umwachsen. Dieser reine Faseroolith umhüllt Estherienschälchen, welche auch ohne oolithische Umhüllungen in den Zwischenräumen der Verästelungstämme aufgeschüttet, sowie von deren Lamellen oolithoid umhüllt sind. — Das Exemplar zeigt auch die ersten Ursachen der Stammbildung; es sind dies in erster Linie die erwähnten Unebenheiten des Untergrundes, von welchen entweder mehrere zugleich von einer zusammenhängenden Lage überkrustet erscheinen oder unmittelbar zu nahe an einander liegenden isolirten Stämmen Anlass geben. Immer sind es aber schwache Erhöhungen des Untergrundes, welche den eigentlichen späteren Hauptstämmen entsprechen. — Wir sehen daher in der Axe der Stämme sich ununterbrochen Lage auf Lage häufen, während zwischen ihnen sich ganz zweifellos durch Wasserbewegung transportirtes Sediment (feiner Thon, feiner Quarzsand, feiner Kalkschlamm als Detritus erkennbar mit Oolithkörnchen und Estherienschälchen) ansammelt. Auch diese Zwischenmasse wird hie und da von neuen Lamellen umschlossen. Dies beweist also, dass die Zwischenräume nicht ganz nachträglich, sondern im Grossen und Ganzen während der Entstehung der Stämmchen, ihrem Höhenwachsthum freilich nachhinkend, ausgefüllt wurden.

Man erkennt so in der Entstehung und Ausgestaltung dieser Kalkstämmchen die Wirkung ganz zarter Bewegungen am Wassergrunde, welche sich hauptsächlich an die kleinsten Vertiefungen daselbst hält und eine ständig bleibende lokale Kalkausscheidung nur an den Erhöhungen zulässt; etwaige an der gerundeten Oberfläche der letzteren befindliche Schwemmitheilehen sinken von ihr seitlich ab; wo aber solche liegen bleiben und sich vielleicht rasch eine Anzahl in der Richtung der Wasserbewegung hintereinander reihen, da ist der Grund zu einer neuen Verzweigung des Kalkansatzes nach oben gegeben; es entstehen zuerst ganz schwache oberflächliche Einbiegungen der Lamellen nach diesem Punkte, welche oft zuerst wieder überbrückt werden, aber immer wieder Ursache zur Ansammlung von neuen Detritustheilehen bieten, was endlich zur vollkommenen Theilung in den zuerst nur angedeuteten Abzweigungsstellen führt; solche Zwischenwände thoniger und kalkiger Substanz wachsen, manchmal kaum merklich an



Breite zunehmend in die Höhe und bilden auf der Knollenoberfläche — wenn sie nicht von einer gemeinsamen, den Vertiefungen sich anschmiegenden Lamelle überdeckt werden — die Vertiefungsausfüllungen zwischen den eckigen, rundlichen und zitzenartig begrenzten Erhebungen der nierenförmig-traubigen Oberfläche der Knollen; die Erhebungen entsprechen stets den Stammachsen.

Hervorzuheben ist die nicht selten vorkommende Ueberbrückung der mit gröberem Sediment ausgefüllten Stammzwischenräume, den öfteren nach der Substanz ausgelesenen Einschluss von Schwemtheilchen zwischen die Lamellen und die Anpassung der Lamellen in ihrer Biegung und ihrer seitlichen Fortsetzung an alle solche während der Sedimentation auftretenden Unebenheiten. Ausgeschlossen sind aber alle Anzeichen einer etwa nach der Sedimentation durch concretionäres Wachstum des dendritischen Kalkes erfolgten Lageveränderung der Schwemtheilchen; wo z. B. die Estherienschälchen gehäuft sind, da liegen sie hie und da auf der hohen Kante, vereinzelt liegen sie aber innerhalb oder ausserhalb der Lamellen horizontal, d. h. mit ihren Hauptflächen der Schwemmlagerung entsprechend. Auch ist das Wachstum der Knollen und ihrer Innenstruktur — abgesehen von ganz seltenen Ausnahmen — lediglich von einer Grundschicht aus nach oben gerichtet; Gleiches liegt auch den Erklärungsversuchen der englischen Vorkommen zu Grunde.

Der Unterschied in der Struktur unserer Knollen von der der englischen Vorkommen besteht nun darin, dass vor allen Dingen die Zwischenmasse (Matrix) dort stets, seltener bei unseren, reiner Kalk ist, der indessen deutlich (vgl. l. c. Fig. 2 S. 397) die Anzeichen feinsten Anschwemmung aufweist und dessen Lagerung zwischen den „arborescent markings“ deutlich stets die sedimentäre Vertiefungsausfüllung ausprägt, d. h. ein schwaches Aufbiegen der Lagerungsstreifen bei der seitlichen Annäherung an die Stämme selbst, von deren rundlichen Erhebungen auch noch Theilchen seitlich absinken können. Ein weiterer Unterschied ist, dass die lamellöse Struktur der daselbst schmälern Stämme und ihrer Seitenzweige dort sehr zurücktritt; dies ist aber nichts Wesentliches, da sie auch bei unseren Vorkommen hie und da ganz fehlt; andererseits gilt aber auch für die englischen Vorkommen (vgl. l. c. Fig. 1 S. 395), dass diese Stämme des Landschaftenkalkes in einer gemeinsamen gleichartig gefärbten Lage F. endigen und abschliessen, welche sofort für sich die Lamellirung seigt. Die Lamellirung bleibt also nur deutlich bei grösserer Flächenausdehnung des Wachstums (was auch für unsere Vorkommen gilt); ihre Erhaltung während des Weiterwachstums ist überhaupt nur als Begleiterscheinung eines solchen Flächenwachstums verständlich, weil — das Fehlen radialfaseriger Bindung vorausgesetzt — bei stärkeren Vertikalanhäufungen mit geringer Breitenausdehnung eine ruhige Lagerung der Theilchen und eine Anordnung in Schichten durch die ständigen Abbröselungen an den Rändern unmöglich gemacht wird. Indessen ist auch hier eine Unterbrechung durch „patches of clear and sometimes coarse grained kristalline calcit“ erwähnt, während sonst das Korn der Stämmchen feinkörnig ist und feinkörniger als die Zwischenmasse, als die „Matrix“ genannt wird. Dies gilt auch für unseren Fall; die Körnchen der „Matrix“ haben, eben von einem entfernteren Entstehungsort wandernd, in der Fortbewegung eine merkbare Anwachsvergrösserung erfahren, während das an Ort und Stelle entstandene Material noch ganz feinkörnig ist. Das gröbere Sediment füllt also zumeist die Vertiefungen aus. Andererseits können ja auch in den



Vertiefungen lamellöse Ausscheidungen entstehen, welche in ihrer Lamellirung die Vertiefungen abformen; während in den vorragenden Erhöhungen ein stärkeres Wachstum sich in rascherem Wechsel und schnellerer Ueberdeckung kennzeichnet, wird unterdessen an den Vertiefungen ein langsames Tempo in beiderlei Hinsicht die Einzelkörner des Kalkes etwas grösser werden lassen.

Wir können demnach die Entstehungsart dieser Kalkknollen dahin auslegen, dass hier eine Ueberkrustung von Bodenunebenheiten<sup>1)</sup> durch lokale Kalkausscheidung vorliegt, welche in wechselndem Maasse im senkrechten, sowie im wagrechten Aufbau durch sich einmengende, streifenweise Ansammlungen von Schwemmenteilchen in gewissen Richtungen beschränkt, gehindert und auch zertheilt wird; hierdurch erfährt das Vertikalwachstum mannigfache Verästelungen, deren Zwischenräume durch die stets etwas im Rückstand befindliche Sedimentation ausgefüllt werden. Je nachdem schliessen sich die Lamellen wieder zu einer gemeinsamen, alle Fugen überdeckenden oder nur schwach unterbrochenen Kruste zusammen, divergiren wieder in einzelnen Theilen oder werden durch überhandnehmende Sedimentation oder durch plötzliches Aufhören der Incrustationsursachen überhaupt nach oben abgeschlossen.

Diese Ursachen derartiger Kalkkrustenbildungen, welche zu sehr festen Kalkknollen sich zusammenschliessen, sind natürlich aussergewöhnliche und treffen nicht mit der gewöhnlichen Kalkentstehung in marinen Sedimentgebieten zusammen. Wir müssen wohl an thermische Quellabsätze in vorwiegenden Süsswassergebieten denken, was bei den permocarbonischen Vorkommen durch häufige Begleitung von Kieselsäureausscheidungen und bei den englischen Vorkommen durch das Auftreten der Aragonitmodifikation in den Stammverzweigungen nahegelegt wird (vgl. THOMPSON l. c. S. 396).

Was die radiafaserige Struktur betrifft, so kann sie natürlich nur unter ganz stetig gleichbleibenden Ausscheidungsbedingungen auftreten; daher sind da, wo sie fehlt, die radiafaserigen Oolithkörner im Schwemmmaterial mit Thon und Sand gemischt, sicher an zweiter Lagerstelle und nicht an ihrem Bildungsort. Im Uebrigen ist das wesentliche Kennzeichen der wahren Oolithbildung ja nicht die Faser-, sondern die Schalenstruktur. Wo das sphärolithische Wachstum dagegen durch sich einmischende Wasserbewegungen, daher zu oft sich ändernde Gehaltsverhältnisse häufiger unterbrochen wird, da kann nie eine Faserstruktur entstehen.

Das Princip dieser Erklärungsweise gilt nicht nur für diese Kalkbildung, sondern auch für alle unter besonderen Umständen hoher Lösungsconcentration und naheliegender, krystallinischer Ausscheidungen vorgehenden Schichtenstehungen, welche unter mehr und weniger starkem Dazwischentreten von durch Wasserbewegungen verursachten Einschwemmungen von der Seite her in ihrem vertikalen Aufbau modificirt werden; ich erinnere hier zur Ergänzung meiner Ausführungen an die bezüglich der Entstehung von Anhydrit, Dolomit und Kalklinsen bzw. ihrer merkwürdigen seitlichen Steilgrenzen, welche sich auch beim Steinsalz selbst zeigen können, von mir gemachten Beobachtungen und Erörterungen in Geogn. Jahreshfte 1901 S. 109—115; besonders möchte ich auf die auch zwischen kleinsten Anhydritlinsen in dolomitischen und kalkigen, feinlamellirten Gesteinen von FRANTZEN und mir beobachteten Aufbiegungen (l. c. Fig. 4) der gegenüber den Linsen

<sup>1)</sup> Mir vorliegendes Material zeigt sogar mehrfach auf der Unterseite eine wechselnd bis in Einzelheiten deutliche Abformung von Stammstücken z. B. mit regelmässigen Längsriefen.



als Schwemmmaterial zu betrachtenden Matrixlamellen nach den Steilseiten der Linsen, nach welchen sogar die gröber körnigen Lagen völlig auskeilen, nochmals aufmerksam machen. Es ist dies eine Erscheinung, auf welche auch die Untersucher des landscape marble hinweisen; meine Erklärung dieser Erscheinung hat gegenüber jener der englischen Autoren den Vorzug, dass sie auch für Fälle gilt, wo von einer Schrumpfung oder von einem Aufsteigen von Gasen durchaus nicht die Rede sein kann. Der Unterschied der vorliegenden Kalkknollen mit der Entstehung der salinischen Linsen, die auch ein sehr merkwürdiges Vertikalwachsthum aufweisen, liegt, abgesehen von der selbstverständlichen Eigenthümlichkeit des Entstehungsortes, darin, dass die Linsen in Vertiefungen ihren Anfang nehmen, offenbar durch hier erster Hand sich sammelnde übersättigte Lösung, während die Bedingungen der ersten Ausscheidungen von Kalkcarbonat an den erhöhten Partien des Untergrunds offenbar günstigere sind.

Wir wollen nun noch auf einige Einzelheiten der permcarbonischen Kalkknollen eingehen, welche den Begriff dieser eigenartigen Kalkbildungen noch erweitern.

Es liegen mir aus dem gleichen Komplex der Cuseler Schichten Knollen vor, welche nicht nur das einfache Bild von „rustirk work“ zeigen, sondern ausserdem — wenn auch nicht das von OWEN (vgl. THOMPSON l. c. S. 394) erwähnte „rustik in miniature“ im Innern der Erhebungen erster Ordnung — hier das umgekehrte Verhalten, nämlich ein Netz von leistenförmigen Erhebungen und dazwischenliegenden rundlichen bis polygonalen Vertiefungen. In Uebereinstimmung mit unserer Erklärung sehen wir im Boden dieser Vertiefungen feineren, ja gröberen Kalkdetritus, mikroskopisch von der helleren, grobkörnigen Art, wie er zwischen den Erhebungen erster Ordnung zu beobachten ist,<sup>1)</sup> um welche zahlreiche kleine Inselchen das Kalkskelett herum und aufwärts wächst, wie dies besonders schön am Rand zu sehen ist; den Erhebungen entsprechen im Innern Aufliegungen der Lamellen, dem äusseren Netz daher auch ein inneres (vgl. den Horizontaldurchschnitt in Fig. 5 Taf. V). — Ein grösserer Knollen aus den oberen Cuseler Schichten von 19 cm Breite und 10 cm Höhe, der in seiner ursprünglichen Ausdehnung über 2 m lang war, veranlasst zu weiteren Bemerkungen (vgl. Taf. V Fig. 1a und 1b als Fortsetzung von 1a). Er ist im Querschnitt elliptisch begrenzt, die eine Fläche ist nur etwas stärker concav als die andere. Er zeigt in der Mitte eine nicht ganz mit Kalkspath ausgefüllte Höhlung, welche beweist, dass das Ganze eine Incrustation, wahrscheinlich von einem langen Stück Holz, bildete. Rund um diese Höhlung strahlen zuerst weniger regelmässig die Stämme mit baumförmigen Verzweigungen aus (vgl. hierzu das deutlichere Bild in Fig. 3 von einem anderen Fundort), nach einer Seite mit weniger convexer Oberfläche etwas wirt, aber dicht gedrängt bis zur Peripherie, nach der anderen mit mehr convexer Oberfläche viel weniger dicht gedrängt und viel regelmässiger in Gestaltung und besonders in der Verzweigung. Wenn wir letztere als freie Oberfläche ansehen, so sehen wir hier auch die vertikalen Zwischenwände von thonigem Sediment mit Kalkfragmentchen, während sie nach unten, der „Auflagerungs“seite, ganz fehlen, wogegen hier ursprünglich die engeren Zwischenräume

<sup>1)</sup> Er ist aber hier meist feinkörniger und nicht so hell gefärbt wie dieser, es ist aber genau der Unterschied, wie er zwischen den dunkel gefärbten Aestchen bzw. Stämmchen und der „Matrix“ bei den englischen Vorkommen waltet. Trotz der umgekehrten Anordnung der dunklen Substanz, verbleibt hier das Verhältnis des Kornes der Ausfüllungsmasse das nämliche.



häufiger leer waren und jetzt mit Kalkspath ausgefüllt sind. Wenn wir nun noch bemerken, dass auf der „Oberseite“ die lamellöse Struktur schon makroskopisch sehr fein ausgeprägt hervortritt (das Mikroskop zeigt hier durchaus keine Radialstruktur) und dass in allen diesen Eigenschaften die obere und untere Hälfte des Gesteins von einander verschieden sind, so können wir auch sicher folgern, dass der schwere Block stets seine eine Lage beibehalten hat, so dass er auch nach der Auflagerungsfläche hin fortgewachsen sein muss. Diese nicht unwichtige Thatsache dürfen wir auch daraus folgern, dass bei der Ablagerung der feinen Schieferthone, in denen er gebettet war, sowohl keine starken Strömungen herrschen konnten, die einen Block von solcher Grösse umzuwälzen im Stande waren, so dass er — wie man dies von den Sprudel-Pisolithen weiss und auch bei ihrer Kleinheit verstehen kann — bald von der einen, bald von der anderen Seite sich verdickt hätte. Dafür fehlt jedes Anzeichen; vielmehr liegt ein gegentheiliger Beweis vor, den wir bald besprechen werden. Heftige Strömungen sind auch nach dem Erklärungsprincip der Entstehung solcher Strukturknollen ausgeschlossen.

Das Vorhergehende wird noch durch folgende Thatsache bestätigt: die der oberen Aussenfläche zu gerichteten, freier vorragenden Verzweigungsstämme zeigen die Streifen der Zuwachslamellen horizontal d. h. senkrecht zur Stammaxe; die seitlich bis zur unteren Seite des Blocks auslaufenden Stämmchen zeigen diese Streifen nicht senkrecht zur Axe, sondern mehr bestrebt, sich parallel zur Axe anzulagern, also auch horizontal und zwar zeigt sich der regelmässigste Hauptzuwachs an den nach oben gerichteten Seitenflächen der Stämmchen, welche sich überhaupt so viel wie möglich nach oben aufzubiegen bestreben. Ja sogar zeigt es sich in der Unterhälfte gemäss der oben bestimmten Auflagerungsseite an Stellen mit Hohlräumen, dass der regelmässiger Hauptzuwachs auch hier auf der nach oben gerichteten Seite der nach unten zu unregelmässigen Stämmchen stattfindet. Dies erhält dadurch seine Erklärung, dass der Gasverlust, mithin die Ausscheidung von Kalk am kräftigsten und ungehindertsten an allen nach oben freien Horizontalflächen stattfindet, was wiederum beweist, dass dieselbe Fläche des Blockes stets nach oben gerichtet war.

Es ist hierbei ganz gleichgiltig, ob dieser Gasverlust auf einfachen Verdunstungsvorgängen u. dgl. oder auf einer Aufzehrung von  $\text{CO}_2$  durch Algen-Vegetation etc. beruht. Kohlensäurehaltige Quellwasser, die unter starkem Druck grössere Mengen von Kalkcarbonat gelöst haben, werden dieses Quantum bei nachlassendem Druck wieder abscheiden; das Gleiche gilt für alle unter aussergewöhnlichen Verhältnissen gelöste Mengen beim Aufhören dieser Umstände. Man legt vielleicht gelegentlich zu viel Gewicht auf die Mitwirkung der Vegetation bei der natürlichen Ausscheidung von  $\text{CaCO}_3$  als Quellabsatz; den Anstoss dazu hat auch nach unserem Material in vielen Fällen faulende organische Substanz gegeben, die Fortsetzung ist aber in den meisten Fällen eine selbstständige. Dass organische Substanz in grösserem und geringerem Maassstabe in die schwarzen Partien in feinsten Vertheilung als Färbungsursache eingeschlossen ist, das unterliegt keinem Zweifel; dass bei vielen Vorkommen gerade die Erhebungen schwarz sind, das könnte vielleicht gerade auf dort sich ansiedelnde Algenkrusten bezogen werden. Es liegt aber auch — und das nicht einmal selten — das Gegentheil davon vor; gerade das Stück Fig. 1 Taf. V, das die schönste, in der Zeichnung nicht wiederzugebende Lamellirung hat, zeigt die Substanz hauptsächlich weisslichgrau, gelblichweiss, ja entschieden hellweiss (vgl. auch Analyse unten), während die sedimentirt körnige Zwischenmasse ganz dunkelschwarz ist. Sämmtliche äusserste Endigungen der Stämme werden aber schwarz: ein Beweis, dass gegen Ende des Knollenwachsthums, zugleich mit der Ueberhandnahme der Sedimentirung und geringerer Kalkausscheidung, der Einschluss von organischer Substanz und feinstem Thon durch Anschwemmung gefördert wird. Die dicke Ueberkrustung eines längsgerieften Holzstücks zeigt nach den Erhebungen in den Stämmchen dunkle Lamellen, nach den Vertiefungen helle Lamellen; das gleiche Gesteins-Fundstück zeigt im



höheren Niveau ohne jede Störung in der Lagerung der Lamellen und regelrechter Wachstumsorientierung gerade das umgekehrte Verhalten; es könnten noch mehr Beispiele angeführt werden, welche unwiderleglich beweisen, dass der Einschluss der organischen Substanz wesentlich der neben der Kalkausscheidung gleichzeitig stattfindenden Sedimentation zuzuschreiben ist, dass er durchaus nicht an den hauptsächlich und hervorragend wachsenden Verzweigungssäulechen gebunden, sondern hierin regellos ist; er folgt überhaupt keiner anderen Gesetzmässigkeit als der, dass er da eintritt, wo die organische Substanz ihrer feinen Vertheilung und ihrem geringsten Gewichte nach an Stellen relativ schwächster Wasserbewegung zur Ruhe gelangen und von dem Vertikalwachsthum der Carbonate umschlossen werden kann (vgl. unten Bemerkung über das Vorkommen sich begleitender Kalk- und Kohlenflöze). Auf die Thatsache, dass die morphologisch und strukturell völlig gleichen Wachstumsformen in nahezu eisenoxydhydratfreiem Sphärosiderit ausserordentlich häufig sind, beweist meines Erachtens die fehlende Betheiligung von Organismen, die in entsprechendem Masse, als sie  $\text{CO}_2$  absorbiren, auch O auscheiden, daher (vgl. unten) das Eisenoxydulcarbonat in grösserer Menge oxydiren mussten.<sup>1)</sup>

Da von der Seite des Knollens (Taf. V Fig. 1a—1b) keine oder nur sehr geringe Thoneinschwemmungen zu bemerken sind, so häufen sich hier die Stammverzweigungen dicht übereinander; durch die Unmöglichkeit die mehr horizontal sich anlegenden Lamellen in vertikalen Aufbau zu orientiren, schieben sich diese mehr seitlich hinaus und verlängern die Stämmchen unverhältnismässig; der Unterschied zwischen oben und der Seite ist also: oben breitere Thonzwischenräume, weniger zahlreiche Kalkstämmchen von geringerer Höhe, jedoch grösserer Dicke, mit querer Lamellirung, — auf der Seite aber sehr geringe Thonzwischenwände, zahlreichere Stämmchen von geringerer Dicke (quergemessen) und bedeutenderer Länge (der Stammaxe nach), mit den Stämmen ähnlich verlaufende, horizontale Lamellirung.

Auch das sind Unterschiede, welche nur auf ein primäres Wachsthum der Knollen während der Sedimentation hindeuten können.

Da die tiefsten Punkte der so weit offenen, von oben mit Detritus erfüllten Stammzwischenräume höher liegt als die äusseren Spitzen der nach den Anwachsstufen gleichartigen Seitenstämmchen, da dieser gröbere Detritus nur in Bodenverschwemmung zwischen die Stämme gekommen sein kann, so sollte man annehmen, dass diese seitlichen Theile und ein grosser Theil der oberflächlichen auch von Schlamm bedeckt gewesen sein müssten; es mussten daher diese ebenso im weichen Schlamm noch weiter gewachsen sein, was keinen Anstand haben kann, da der Knollen ja auch auf der deutlichen Unterfläche seiner Auflagerung am Boden fortgewachsen ist.

In dieser Feststellung berühren sich also bodenständiges Knollenwachsthum und Concretionswachsthum im Innern des oben abgelagerten Schlammes. Ganz und gar abgewiesen würde aber durch dieses — allerdings seltene — Vorkommen die etwaige Ansicht, dass man es mit irgend einem organischen Wachsthum, vielleicht von Kalkalgen oder Kalkschwämmen zu thun habe, wozu wohl die äussere Form, aber nicht die Struktur verführen könnte; dass man es nicht mit dem Wachsthum eines einheitlichen Organismus zu thun hat, das geht auch aus den so oft discordanten Umlagerungen und oft gleichzeitiger Ueberbrückung der Verästelungszwischenräume hervor, welche keinem von innen herausfolgenden Vergrösserungsantrieb folgen, sondern von un-

<sup>1)</sup> Wenn es daher bei J. ROTH l. c. S. 678 bezüglich des Algenfilzes im Nauheimer Sinter heisst, er veranlasse eine traubig schalige Struktur, so ist das so zu verstehen, dass die äussere Form der Schalen völlig dem anorganischen Wachsthum und diesem die Form des Algenfilzes angehört.



mittelbar äusseren Wachstumsbedingungen abhängen, denen die vorher abgesetzte Form nur ganz allgemein die Grundlage, aber nicht die nothwendige Voraussetzung des Wachstums ist.

Neben solchem seitlich gerundeten Knollenwachsthum gibt es auch an gewissen Fundpunkten solches mit völlig steilen Seitenflächen, deren oft nur fingerdickes zapfenförmiges Vertikalwachsthum bis über 20 cm Höhe höchst auffällig an gewisse Formen von Spongiten<sup>1)</sup> erinnert; die Seitenflächen sind bedeckt mit rundlichen, oben öfters unregelmässig horizontal verlängerten Runzeln und Wärzchen, welche eine beschränkte Tendenz zur seitlichen Vergrösserung beweisen, die aber um so geringer ist, als das Vertikalwachsthum stärker fortschreitet; da aber diese Runzeln von innen nach aussen in divergirend dichten Wachstumsaxen auslaufen, so kann die erwähnte Beschränkung nur durch die in den Vertiefungen sich einlagernden Schwemmtheilchen stattgefunden haben; die Tendenz dieser Runzeln zur Horizontalen ist durch ihr Wachsthum an der Sedimentirungsoberfläche hin und über sie hinaus zu verstehen. Die oben bei der Bildung netzförmig eingetiefter Oberfläche und der entsprechenden Innenstruktur erwähnten, am Rand vorstehenden radialen Fortsätze mit querer Abzweigung, welche zur Umwachsung von Sedimentinselchen Anlass geben, sind auch auf gehemmtes Radialwachsthum an den Seitenflächen und einer darauffolgenden seitlichen Abdrängung durch die Sedimentationen in den Zwischenräumen zurückzuführen; benachbarte T-förmige Balken verschmelzen mit den queren Armen und in ihrer eingeschlossenen Vertiefung sammelt sich fort und fort Sediment, so dass ein zellenartiges Vertikalwachsthum statt haben muss (vgl. Taf. V Fig. 5).

Im Vertikaldurchschnitt erinnert das Gefüge des den Erhebungen entsprechend dunkelgefärbten Balkenwerks (Fig. 5, Horizontalschnitt) an das Madreporidenskelett; auf steilen äusseren Wandflächen erscheinen oft comprimirt Säulen im Halbreliet deren inneres Gefüge dann sehr feinmaschig wird.

Alle die erwähnten Oberflächen-Skulpturen, so verschieden sie sind, kommen nun auch, entsprechend dem grossen Wechsel der äusseren Form, in allen Uebergängen ineinander und miteinander vor, was auch ein Beweis ihrer grössten Abhängigkeit von den äusseren Umständen ist, und gleicherweise für ihre anorganische Entstehung spricht. So entschiedene und verschiedene Skulpturen, denen zugleich wesentliche Innengerüstbildungen entsprechen, würden bei einem und demselben Organismus auf ausserordentlich verschiedene Organisation zurückweisen.

Eine sehr eigenartige Thatsache ist die in den permocarbonischen Kalkknollen auch beobachtete Erscheinung, dass diese Knollen entweder ganz oder lagenweise im Innern einen deutlichen krystallinen Bruch oder Spaltbarkeit haben, die häufigst die schönsten Kalkspath-Spaltungsrhomboëder hervortreten lässt. Mikroskopisch zeigt sich im Lamellenbau etc. nicht die geringste Veränderung; es lassen sich nur gewisse senkrecht zur Lamellirung gerichtete Partien noch als solche ursprüngliche Radial-Faserung erkennen. — Der Unterschied dieser Krystallisation von jenen bei Dutenmergeln ist der, dass hier erst Thon durch die

<sup>1)</sup> Wie mir Herr Oberbergrath Dr. v. AMMON mittheilt, hat sich auch seiner Zeit v. GÜMBEL mit der mikroskopischen Untersuchung solcher von v. AMMON gesammelten, an organische Formen erinnernden Kalkknollen aus den unteren Cuseler Schichten beschäftigt, aber nichts Greifbares für ihre organische Natur aufgefunden; meine Dünnschliffe durch Partien des Rockenhäuser Kalkknollens hat v. GÜMBEL schon 1894 angesehen und mir mit einer Bemerkung über das Problematische der Bildung zurückgegeben (vgl. v. GÜMBEL, Geol. von Bayern II, S. 961, *Spongites rugosus*).



Krystallisation zum Kalk bzw. Mergel wurde, dass dort abere in kalkig-mergeliges Gestein durch weitere Concentration von Kalklösung einheitlich calcitisirt wurde.

In solcher Metamorphose sehen diese durch organische Substanz sehr dunkel gefärbten Vorkommen aus, wie die von MOLL als Anthrakolith bezeichneten Gebilde, welche nach EB. FUGGER (Mineralien des Herzogthums Salzburg, Salzburg 1878 S. 54) nur aus Geschieben im Russbachthal bekannt sind. Prof. FUGGER sandte mir Mtaerial zur Ansicht, von dem ich hervorheben muss, dass es von einer durchaus anderen Entstehung ist; es ist eine dichtgedrängte langstengelige Krystallisation von Kalkspath in einem Mergel, welche aber in wichtigem Unterschied zur Krystallisation der Dutenmergel stärkere mittlere Krystallaxen mit davon deutlich abzweigenden Seitenfiedern aufweist, wie so viele andere concretionäre Kalkspathkrystallisationen in weicherer Matrix. Da unsere permocarbonischen Kalke aber in überwiegender Anzahl durchaus keinen einheitlich krystallinischen Aufbau besitzen, so kann die gelegentliche Krystallisation in ihnen nicht dazu verleiten, ihnen die Bezeichnung Anthrakolith zukommen zu lassen, welche nur für sehr verschieden entstandene Kalke gelten kann; ich habe daher die von den englischen Forschern gewählte Bezeichnung vorläufig beibehalten.

Zur weiteren Charakterisirung dieses Kalksteinwachsthums möchte ich noch auf Folgendes aufmerksam machen. THOMPSON weist bei dem beschriebenen englischen Vorkommen darauf hin, dass bei dem einen die Substanz der dunkeln Kalkverzweigungen Kalkspath, bei den anderen Aragonit sei; die Substanz spielt also bei der Formenstehung keine Rolle, weswegen die englischen Autoren auch mit Recht an eine hiervon unabhängige Entstehung dachten, ebenso wie ich auf die Entstehung von Dolomit und Anhydritknollen mit seitlichen Steilrändern verweisen zu dürfen glaubte. Vergleichbares gilt für unsere permischen Vorkommen, die, wie wir unten noch näher sehen werden, in einem Falle aus reinerem Kalk, im anderen aus eisencarbonathaltigem dolomitischen Kalk, im anderen aus reinerem Eisenspath bestehen, ohne dass in der äusseren Form und inneren Struktur irgendwelche Unterschiede zu bemerken wären.

In jedenfalls innigerem Zusammenhange mit den rhätischen und permischen Vorkommen stehen aber nicht nur triadische und tertiäre Bildungen, der wir unten berühren, sondern auch, wie ich meine, Wachstumsformen im Karlsbader Sinter. FR. UJBELACKER hat in seinem System des Karlsbader Sinters, Erlangen 1781, eine grosse Anzahl von queren Anschliffen senkrecht zur Lagerung des Sinters abgebildet, welche ausserordentlich mit den besprochenen Formen übereinstimmen; ich verweise auf Taf. I Fig. 6; III, 19; V, 32, 34, 37; VIII, 60, 61; IX, 63; XXXII, 221; XXXVIII, 254.

Wenn ich nun daran erinnere, dass mit den erwähnten permischen Vorkommen auch das eines Ooliths häufig eng verknüpft ist und andererseits hinzufüge, dass auch wieder vereinzelt typische Querfaserung und einfach gebänderte Sinterkalke stellvertretend (Mordkammer, Obermoschel, Grumbach, Löllbach) aufgefunden wurden, so dürfen die in Rede stehenden Kalke wohl unter die Kategorie der Quell-Sinterbildungen behandelt werden, und zwar mit dem Vorbehalt, dass ihre Art durch die Entstehung unter zum Theil fliessenden Wasser mehr und weniger erheblich modificirt ist. In groben Zügen mag die Modifikation darauf zurückgeführt werden, dass Aragonit bei raschem  $\text{CO}_2$ -Verlust, also aus heisser Lösung unmittelbar an der Luft, Kalkspath bei langsamerem Gasverlust, also hier vielleicht bei Quellausfluss und -Abfluss unter einer stärkeren Wasserdecke auf einem, an

459,43 Kieselsäure; l. c. S. 583 zeigen bei gleichartigem Kieselsäuregehalt auf 100 Kalkcarbonat zwischen einem älteren und jüngeren Quellabsatz von St. Allyre (Clermont) die Unterschiede von 66,3 und 118,0 Magnesiicarbonat, bzw. 22,1 und 109,3 Eisenoxydulcarbonat, hierin also eine Zunahme von 87,2%; l. c. S. 584 zeigt, dass der Säuerling aus der Umgebung des Laacher Sees auf 100 Kalkcarbonat im Wasser 27,51 Eisencarbonat und 9,16 Kieselsäure, dagegen im Quellsinter bzw. 895,31 und 48,24 zeigen. Hier zeigt sich unter den Ockerabsätzen an der Basis der Ablagerung auch ein ziemlich reiner Sphärosiderit mit sehr wenig Kalkcarbonat, welcher als Bildung unter dem luftdichten Abschluss der Ockerdecke angesehen wird. Das Verbreitungsgebiet des Ockerabsatzes ist also bei fehlendem O auch das des Absatzes des Eisencarbonats.

Daraus folgt, dass man selbst in ziemlich reinen Kalken, welche als eine Art Sinterbildung zu betrachten sind und die ausserdem Kieselsäure, Eisen- und Magnesiicarbonat enthalten, in ihrer weiteren Horizontalverbreitung auch auf Vorkommen mit stärkerer Kieselausscheidung und erhöhtem Eisencarbonatgehalt, ja mit endlich verschwindendem Kalkgehalt rechnen kann und dass die Verbreitungsgebiete mit Sphärosiderit dem Quellaustritt am nächsten liegen müssen. Ich setze hier aber zum Vergleich die Bausch-Analysen von zwei relativ nahegelegenen Vorkommen aus demselben permocarbonischen Schichtenhorizont der Nordpfalz der Umgegend von Rockenhausen (ausgeführt von A. SCHWAGER).

	1. Obere Mühle südlich Rockenhausen (Taf. V Fig. 1)	2. Kreuzhof bei Reichsthal (Taf. V Fig. 2)
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	83,20	57,00
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	3,06	14,64
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	—	10,07
MnCO <sub>3</sub> . . . . .	—	1,72
SiO <sub>2</sub> . . . . .	8,06	5,02
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,38	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,96	5,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,12	—
MnO . . . . .	0,22	—
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,15	0,21
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,07	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	0,24
Org + H <sub>2</sub> O . . . . .	0,86	5,47
	100,29	100,16

Zur Erläuterung der Analyse ist in Beziehung auf das oben Gesagte zu bemerken, dass bei dem 6,25 km westlicher gelegenen Fundpunkt 1. die Daten so aufgefasst werden können, als ob er vom Quellpunkt weiter entfernt läge als 2.; der Kalkgehalt hat zugenommen, Magnesiicarbonat stark abgenommen; Eisen und Mangan ist in Summe von 11,79 als Carbonat ganz verschwunden und treten als Oxyde auf;<sup>1)</sup> die Summe der Einschlüsse bleibt sich gleich, obwohl bei 1. das Nachbargestein Thon und grober Kalkdetritus, bei 2. sandiges Material ist; es weist auf ähnliches Bewegungsmaass der Sedimentation hin; auffallend ist auch der Unterschied in der organischen Substanz, die in dem hellen reineren Kalk von Rockenhausen sehr gering vertreten ist.

Die mit ersteren Kalkbrocken ohne wesentliche Strukturunterschiede vorkommenden, jedoch in seinen Entstehungsbereich eingeschwemmten Oolithkörner zeigen nach einer Bestimmung von

<sup>1)</sup> In der Begleitung des Hauptkalkflötzes der Cuseler Schichten kommen häufig intensiv roth bis braunroth gefärbte Schieferletten vor, welche als erste Verschwemmungs-Vorboten und Nachzügler eines stark sich ausbreitenden Carbonatabsatzes die Oxydation des Eisencarbonats beweisen; besonders scheint das in der Nähe der stärkeren Verschwächungen der Flötzregion der Fall zu sein; die Sphärosiderit-Oolithe und -Sinterknollen in den höheren Cuseler Schichten werden oft durch intensiv rothe Schieferthone mit intensiv braunrothen Eisensteinknöllchen, die Lebacher Sphärosideritgeoden an Stellen, wo sie fehlen, durch thonige Brauneisenschwarten ersetzt; es sind das alles Parallelercheinungen während der Sedimentation der Schichten.



A. SCHWAGER bei der Auflösung in Essigsäure 5,60% thonigen Rückstand und darin 0,24 Org + H<sub>2</sub>O; das spezifische Gewicht des Ooliths ist das des Kalks; die oft ziemlich grosskörnigen oolithischen Gebilde entstanden also an einem Ort geringerer Thonverunreinigungen zur Zeit der Entstehung, vielleicht unter fehlenden Strömungswirkungen und ungestörterem Quellaustritt; nach dem Orte ihrer Verschwemmung, dem Orte der Kalkknollenentstehung, musste auch mehr sonstiger Detritus verfrachtet werden.

Wir wollen nun noch kurz auch mehrere, dem permocarbonischen Landschaftenkalk und seinem ihm ähnelnden recenten Vorkommen von Quellsinter vergleichbare fossile Sinterabsätze berühren, nämlich solche in den tertiären Kalken des Mainzer Beckens und solche im alpinen Wettersteinkalk. Schon R. LEPSIUS erwähnt im Tertiär des Mainzer Beckens (D. M. B. 1883. S. 110) Sinterkalke im südlichen Rheinhessen, unter welchem Namen er Kalke mit oolithisch überkrusteten Fossilien und kleinen rundlichen Kalkdetritus versteht, die durch Kalkcement mit einander versintert sind; diese Gesteine gehen nach LEPSIUS in typische Oolithkalksteine über, welche an die Riesenoolithen in der Trias der lombardischen Alpen erinnern. Ich möchte den Ausdruck „Sinterkalke“ auf diese letzteren Vorkommen von abgerundeten, nierenförmigen, concentrisch schalig-struirten „Oolithknollen“ in einer dichten, gelbbraunen Kalkgrundmasse (LEPSIUS l. c. S. 111) beschränken und ihr Auftreten in der bayer. Rheinpfalz kurz skizziren.

Wenn in den Cerithienkalken des südlichen Rheinhessens solche Kalkknollen bis zu 5 cm Durchmesser vorkommen, so bilden sie in der Rheinpfalz ganze Riffe bis 4—5 m Höhe, welche zum Theil unmittelbar auf dem Cyrenenletten aufliegen; ihre Schalenkrusten lassen sich daselbst auf mehrere Meter in der Horizontale verfolgen. Ich muss nun vor Allem bemerken, dass es keine gerundeten Knollen nach Art der Oolithen sind; die gerundete, nierenförmige Oberfläche ist stets nach oben und der Seite gerichtet; die Unterseite ist meist concav, wie bei fast allen Vorkommen solcher isolirten Kalkbrocken im Permcarbon; sie stellen fast stets Ueberkrustungen von Detritus- oder Schalenanhäufungen dar, von welchen nur selten Theile in das Gesteinswachsthum selbst eingeschlossen werden, ein Beweis, dass die Sedimentation im Gebiete des Sinterwachsthums eine höchst geringe war. Dass sie nicht ganz aufhörte, das beweist die ausserordentliche Strukturähnlichkeit mit dem permischen Vorkommen in der Bildung isolirter Stämmchen oder Säulchen, welche ja oft durch ganz dünne Wände des gleichen Kalkdetritus getrennt sind, welchen das Hangende und zum Theil auch das Liegende des Sinterkalks bilden; es liegen Strukturbilder vor, wie Taf. V Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 und 4 und Formen wie Fig. 6, aber von über dreifacher Höhe und nicht grossem Durchmesser (1,5 cm) der Säulchen; auch hier erscheint überall die äussere Form combinirt aus den Unregelmässigkeiten des Untergrunds und der seitlichen Beschränkung durch die gleichzeitig andauernde, wechselnd starke Sedimentation.

Der Mikrostruktur fehlt ebenso häufig die Faserkrystallisation, wie dies schon LEPSIUS bei der Sinterumfüllung von Fossilien erwähnt; sie ist aber nicht selten auch schon makroskopisch oder mit der Lupe sichtbar.

Was die Farbe der Sintergewächse betrifft, so liegen sie oft weisslich und hellgelb in dunkelbräunlicher, oder auch bräunlich in heller Matrix; ganz selten sind dunklere Färbungen, welche aber auf Manganverbindungen, nicht auf organische Substanz zurückzuführen sind.

Auffällig und für den Quellabsatz sprechend ist das plötzliche Auftreten und riffartige Anschwellen, wobei die Neigung der Schalung an den Seiten und der seitliche Zusammenschluss



(vgl. z. B. Taf. V Fig. 4) die Anschauung nicht aufkommen lässt, dass man es hier etwa lediglich mit Folgen der Gesteinsauslese während der Gesteinsanlage zu thun hat. Wohl sind an einzelnen Stellen grobe Geschiebekalke und Detritusschichten an der Basis der Cerithienschichten zu erwähnen; ich fand hier auch Geschiebe mit Sinterstruktur, jedoch auch andere Kalksteine, ja sogar Geschiebe von weichen Geschiebekalken. Die kantengerundeten, oft über faustgrossen Geschiebe von Sinterkalken zeigen sich nun ebenso wie die erhaltenen Riffe von ausserordentlicher Härte und Fähigkeit, ein Beweis, dass in einer etwaigen Auslese der Gesteine nicht blos nur die weichen, etwa noch nicht fest gebundenen Sinterabsätze, Mergel und Geschiebeknollen der Zerstörung durch stärkere Fluthung ausgesetzt waren; gerade, dass auch die härtesten Riffe angegriffen wurden zeigt, dass eine Zerstörung stattfand, welche wohl nicht anders als tektonisch verursacht worden ist; eine Zertrümmerung, welche eben die Transgression des Kalktertiärs über den Letten und Sandtertiär begleitete und ebenso zugleich die Ursache des Flusses von CO<sub>2</sub>-haltigen warmen Quellen sein konnte, wie auch die Bildung der Meeressande thermale Anzeichen an sich trägt; die Zerstörung von Kalkablagerungen verstärkt auch die auflösende Thätigkeit der Quellschlüsse und den Aufbau neuer Sinterriffe.

Wie erwähnt, sind diese Sinterkalke von grösster Härte und Zähigkeit; dem entsprechend ist auch die Dichte des Gesteinsgefüges nicht gering, nur entstehen oft zwischen den senkrecht aufsteigenden Wänden, wenn sie durch seitliches Zusammenwachsen etc. vor der Erfüllung mit Sediment nach oben geschlossen wurden, grosse Lücken, ein hauptsächlich vertikal gerichteter, gross cavernöser Aufbau. Diese Lücken sind entweder nach Durchnagung schwacher Brücken mit braunem Letten nach Art der Spaltletten ausgefüllt oder mit Kalkspatkrusten drusig ausgekleidet.

Für die Entstehung des Sinterkalks in dem von uns beschränkten Begriff ist nun etwas bezeichnend, was in ähnlicher Weise auch für permcarbonische Vorkommen zutrifft, nämlich die Art seiner Fauna. Wir sehen die Sinterstruktur in keiner der vielen Anschwemmungen von marinen und entschiedenen brackischen Fossilien (als Kalke und Mergel entwickelt) auftreten; dagegen finden wir sie meistens versteinungsleer oder wenn Fossilien in ihnen auftreten, dann sind es Landschnecken, Süsswasserschnecken oder solche brackische Schnecken, welche auch in dem süssen Gewässer sich aufhalten können; es findet sich in ihnen also *Helix* etc., *Planorbis*, *Phryganeen*, *Litorinellen*, *Cypris* und seltener *Neritina* oder sehr selten *Mytilus*. Es waren also sicher keine marinen Entstehungsbedingungen, und da die Hauptmasse der Vorkommnisse (Landschnecken und Süsswasserschnecken) sicher eingeschwemmt genannt werden muss, so ist die Frage, ob man es hier überhaupt mit Orten der möglichen Entwicklung einer besonders marinen Fauna zu thun habe, und wie die Einschwemmung an einer Oertlichkeit zu denken ist, wo unmittelbar unter und über den Sinterkalken Schichten mit massenhaften, entschieden brackischen und marinen Versteinungen gelagert sind.<sup>1)</sup>

Eine hohe Merkwürdigkeit dieser Süsswasser- und Landschnecken führenden Schichten ist nun, dass sie keinen Detritus aus dem von ihnen überschrittenen und begrenzten Sandsteingebiet zeigen; überhaupt sind die Sandvorkommen so ausserordentlich unbedeutend, ja verschwindend, dass dies im Vergleich mit der guten Erhaltung und dem starken Kalkschalenwuchs der Land- und Süsswasserconchylien ein Räthsel ist. Man wird so zu der Vorstellung genöthigt, dass in den Zwischenzeiten der Sinterbildungen grosse Strecken der nächstälteren Mergel- und Kalkablagerungen blossgelegt wurden — häufig zeigt sich z. B. in den *Litorinellenschichten* das Austrocknungsrelief —, dass hier eine schwache Vegetation mit Wassertümpeln sich bildete und die ganze Süsswassereinschwemmung — nicht durch Flussläufe aus dem Gebirge genährt — lediglich auf Quellausläufe aus der Litoralregion bezw. den an ihrer Grenze hinziehenden Buntsandsteinspalten angewiesen war. Ihre höhere Wärme und der Gasegehalt löste auch Kalk aus dem blossgelegten Küstengrund, ermöglichte eine mit starken Kalkschalen versehene Conchylienfauna, die dort zum Einschluss in das Gestein kam, wo diese Quellwasser ihren frischen Kalkgehalt wieder als Sinter absetzten.

Wenn wir nun weiterhin den von LEPSIUS ausgesprochenen Vergleich der tertiären oolithoiden Absätze mit dem triadischen Eisenoolith des oberen Muschelkalks der lombardischen Alpen etc. aufnehmen, so können wir ihn dahin umgrenzen

<sup>1)</sup> Ich erinnere hier an ähnliche Beobachtungen, welche ich im Gebiete der oberbayerischen eocänen Eisenoolithe machen konnte; auch hier wies die Entstehung der Oolithe auf eine Region gering entwickelter oder fehlender mariner Eigenfauna und einer gleichzeitig mit der Eiseninkrustation und der Oolithbildung stattfindenden, offenbar tektonischen Zerstörung nächstälterer, tieferer Schichten hin (vgl. Geogn. Jahreshfte 1895 Cap. XV und XXIV und 1897 S. 36).



und zertheilen, dass man es hier mit zwei zeitlich sehr verschiedenen Bildungen zu thun habe: 1. mit der sinterartigen Umhüllung von einzelnen Petrefakten, stärkeren Petrefaktenanhäufungen oder Gesteinsbrocken, welche schon von BENECKE als eine anorganische erklärt wurde,<sup>1)</sup> 2. mit einer späteren, der Zeit der Diagenese oder Metamorphose angehörigen mandelsteinartigen,<sup>2)</sup> grobfaserigen Kalksinterausfüllung durch ein im Gestein cursirendes, auflösendes und wieder Absätze bildendes Wasser, eine Entstehung, auf welche zum grössten Theil der Begriff Grossoolith fusst; diese Auskleidung (vgl. auch meine Berührung dieser Frage in Geogn. Jahreshefte 1895 S. 114) setzt gross-cavernöse Struktur voraus, wie wir sie oben bei den tertiären Kalken besprochen.

Ausser diesen beiden Entstehungen lassen die Abbildungen bei STOPPANI auch auf Formen im Esinokalk schliessen, die ein selbständiges Wachstum nach Art des Stamm- und Baumwachsthums bei tertiären, rhätischen und permischen Sinterkalken verrathen. Ganz neuerdings veröffentlichte WÄHNER ähnliche Körper aus dem Wettersteinkalk des Sonnwendgebirges (l. c. 1903 I. S. 81—87, Abbildung 6 und 7). Ich finde keinen wesentlichen Unterschied in der Art der Struktur, der Lagerung und der Verzweigungen von unseren in Fig. 2 und 1 dargestellten Körpern; ich stehe nicht an, diese als vermuthlich Calcispongien bezeichneten Gebilde mit unseren Sinterbäumchen zu identificiren und ihre seitliche Zusammendrückung als etwas ganz unwesentliches zu erklären (vgl. S. 274); die von WÄHNER abgebildeten Formen könnten ebensogut aus dem Tertiär des Mainzer Beckens stammen.

Wenn wir daher einem Vergleich des Wettersteinkalkes mit den Sinterkalken des Tertiärs das Wort reden wollen, so müssen schon im Kalkgebiet, wie dort auch zwei Durchkreuzungen der Facies annehmen, die eine als Sinterkalkfacies mit Gyroporellen, deren massenhafte bankweise Entwicklung auf ganz gesonderte Entstehungsbedingungen bei ausserordentlichem Kalkgehalt des Wassers hinweisen, die andere eine Dolomitfacies mit entschiedener marinen Petrefakten, welche den Perioden des Nachlassens der lokalen Sinterkalkentstehung entspricht, deren faunistische Eigenthümlichkeiten wohl noch unter ihrem Einfluss stehen. Die eingemengte, sich dazwischen geltend machende Dolomitfacies dürfte ihrer Entstehung nach keine anderen Ursachen haben als die des Hauptdolomits, d. h. die einer hier beginnenden, dort aber langandauernd hingezogenen Einleitung zur Bildung salinischer Absätze (z. B. Gyps)<sup>3)</sup>; das wären beide Durchkreuzungsbedingungen einer riffartigen Wettersteinkalkentstehung auf triadisch-alpiner Seite, welcher Facies eine andere gegenübersteht, welche, wohl von ausseralpinen Continenten beeinflusst, lediglich Schwemmprodukte aus der Zerstörung von Urgebirgen führt, Thone, welche durch schwarze hornsteinführende Kalke unterbrochen werden,

<sup>1)</sup> BENECKE denkt (vgl. Geogn.-Pal. Mitth. II. Bd. 299) an die Mithilfe verwesender organischer Substanz; die bräunlichen Lagen in dem schaligen Gefüge, welche nicht brausen, dürften eher auf zersetzte, eisencarbonathaltige Masse als auf organische Substanz zurückzuführen sein (vgl. Eisenkalk in GÜMBEL's bayer. Alpengeb. S. 223 und SCHAFFHÜTL's Analyse daselbst).

<sup>2)</sup> Häufig ist, wie bei den Achatmandelsteinen, innerlich eine Druse oder ein grobkristalliner Abschluss der Auskleidung.

<sup>3)</sup> Ich habe Geogn. Jahreshefte 1901 S. 109 etc. ausgeführt, dass Anhydrit und Dolomit, wenn sie auch schon im Beginn von salinischen Absätzen sehr oft als durch Concentrationsströmungen bewegte und bankweise abgesetzte Produkte gelten müssen, doch ebenso oft auch ein Linsen-artiges Wachstum mit steilen Seitenwänden zeigen, deren Höhe sehr wechselnd ist und riffartig werden könnte. Beide Wachstumsformen können sich dort gleichartig vereinigen, wo die thermischen Kalkcarbonatlösungen mit sich concentrirenden marinen NaCl- und MgCl<sub>2</sub>-Lösungen, welche in einem späteren Stadium Anhydrit bilden würden, zusammentreffen; hier könnten sie Dolomit erzeugen, der auch sonst in gewöhnlichen salinischen Absätzen vielfach von Kalk zu Gyps und Anhydrit überleitet; es könnte dabei gerade durch den aussergewöhnlichen Entzug des Magnesiumchlorids die Concentration und Ausscheidung von Anhydrit etc. hintangehalten werden. Auf wahrscheinlich besondere thermische Einwirkungen führt schon ROSENBUSCH (Gesteinslehre 1898 S. 410) die Dolomitisirung der Kalksteine, wo sie Zn- und Pb-Erze führen, zurück.

und Sande mit Pflanzenresten. Diese Schwemmprodukte werden in ostwestlich laufenden Zonen ohne Wettersteinkalk-Zwischenschaltung zwischen dessen Verbreitungsgebieten abgesetzt; während z. B. einerseits mächtiger Raibler Sandstein auf mächtigen Partnachschichten, diese auf Buchensteiner Kalken, diese auf normalen tieferen Muschelkalk auflagern, hätte man in einer südlich davon, ostwestlich hinziehenden „Sinterkalk“ zone von den Schichten des *Ceratites trinodosus* bis zu den an Mächtigkeit reduzierten Raibler Sandsteinen eine ganz einheitliche Kalkmasse; der nahen Aneinandergrenzung der Facieszonen nach könnte man auf die Ansicht kommen, dass in ähnlicher Weise, wie die Sinterstämmchen in ihrem Vertikalwachstum durch die gleichzeitige Sedimentation beschränkt sind, und wie dies auch für das stockartige Wachstum kleiner und grösserer Komplexe von salinischen Absätzen gilt (vgl. Geogn. Jahreshette 1901 S. 114), dies auch für die Komplexe von kleinen Sinterabsätzen gelten muss, von welchen wieder kleinere Riffe im Tertiär des südlichsten Mainzer Beckens zur Anschauung kommen (vgl. Seite 271), und von welchen die alpinen triadischen ein besonders gewaltiges Beispiel wären. Gerade diese Art des vertikalen Wachstums und das häufige Verschwinden der Schichtung hat auch hier zur Annahme von Korallenriffen den Anlass gegeben, wobei das gelegentliche Verschwinden der Schichtung durch unsere Ansicht in doppelter Weise erklärt werden könnte. — Hinzuzufügen ist noch, dass der Zeitraum dieser Kalkstockbildung ungefähr zusammenfällt mit der Periode gewaltiger triadischer Eruptionen; mit ihrer unteren Grenze (Trinodosus-Zone) geht sie der Ablagerung der eigenartigen als Porphyrtuff gedeuteten Pietra verde etwas voraus, mit ihrer oberen Grenze folgt sie den untermeerischen Ausbrüchen der Augitporphyre und ihrer primären Tuffe nach; wenn ich dann erwähne, dass wir der Pietra verde ähnliche Gesteine auch in den Nordalpen besitzen, so dürfte das gleichzeitige Zusammenfallen dieser Periode mit dem Auftreten der Riesenoolithen zeigenden Kalkfacies-Massive (welche auch örtlich an die Ufernähe des damaligen Alpencontinents beschränkt scheinen) auf einen inneren Zusammenhang hinweisen, der durch die Annahme aussergewöhnlicher Quellabsätze dem Verständnis näher gebracht werden kann.

Bemerkung zu S. 273 Zeile 20: Eine seitliche Verflachung senkrecht wachsender Stämmchen findet stets bei grösserer Annäherung statt; je freier sie stehen desto rundlicher wird der Umriss des Querschnitts, je enger sie an einander rücken, desto polygonaler wird jener; die zweiseitig seitliche Zusammendrückung ist kein seltener Fall. Es ist wichtig bei dem Funde solcher Gebilde auf ihre liegende oder stehende Orientirung im Schichtensystem zu achten.

## Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Otto M. Reis, Ueber Styloolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthrakolith zum Theil) . . . . .	157—274
(Mit 4 Tafeln.)	
I. Ueber Styloolithenbildung (Taf. II Fig. 1, Taf. IV Fig. 9—10) . . . . .	157—167
Styloolithen unter dem Mikroskop S. 158; Abgeknickte Styloolithen S. 158 bis 159; Zur Erklärung der Styloolithen S. 159—161; Umriss der Styloolithen 161 bis 162; Ausdehnung der Styloolithen und Thoneinschaltungen S. 162; Wachstumsvorgänge bei Styloolithen-Spalten S. 162—163; Auflösungsritzen an feinkörnigen Kalken und Styloolithen-Oberflächen S. 163; die Abdachungen der Pechkappen S. 164—165; Seitenriefung an „Petrefaktendeckeln“ S. 165; Farbe der Styloolithen-Kappen S. 165; Anreicherung von Bitumen S. 165—166; Hornsteinknollen als Styloolithendeckel und Auflösung von Kieselsäure S. 166; weitere Erklärung der Einseitigkeit der Auflösungsvorgänge S. 166—167.	



<b>II. Ueber Dutenstruktur in gewissen Carbonatgesteinen.</b> (Mit einem Anhang über Conellen. QUENST.) (Taf. II—IV) . . . . .	167—259
Cap. I. Aeltere Ansichten über die Entstehung der Dutenstruktur . . . . .	167—176
(WALCH, MORVEAU, URE, HAUSMANN, HÄIDINGER S. 168; v. QUENSTEDT, SORBY, v. GÜMBEL S. 169; YOUNG 169—171; NEWBERRY, GRESLEY, HARKER, GARWOOD, SACH S. 171; COLE S. 172—174; GRESLEY S. 174—175.)	
Cap. II. Verschiedene Vorkommen von Dutenmergeln (Nagelkalk) . . . . .	176—177
Cap. III. Makroskopische Untersuchung des vorhandenen Materials . . . . .	177—191
Exemplar von Krzeszowice S. 177—186 (Thoneinschaltungen in Ausdehnung und Richtung S. 177—179; Struktur der Thoneinschaltungen, braune und grüne Lagen S. 179—180; Beziehung zwischen Thoneinschaltung und anliegendem Mergel S. 180; Kegelaxen S. 180—181; Horizontalbänderung S. 181—182; Dislokation der Bänderung durch die Thoneinschaltungen 182—183; Beziehung zwischen Thoneinschaltungen und Mergelrunzeln S. 184; Zickzackstruktur S. 185). Exemplar von Hohenheim und Effeldorf S. 186; Exemplar vom Donnersberg, Obermoschel, Potzberg und Lebach 186—187; Exemplar von Frickenhausen S. 188; Exemplar von Staffordshire S. 188—191 (Dislokation der Mergelrunzeln und einer Unterbrechungsgrenze durch die Thonscheiden S. 189—190).	
Cap. IV. Die Hangend- und Liegenfläche der Dutenmergel . . . . .	191—195
Exemplar von Krzeszowice S. 191—193; Umgekehrte Dutenlage S. 193; Axenkern beim Exemplar von Effeldorf, Thoneisensteinband am Exemplar Tübinger Höhe S. 194; Dislokationen an dem Exemplar von Kemnath S. 194.	
Cap. V. Schlussfolgerungen aus dem makroskopischen Verhalten . . . . .	195—206
Entstehung der Thonscheiden von den Zwischenaxenräumen aus S. 195 bis 197; Bestehen der Bänderung als einer Absatzbänderung S. 197—198; Dislokationsphänomen S. 198—199; Raumschwinden in den Zwischenaxenräumen S. 199; Lösungsvorgänge (?) S. 199; Frage der Kontraktion oder Ausdehnung während der Krystallisation S. 200—201; Auflösungsmöglichkeit im capillaren Kluftsystem S. 203; Zusammenwachsen der Thonscheiden durch Auflösung der Zwischen-Mergelscheiden etc. S. 204—205; Fehlen der Thonscheiden an wirklichen Wachstumsunterbrechungen S. 206.	
Cap. VI. Das mikroskopische Verhalten des Materials . . . . .	206—211
Exemplar von Frickenhausen S. 206—210; Exemplar von Krzeszowice S. 210; Exemplar von Degerloch S. 211.	
Cap. VII. Einschlussmengen im Kalkspath; chemische Analyse des Dutenmergels . . . . .	211—217
Allgemeines über Einschlussmengen im Kalkspath S. 211—213; Analysen des Dutenmergels von GMELIN, POLLOK und A. SCHWAGER S. 214; Schlussfolgerung aus den Analysen, besonders jener von Staffordshire S. 215; SCHWAGER'S Analysen der Auflösungsrückstände im Vergleich mit den Thoneinschaltungen; Schlussfolgerung, besonders bezüglich des Vorkommens von Brauneisen inmitten der Thoneinschaltungen S. 216; Vergleich mit Analysen von nichtkrystallisierten Concretionen und Folgerungen S. 217.	
Cap. VIII. Schlussfolgerungen über mögliche Krystallisations- und Auflösungs Vorgänge . . . . .	217—218
Ausgangsregion und Richtung der Krystallisation 217—218; Kegelaxe als abhängiger neutraler Raum S. 219; Beziehung von Krystallisation und Bänderung S. 220; die horizontalen Treppenabsatz-Flächen an den Mergellagen S. 220—221; Allgemeines über die Thoneinschaltungen etc. als Auflösungsrückstände S. 221; Auflösungsstärke der Basis beim Kalkspath und Auflösungsform von Calcitkugeln S. 221—222; Hinweis auf Pseudomorphosen S. 223—224; Lösungsgestalt des Calcits und innere Zerklüftung S. 224.	
Cap. IX. Die Deutung der kleinsten Zerklüftung in den krystallisierten Axenzwischenräumen . . . . .	224—225
Zerklüftung nicht nach dem Spaltungsrhomboëder S. 224; Schaliger Aufbau und Aggregationszerklüftung S. 225.	

Cap. X. Die Bedeutung der nicht oder sporadisch krystallisirten Kegelaxe . . . . .	225—234
<p>Vergleich mit Krystallconcretionen von Calcit S. 225; Biesenharder Kieselconcretionen S. 226; Folgerung auf die Kegelaxen S. 227; Entstehung der Kegelaxen in Anwendung der O. LEHMANN'schen Feststellungen über Krystallwachstumsformen auf entstehende Calcitconcretionen im weichen Thonsediment S. 227—229; Nachträgliche Krystallisationen in den Aussparungsräumen der sog. Kegelaxen S. 229—230; Dynamische Bedeutung der Kegelaxen S. 230; Abrundung der Nischen in den Kegelaxenräumen S. 231—232; Zerspaltung in den krystallinischen Zwischenaxen-Massen S. 232; Kegelstock als Festigkeitseinheit S. 233; Abkühlungs-Begleiterscheinung der Krystallisation in Beziehung auf die Axenbildung S. 233—234.</p>	
Cap. XI. Anlage der Runzeln . . . . .	234—236
<p>Wirkung der Bänderung und Lagerung beim Ausgehen der seitlichen Ergänzung in den Kegelaxenräumen 234—235; Erklärung der Runzeln der Biesenharder Concretionen S. 235; Beziehung der primären Runzeln zu etwaiger Thonausscheidung S. 236.</p>	
Cap. XII. Die Vorbedingungen des Thoneinschlusses und die Entstehung der Zerklüftung . . . . .	237—242
<p>Tempo der Krystallisation und Umschliessung von Fremdstoffen, Beispiel vom Ausgehen des Salzlagers S. 237; Concentration von gelöstem <math>\text{CaCO}_3</math> in thonigem Schlamm S. 238; Erklärung der Schalenbildung in der Krystallmasse S. 239—240; Frage der Thonaustreibung nach diesen Voraussetzungen S. 241; Erklärung der Zerklüftung und Schalung S. 242.</p>	
Cap. XIII. Die Skulptur auf der Oberfläche der sog. Kegel . . . . .	242—244
<p>Ursprüngliches Verhalten der die krystallisirten Mergelschalen trennenden Masse S. 242—243; Die schwach-welligen Ringverdickungen auf der Kegeloberfläche S. 243; Beschleunigung der Diffusionsbewegung von innen nach aussen auf vorgebildeten Trichterflächen S. 244.</p>	
Cap. XIV. Ueber die den möglichen Auflösungsvorgängen nachfolgenden Gestaltungen . . . . .	245—248
<p>Anschnitts-Unterbrechung des Schalen- und Zerklüftungsaufbaus durch die horizontalen Flächen S. 244; Verschiedenheit der Auflösung an den Zerspaltungsfeldern S. 245—246; Wirkung der Auflösung S. 246; Auflösungsritzen in feinkörnigen Kalksteinen, Facettirung S. 247.</p>	
Cap. XV. Die äussere Gestalt der Dutenconcretionen . . . . .	248—250
<p>Organische Kerne als Ursachen der Concretionen S. 248; Dickenwachsthum der Concretionen 248—250; Allgemeines über das geologische Vorkommen der Dutenconcretionen S. 250.</p>	
Cap. XVI. Zusammensetzung der Ergebnisse . . . . .	250—258
Cap. XVII. Anhang über die QUENSTEDT'schen Conellen . . . . .	258—259
<b>III. Ueber permocarbonischen „Landschaftenkalk“ (Anthrakolith zum Theil) und vergleichbare Sinterabsätze (Taf. V) . . . . .</b>	<b>259—274</b>
<p>Der „Landschaftenkalk“ der englischen Autoren S. 259—260; Baumförmige Gewächse von Carbonat-Ausscheidungen in den Cuseler Schichten der bayerischen Rheinpfalz S. 260; Deutung der „arborescent markings“ S. 261—263; Vergleich mit dem Vertikalbau von Dolomit-, Anhydrit- etc. -Linsen S. 263; Auflagerungs- und Hauptzuwachsfläche S. 264—265; Frage der Mitwirkung von Algen bei der Aufzehrung des <math>\text{CO}_2</math> S. 265—266; <i>Spongites rugosus</i> S. 267; Vergleich mit Wachstumsformen des Karlsbader Quellsinters 268; Ausscheidung und Verschwemmung S. 269; Quellsinter der Gegenwart und Schlussfolgerungen, chem. Analysen von A. SCHWAGER S. 269—270; Vergleich mit tertiären Sinterbildungen im Mainzer Becken S. 271—272; Vergleich mit alpinen triadischen Sinterkalken S. 272—274.</p>	



## Tafel-Erklärung.

### Tafel II.

- Fig. 1a, b, c, d.** Vier Paralleldurchschnitte durch einen Stylolithenzug mit einem geknickten Stylolithen aus dem Trochitenkalk des oberen Muschelkalks der Rheinpfalz; beweist die Entstehung solcher geknickter Stylolithen aus einer Combination übereinander liegender, wagrecht und diagonal gerichteter Stylolithenzüge, von welchen der untere mit den oberen verwächst, diesen auch in seiner seitlichen Ausdehnung beschneidet. In  $2\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung; vgl. Dünnschliffe in Taf. IV Fig. 9 und 10. S. 158—159.
- Fig. 2 und 3.** In zwei Parallelebenen senkrecht zur Längsreihung der Kegelaxen orientirte Anschnitte durch einen Dutenmergelblock von Krzeszovice; verwitterte Oberfläche in  $\frac{2}{3}$  natürl. Grösse; obwohl es gegenüberliegende Oberflächen des Blocks sind, ist die Zeichnung so orientirt, dass die entsprechenden Theile auf beiden Figuren auf den gleichen Seiten liegen; die getüpfelten Lagen oberhalb des senkrecht schraffirten Kalkfaserbandes gehören dem nicht krystallisirten sandig-glimmerigen Sediment an; an den durch einen Sägedurchschnitt bei Fig. 2 links abgetrennten Theil ist an der oberen Thonschenkelverschmelzung (sämtlich schwarz gehalten) die grüne Einschaltung der Lagerung gemäss gestrichelt (vgl. Taf. III Fig. 1 und 2, Taf. IV Fig. 1—4). S. 177 etc.
- Fig. 4.** Längendurchschnitt durch die Krystallmasse zwischen zwei Kegelaxen; Frickenhauser Exemplar (vgl. Fig. 5 und Taf. IV Fig. 5 und 6), in ca. 4,5facher Vergrößerung, zeigt besonders den unregelmässigen Abbruch der Scheitelstücke. S. 206—208.
- Fig. 5a—d.** a—c zeigen in starker Vergrößerung Stellen von Fig. 4 bzw. Taf. IV Fig. 5, wo die Thonmasse die scharfe Winkelhohlung unter einer einheitlichen krystallisirten Mergelmasse ausfüllt, wobei als Merkwürdigkeit hervorgehoben ist, dass die äusseren Umgrenzungen der krystallisirten Masse nirgends scharfe Spitzen zeigen, während ihre unteren Umgrenzungen eben so oft solche scharfeckige, negativen Krystallen entsprechende, mit Thon ausgefüllte Hohlungen aufweisen, als die unteren Begrenzungen der Scheitelstücke ebenflächig sind; diese scharfen Ecken sind aber Reste von Krystallecken und -Kanten, wie sie im Innern der Krystallmasse überall deutlich sind; d zeigt einen an einem äusseren Treppenabsatz unregelmässig ansitzenden „Zweig“, der offenbar durch Druck an diese Stelle und in diese Lagerung gekommen ist.
- Fig. 6 und 7.** Runzel-Oberflächen zweier kleinerer Theiltrichter an einem grösseren Kegel von Staffordshire (Geol. Samml. des Staates, München) in zweifacher Grösse. Die Runzel-Oberfläche wird nach dem Schema von Fig. 8 und 9 von den Runzeloberflächen bzw. den Thoneinschaltungen anstossender kleinerer Trichter angeschnitten, wobei die Runzeln eine Dislokation erfahren, welche nach unten und aussen gerichtet ist; diese Raumversetzung legt aber auch ursprünglich auf einheitlicher Oberfläche entfernter liegende Theile der Runzeln unmittelbar diesseits und jenseits der Thonscheiden neben einander. S. 188.
- Fig. 8 und 9.** Vgl. Fig. 6 und 7. Man sieht im Vertikal- und Horizontalschnitt die innersten, zugleich höheren und älteren mit den äusseren, grösseren und jüngeren interferirenden Kegel, welche die Absenkungen der Runzeln der letzteren nach aussen und unten verursachen; die Absenkungen sind gleichsinnig jenen in Fig. 12; der äussere Theil ist gesenkt.
- Fig. 10.** Horizontaldurchschnitt durch die Anordnung der Thonscheiden im Innern eines Kegels aus dem br. Jura der Metzinger Gegend; kgl. Naturalienab. Stuttgart.
- Fig. 11** zeigt in einer Copie nach YOUNG das stufenartige Absetzen der Supplementärfortsetzung eines Thonschenkels durch je einen höher liegenden gegenständigen.
- Fig. 12** zeigt in Vergrößerung die Dislokation einer Horizontalgrenze der Dutenkrystallisation durch eine Thoneinschaltung; diese Horizontalgrenze zeigt keine Thonaustreibung; der Neubeginn der Krystallisation ist sehr deutlich gekennzeichnet; die Grenze geht horizontal durch den ganzen Dutenkegel hindurch; Exempl. von Staffordshire (vgl. Fig. 6—9). S. 189—190.
- Fig. 13** zeigt in einer Copie nach GRESLEY die Dislokationen einer Gesteinsbänderung durch die Einzelkegel bei einem amerikanischen Vorkommen. S. 183.

**Fig. 14** zeigt in einer Copie nach GRESLEY die gleichseitige und symmetrische Anordnung von Dutenlagen oberhalb und unterhalb einer Sandsteinlage mit schiefen Anwachsstreifen als Kernlage. S. 194, 249.

**Fig. 15** zeigt die Verbreiterung eines Schichtbandes im Innern einer Dutenlage nach GRESLEY. S. 183.

**Fig. 16 und 17.** Aeussere Formen von Dutenconcretionen im Querschnitt nach GRESLEY. S. 249.

### Tafel III.

**Fig. 1 und 2.** Zwei zu einander und zu den Taf. II Fig. 2 und 3 dargestellten Oberflächen parallel geführte, ferner quer zur Längsreihung der Kegelaxen gelegte, in gleicher Orientirung von rechts und links in  $\frac{2}{10}$  nat. Grösse gezeichnete Querschnitte durch den Block von Krzeszovice; in den diagonal verlaufenden Thonlagen sind die Verschiedenheiten von braunen und grünen Lagen mit Schwarz und Grau gegeben; die ursprünglich horizontale Bänderung des des Gesteins, welche durch die Entstehung der Thonlagen unterbrochen und auseinander gerissen wird, wurde punktiert gegeben, wenn sie auch in Wirklichkeit continuirlich dunkle Bänder sind. In Fig. 1 ist ein Durchschnitt in darauf senkrechter Richtung gelegt, der durch die Längsreihung der Kegelaxen führt (vgl. Taf. IV Fig. 1). In Fig. 1 ist auch oben noch das Sediment erhalten, d. h. nicht krystallisirte Mergel und glimmerig sandiger Thon, der an der Grenze gegen das quer gestrichelte Calcitfasergängchen Störungen erlitten hat; Fig. 1 ist im Durchschnitt der Taf. II Fig. 2, Fig. 2 dagegen der daselbst in Fig. 3 gezeichneten Oberfläche gegenüber. S. 182.

**Fig. 3** zeigt schematisch die Richtung und Lagerung der Thonpakete in Beziehung zur Schalenstruktur der anliegenden krystallisirten Masse; stark vergrössert. S. 244 und 185.

**Fig. 4** zeigt schematisch das Abstossen der Thonlagenenden an den Seitengrenzen der nicht krystallisirten Bänder in der Axe der Kegel (Exemplar von Krzeszovice); stark vergrössert.

**Fig. 5.** Oberfläche eines Dutenmergels von Hohenheim mit einer flachen, mit Runzeln versehenen Trichtereinsenkung, deren Runzeln ohne alle Beziehung sind zu den zahlreichen schwach vorragenden Grundflächen vieler kleinerer Kegel mit sehr steilen Runzelflächen (dies nur im Vertikalschnitt zu sehen). Geol. Samml. des Staates. Nat. Grösse. S. 186.

**Fig. 6.** Runzel-Oberfläche von einem Dutenmergel von Effeldorf; zeigt links in einem seitlich deutlich begrenzten Längsfeld Verzweigungen und Einschaltungen (vergr. 1,75 mal). Samml. d. kgl. Ober-Bergamts, geogn. Bureau S. 186.

**Fig. 7 und 8.** Zwei Ansichten einer Biesenharder Concretion in nat. Grösse; vorragende höhere und niedrigere Kanten begrenzen trichterförmige Räume, welche in mehrere kleinere Vertiefungen oder auch nur in eine kurze röhrlige Axe auslaufen; die abschüssigen Flächen sind mit Runzeln bedeckt, welche bei anderen Exemplaren noch stärker ausgeprägt sind; zwischen diesen Runzeln sind kleinere Trichtereinsenkungen vorhanden, deren Theilaxen nach den Medianebenen durch die nach der Längsaxe der Concretion gereihten Hauptkanten gerichtet erscheinen. S. 226.

**Fig. 9 und 10.** Künstliche Auflösungs-Rillen im Solenhofer Kalk an kantig angeschliffener und an natürlich gebrochener Oberfläche; wenn solche Gesteins-Oberflächen in gesäuertes Wasser getaucht werden, so entstehen nach kurzer Zeit solche Rillen durch den ständig werdenden Abzugsweg der Gasblasen und die von ihnen stets neu nachgezogene Flüssigkeit; Präparat von Herrn Landesgeologen A. SCHWAGER. S. 163, 247 und 255.

**Fig. 11.** Oberfläche eines Styololithen im Trigonoduskalk von Rothenburg a. d. Tauber, bzw. der angrenzenden Seitenwand des Styololithen, der durch einen sehr feinkörnigen Kalkeinschluss hindurchgeht und hier ziemlich regelmässig quer zur Wachstumsrichtung, d. h. parallel zur Kappenebene des Styololithen geordnete, nach den Längsfeldern etwas modificirte Auflösungs-rillen zeigt. (Vergr. zweimal.) S. 163.

Die Photographien zu Fig. 6, 9, 10 und 11 verdanke ich der Mühewaltung von Herrn Landesgeologen Dr. F. W. PFAFF.

### Tafel IV.

**Fig. 1.** Längsschnitt durch eine Kegelaxenreihe des Exemplars von Krzeszovice (vgl. Taf. III Fig. 1); hier sind an den oberen stärkeren Thoneinschaltungen noch kleine Kalkfasergängchen zu erkennen, welche jene öfters überschneiden; die Lage des Schnitts ist in Taf. II Fig. 2 und Taf. III Fig. 1 deutlich; die Zeichnung ist in nahezu nat. Grösse. S. 193.



- Fig. 2 und 3** zeigt in Vergrößerung das Verhalten der grünen und braunen Lager innerhalb der Thoneinschaltungen; die braunen Eisenoxyhydrathaltigen Lagen entsprechen Perioden eindringenden, mit O geschwängerten Wassers; Sauerstoff im Bodenschlamm wäre bei der Krystallisation des Thones mit der auch Eisencarbonat-haltigen Lösung vor der Carbonatausscheidung zu einem Ockerniederschlag verbraucht worden S. 216; chemisch könnte darnach die Thonaustreibung nur auf die nach aussen folgende Krystallisationsschale bezogen werden, was aber die ausschliessliche Lagerung des Thones nach den Treppenabsätzen nicht erklären kann. S. 179, 214—216, 223.
- Fig. 4.** Ausschnitt von der oberen Grenze der Dutenmergelschicht von Krzeszowice; zeigt neben den Dislokationen noch das knieförmige Abbiegen der diagonalen Thonlager an der horizontalen Bänderung; weiter zeigt sich die Einsenkung des Kalkspathgängchens an den anstossenden Winkelscheiteln der Thonschichtlagen. S. 191.
- Fig. 5 und 6.** Photographie eines Dünnschliffs und bzw. eines Theiles davon durch das Exemplar von Frickenhausen in  $2\frac{1}{4}$  bzw. 8facher Vergrößerung; bei Fig. 5 ist unten noch die Kernlage und die sehr gering entwickelte umgekehrte Dutenlage zu sehen; der Schliff reicht ferner über die Stelle hinaus, wo von den Seiten her die Kegelaxen mit einheitlich orientirter Krystallmasse ausgefüllt wird; über dieser Kegelaxenerfüllung ragen bei dem Handstück die „Nagelköpfe“ mit pyramidalem Aufbau über die Schichtoberfläche hervor. (Kgl. Naturaliencab. Stuttgart.) S. 206—210.
- Fig. 7 und 8.** Conellen in Copien nach QUENSTEDT, Ammoniten des schwäbischen Jura S. 232 Taf. 29 Fig. 3. S. 258.
- Fig. 9 und 10.** Dünnschliffe durch das in Taf. II Fig. 1 dargestellte von Styloolithen durchzogene oolithische Gestein aus dem Trochitenkalk der Rheinpfalz in bzw. 7 und 15facher Vergrößerung; man erkennt deutlich das glatte Durchschneiden von Oolithkörnern und Muschelschalen ohne alle Spuren von Druckzertrümmerung, dagegen unter völliger Ausmerzung der von Styloolithenkörpern durchfahrenen Schalengebilde; es zeigt sich auch nirgends etwas von reinen Verdrängungen oder Zusammendrängungen der von den Styloolithenköpfen liegenden Massen. S. 158.

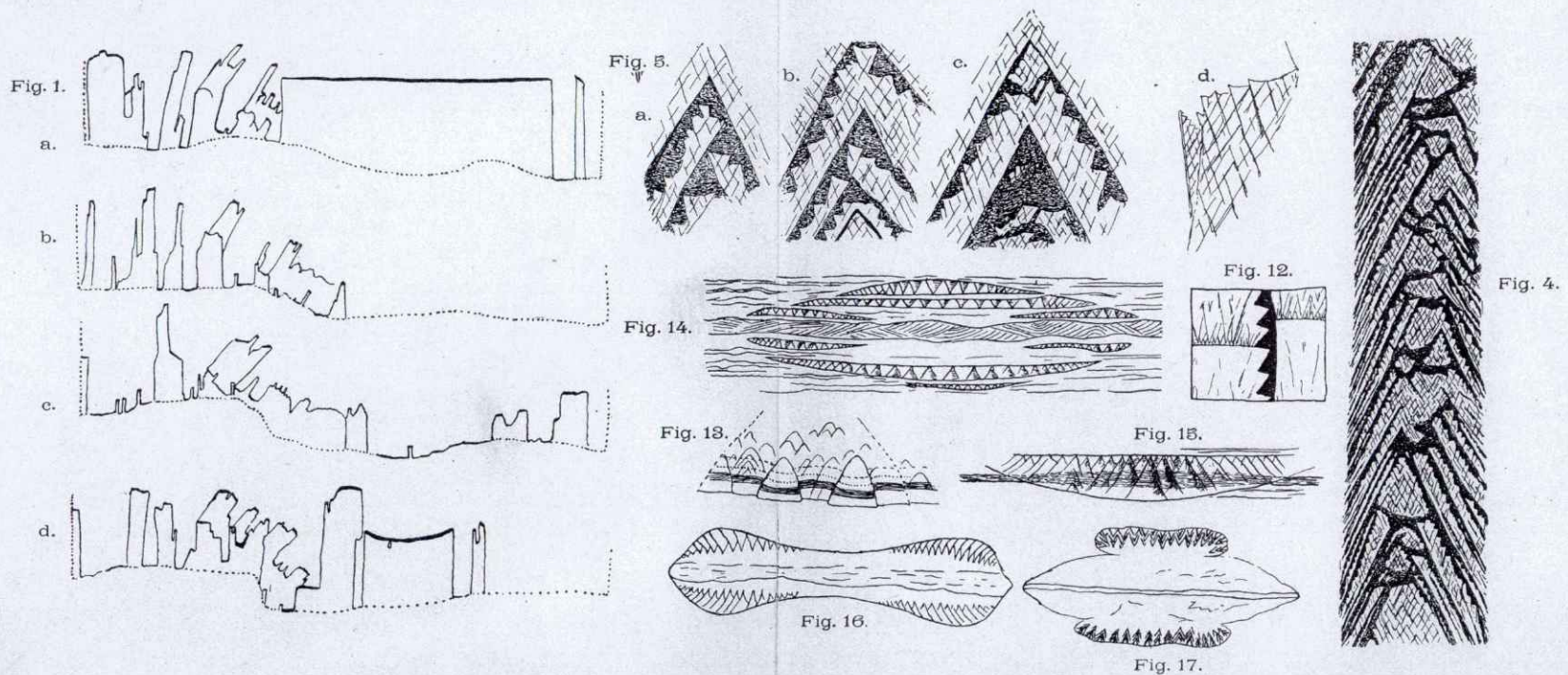
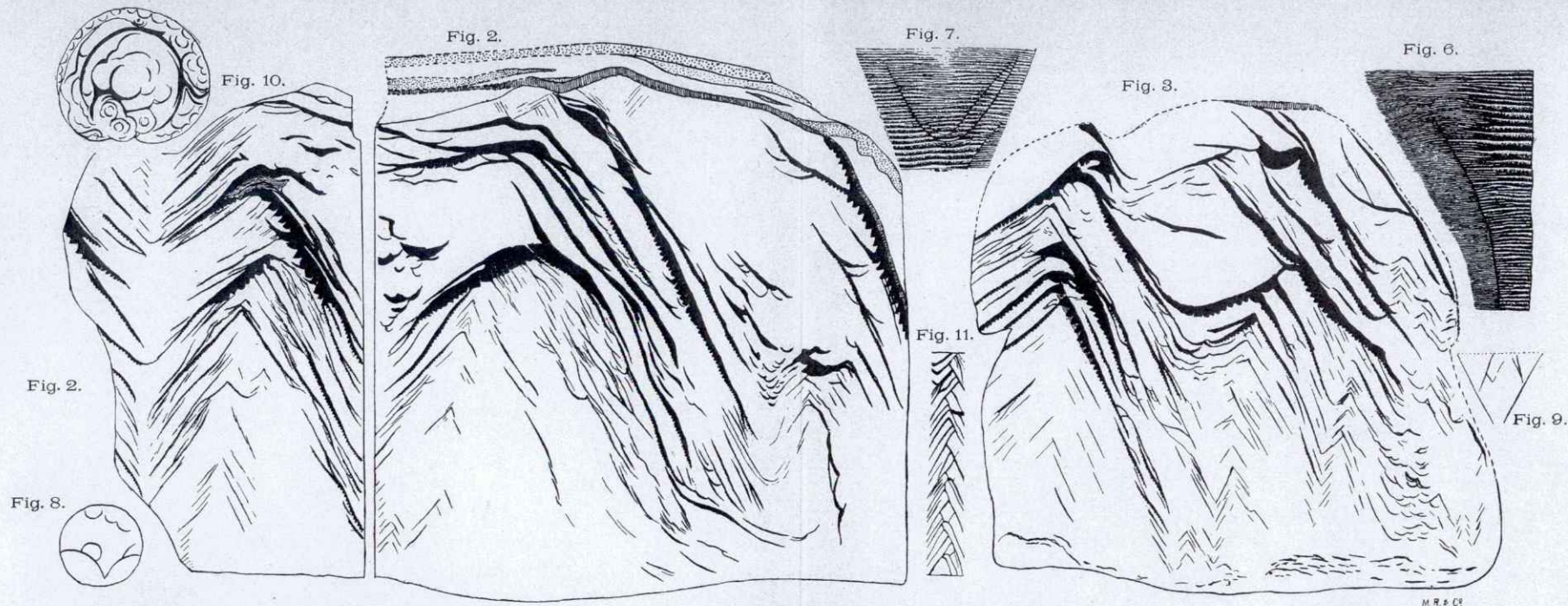
### Tafel V.

- Fig. 1a—b.** An der vertikalen Linie rechts (bzw. links) zusammengehörige Theile eines Bruchflächen-Anschliffs quer durch einen grossen Kalkknollen aus den oberen Cuseler Schichten bei Rockenhausen; die untere Hälfte des unten weniger gewölbten Knollens ist nicht gezeichnet; auch konnte das sehr feine Detail in der Lamellirung in den dendritischen Stämmchen nicht wiedergegeben werden; die centrale Partie zeigt nachträglich mit Kalkspath erfüllte Höhlungen. Die Ueberbrückungen der dunkeln, mit Sediment ausgefüllten Zwischenräume zwischen den Stämmchen sind auf der nicht dargestellten entgegengesetzten Anschlifffläche viel zahlreicher und auch schwächer. S. 264.
- Fig. 2.** Durchschnitt durch das Vorkommen aus den oberen Cuseler Schichten vom Kreuzhof bei Reichsthal; die Zwischenfüllmasse ist feinsandig. S. 260.
- Fig. 3.** Vertikaldurchschnitt durch ein Kalkvorkommen in den Cuseler Schichten von Teschenmoschel; tieferer Horizont als der von 1 und 2.
- Fig. 4.** Vertikaldurchschnitt durch eine oolithische Estherien-Kalkbank aus den oberen Cuseler Schichten NO. von Heimkirchen, tieferer Horizont als der von 1 und 2. S. 261—262.
- Fig. 5.** Horizontaldurchschnitt durch einen Kalk von Altenkirchen, Hauptkalklager der unteren Cuseler Schichten. S. 264.
- Fig. 6.** Seitenansicht eines spongitenartigen Kalkgewächses von Altenkirchen, Hauptkalklager der unteren Cuseler Schichten. S. 267.

Die Photographien von Fig. 5 und 6 verdanke ich Herrn Dr. F. W. PFAFF. Ausser Fig. 5 mit zweifacher Vergrößerung sind alle Bilder in natürlicher Grösse gezeichnet.









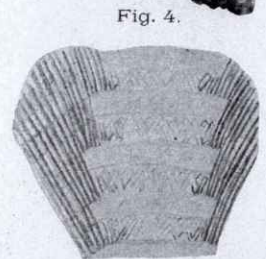
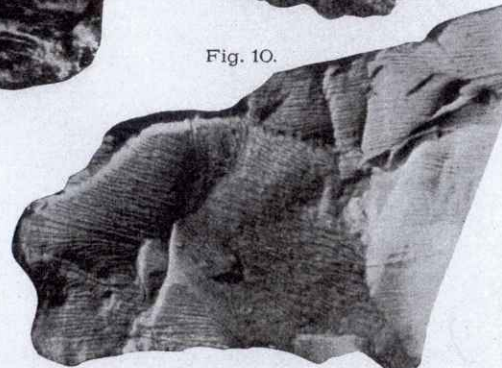
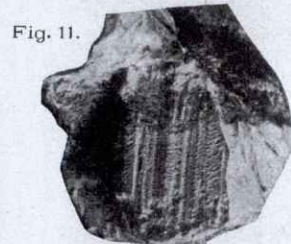
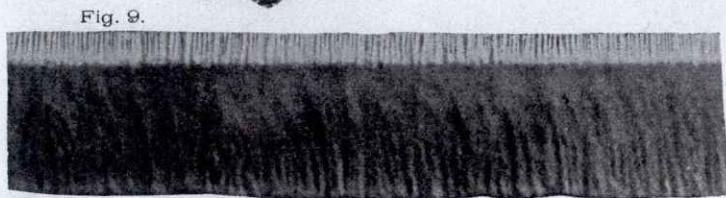
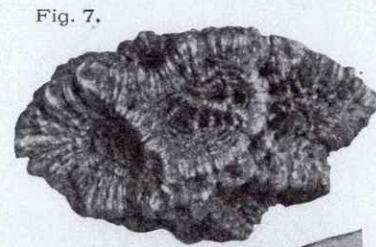
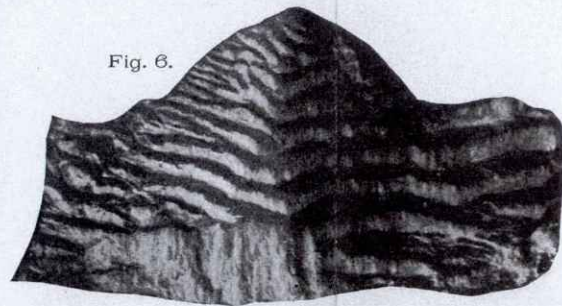
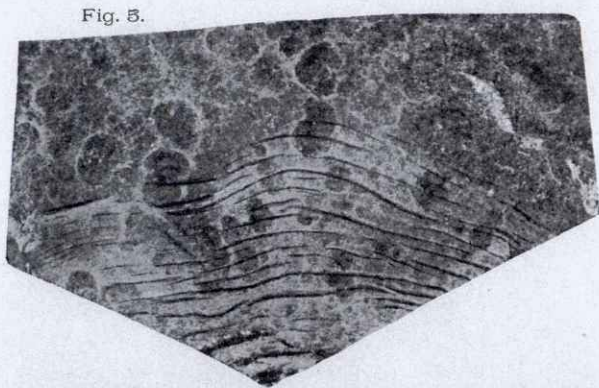
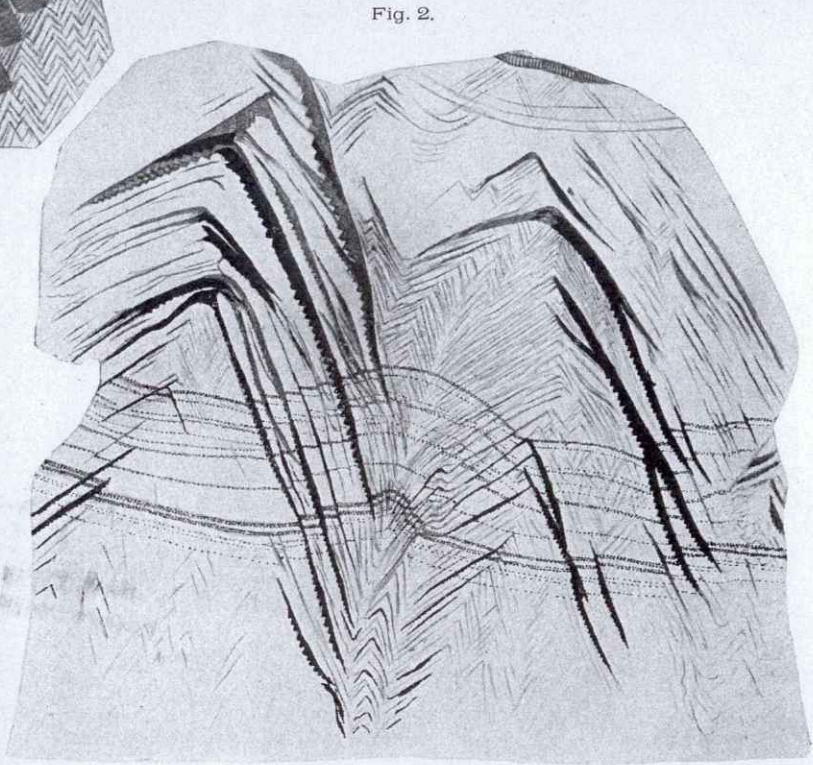
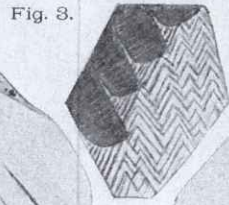
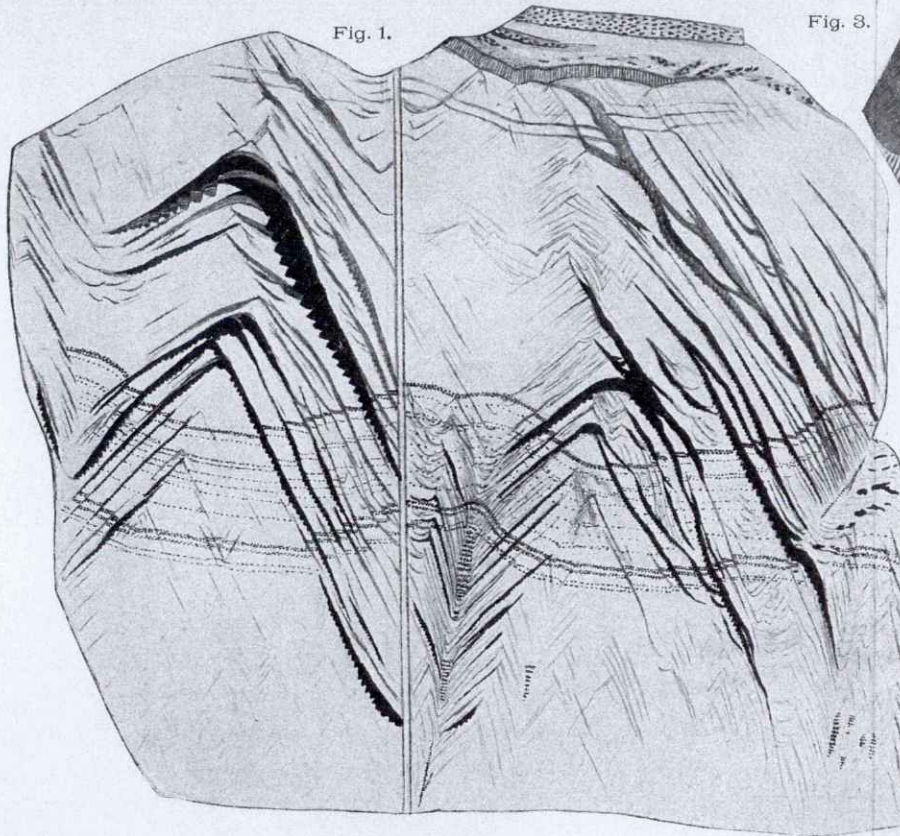




Fig. 1.

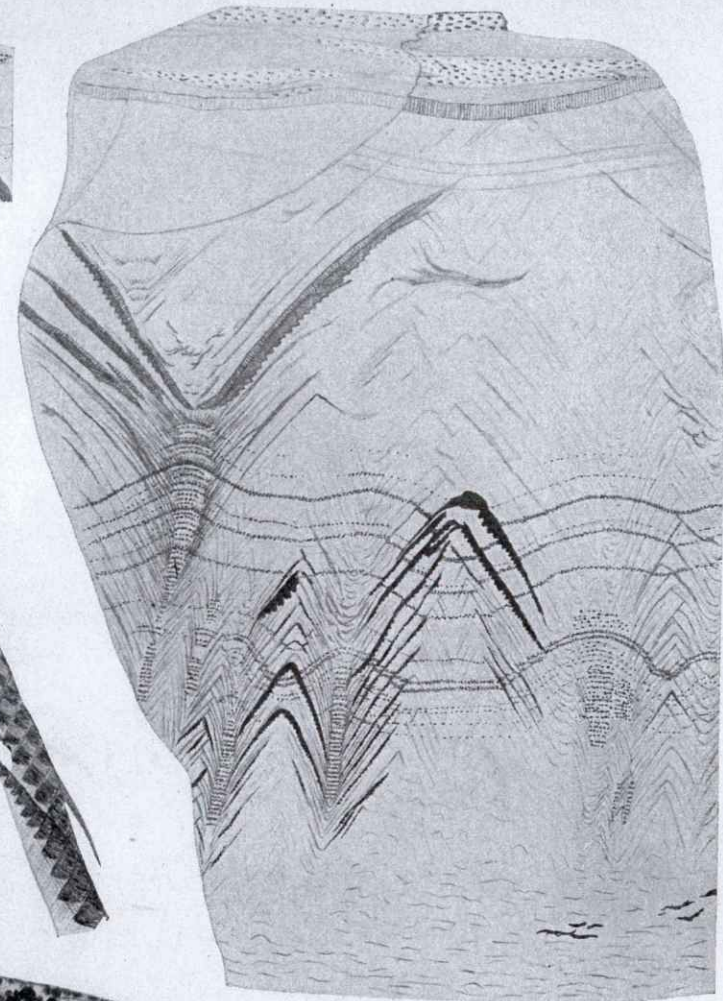


Fig. 4.

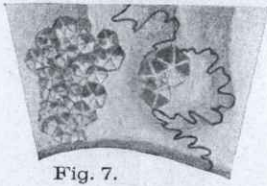
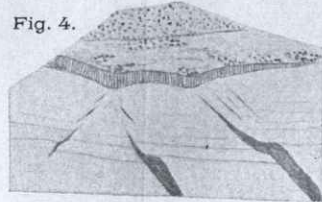


Fig. 7.

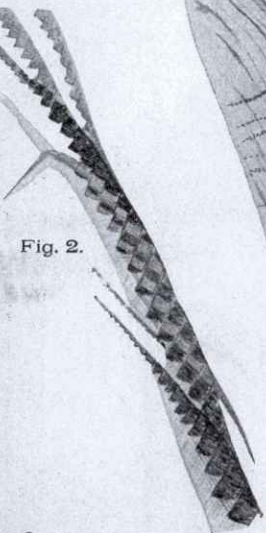


Fig. 2.

Fig. 9.

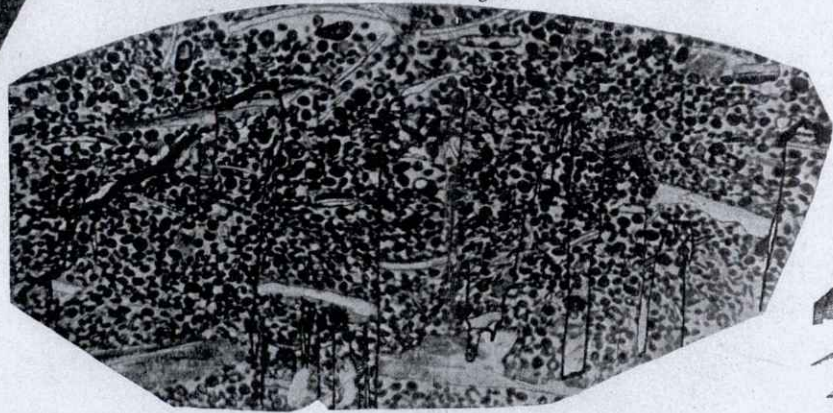


Fig. 8.

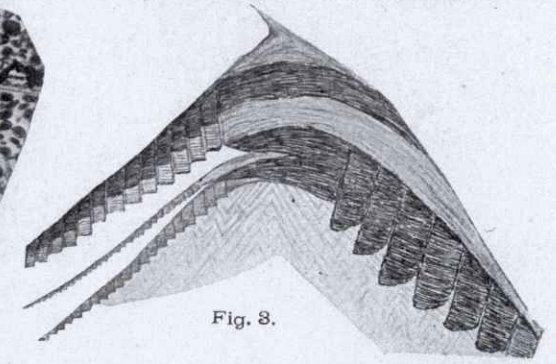


Fig. 10.

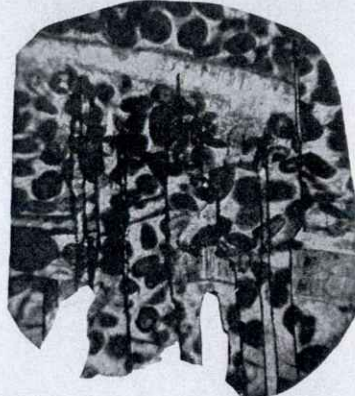


Fig. 8.



Fig. 5.



Fig. 6.

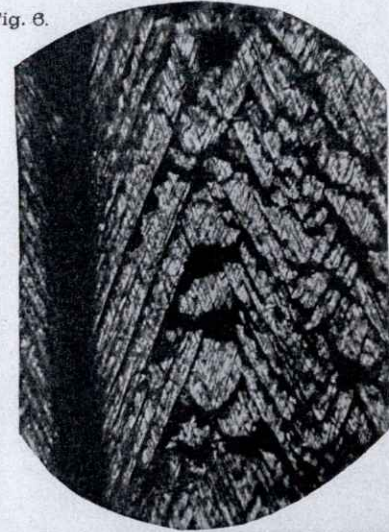




Fig. 1a.

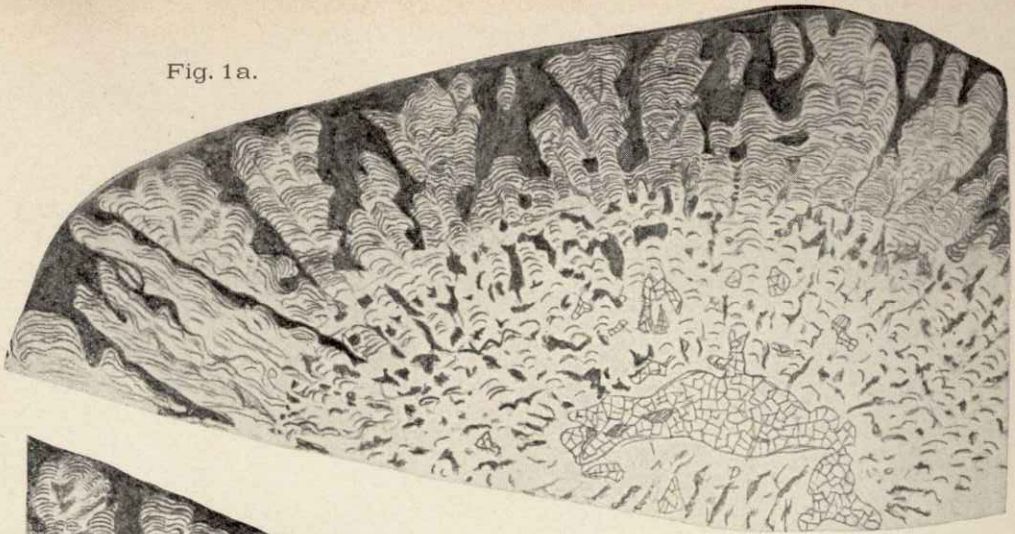


Fig. 1b.

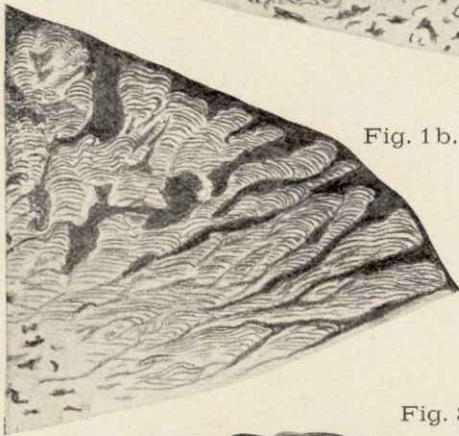


Fig. 2.

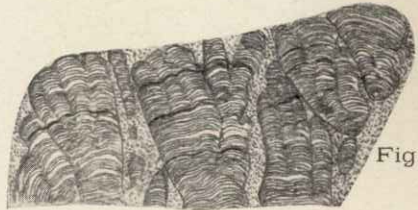


Fig. 3.

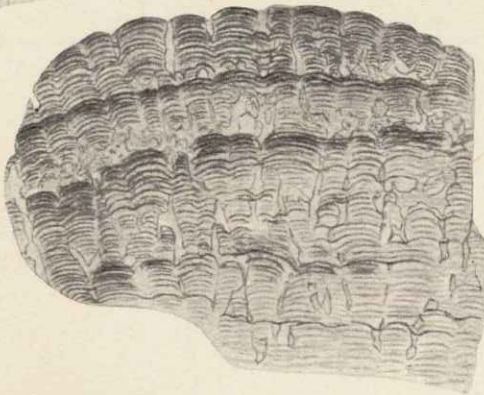


Fig. 5.

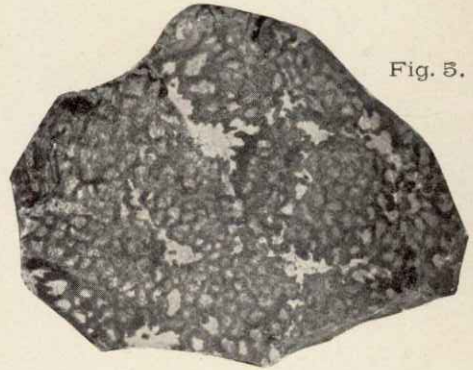


Fig. 4.

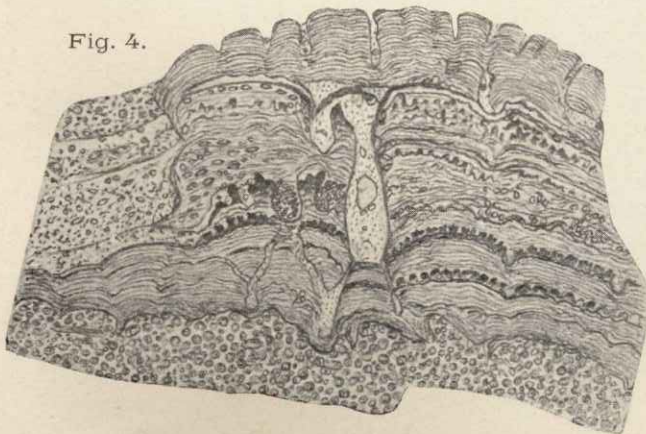
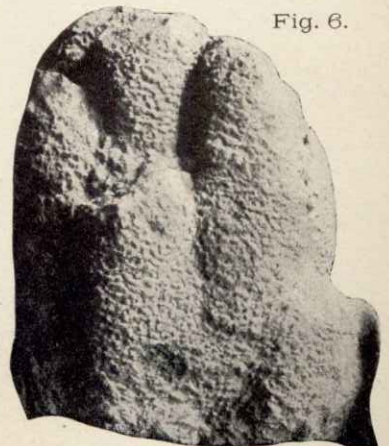


Fig. 6.



# Neuere Aufschlüsse im pfälzischen Steinkohlengebirge.

Von

Dr. L. von Ammon.

Zur Zeit wird der Text für die Erläuterungen zu Blatt Zweibrücken (Nr. XIX der Geognostischen Karte des Königreichs Bayern) gedruckt. Ich versuche darin, der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechend, eine ziemlich ausführlich gehaltene Schilderung des carbonischen Systems in der Rheinpfalz zu geben.

Zunächst wird in diesem die Steinkohlenformation behandelnden Abschnitte der Erläuterungen im allgemeinen über die Gesteine, die Gliederung des gesamten Schichtenkomplexes, über die Flora mit Fauna und die Lagerung das Wichtigste vorgebracht werden, dann wird die Ausbildung an den einzelnen Plätzen des Verbreitungsbezirkes der Formation näher besprochen, wobei jeder der vier bestehenden Hauptkohlengruben je ein besonderes, grosses Kapitel gewidmet ist. Ein Anhang soll noch die Aufmerksamkeit auf die Eruptivgesteine des permocarbonischen Systems, soweit die Gesteinsvorkommnisse dem bayerischen Antheil des Blattgebietes angehören, lenken, während zum Schlusse die Frage, wie weit die Steinkohlenbildung vom Saargebiet aus nach Nordosten hin in das pfälzische Gebiet hereinreicht, eine Erörterung findet.

Es mag gestattet sein, aus dem Inhalt dieser Schilderung hier einige Punkte besonders zu erwähnen und zwar hauptsächlich mit Rücksichtnahme auf die durch die neueren bergbaulichen Aufschlüsse gewonnenen Ergebnisse.

Was die Gesteine anlangt, so werden einige echte Thonsteine von St. Ingbert mit Analysen vorgeführt, dann weiters eigentümliche Gesteine, die bisher gleichfalls unter dem Namen Thonstein gingen: durch Aussehen und chemische Zusammensetzung unterscheiden sie sich jedoch von den typischen Thonsteinen. Derartige Gesteine, die auf Nordfeld und in Frankenholz und auch in Mittelbexbach vorkommen und für die ich den Namen Steinthon vorschlagen möchte, zeichnen sich durch ihre dunkle Färbung, ihre fürs Auge feinkörnige Struktur und die dem Kaolin entsprechende Zusammensetzung aus (der mit Flötz 9 in Mittelbexbach auftretende Steinthon enthält<sup>1)</sup> zum Beispiel 45,7%  $\text{SiO}_2$ , 2,3  $\text{TiO}_2$ , 33,9  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 16,9  $\text{H}_2\text{O}$  und Kohle, der Nordfelder Steinthon 47  $\text{SiO}_2$ , 36  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1  $\text{TiO}_2$  und 14  $\text{H}_2\text{O}$ ); unter dem Mikroskop sieht man ein Haufwerk von zertrümmerten

<sup>1)</sup> Genauere Daten geben die Analysen SCHWAGERS auf S. 43 und 71 der Erläuterungen.



Sphärolithen, zwischen denen sich eine sehr schwach doppelbrechende Substanz von gleicher chemischer Beschaffenheit (wasserhaltiges Thonerdesilikat) ausbreitet; charakteristische Dünnschliffbilder (Fig. 3 und 4 auf S. 42 und 44 der Erläuterungen) illustriren weiterhin die Eigenschaften des merkwürdigen Gesteins. Auf Klüften des Frankenholzer Steinthons findet sich Pyrophyllit in Anflügen vor.

Spuren von Bitumen (Petroleum) wurden im untersten Tiefbau von Frankenholz und im Bohrloch am Steinernen Mann bei Grube Mittelbexbach nachgewiesen. An bräunlichgrauen carbonathaltenden Sandsteinen aus der Teufe von 445 m, aber auch noch bei etwas höher und tiefer gelagerten Schichten, von denen Kernstücke dem eben erwähnten Bohrloch entnommen worden sind, nahm man deutlich einen Erdölgeruch wahr.

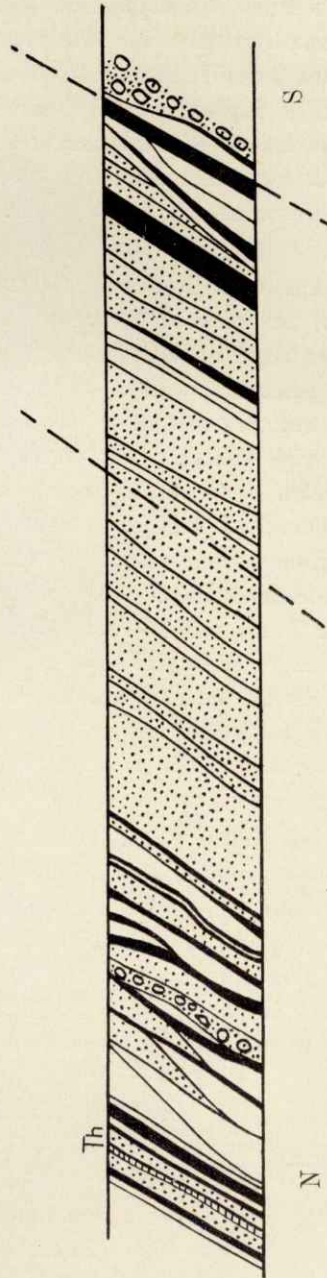
Hinsichtlich der Fauna ist der Fund einer schönen, grossen Insektenform aus der Gruppe der Ur-Heuschrecken oder Protolocustiden hervorzuheben. Figur 8 in der zu erscheinenden Publikation bringt das Fossil, einen 60 mm langen und 17 mm breiten Flügel, zur Anschauung. Es hat die Bezeichnung *Oedischia Ingbertensis* nov. sp. erhalten und stammt aus dem Hangenden von Flötz 10 (Haupt- oder nördliche Abtheilung) von St. Ingbert.

Bei den Pflanzeneinschlüssen gibt ein verkieseltes Holz Veranlassung zu näherer Betrachtung. Das Stück wurde aus dem Rothhellschacht herausgeschafft und zwar aus der Teufe von 281 m. Die hier und etwas tiefer einsetzenden Lagen haben in der Tiefenregion von 281—300 m Pflanzenreste geliefert, die nach den Bestimmungen des besten Kenners der Flora des Saargebietes, Herrn Professors PORONIE, auf die Ottweiler oder auch Ueberkohlschichten hinweisen. Es sind aus jenen Lagen gegen neun Arten bekannt, worunter die *Subsigillaria Brardi* wohl am meisten ins Gewicht fallen dürfte. Der geäusserten Ansicht über das Alter der Schichten soll hier durchaus nicht entgegengetreten werden. Was nun das Kieselholz anbelangt, so gäbe wohl dasselbe, für sich allein betrachtet, keine besondere Veranlassung, es nicht auch für ein carbonisches Fossil aus den Saarbrücker Schichten zu nehmen. Denn in diesen kommen doch Cordaitesreste (Blätter) vor, sonach kann auch ein Fund vom Holz der Gattung nichts Befremdendes haben. Zu *Cordaioxylon* scheint mir nämlich das Stück zu gehören. Wohl sind Hölzer vom Araucaritentypus in verkieseltem Zustand in der Ottweiler Stufe und höher besonders häufig, warum sollten aber die Bedingungen für das Zustandekommen dieses Fossilisationsprocesses nicht schon früher ab und zu sich ereignet haben? In Schlesien kennt man ohnedem Kieselhölzer aus den Vertretern der Mittleren Saarbrücker Schichten. Einige anatomische Einzelheiten des Holzes aus dem Rothhellschacht versucht ein Dünnschliffbild (255fache Vergrösserung) auf S. 65 der bevorstehenden Veröffentlichung vorzuführen.

Bleiben wir gleich bei den Verhältnissen von St. Ingbert stehen! Hier fesselt zunächst unsere Aufmerksamkeit der neue an der Rothhell im Rischbachtälchen angelegte Schacht mit seinem Versuchsquerschlag. Im benachbarten Bohrloch wurden seiner Zeit in der Teufe von 308—350 m eine, wie es schien, regelmässig gelagerte Partie von Kohlenflötzen angetroffen. Der Lagerung nach müssen diese flötzhaltigen Schichten — wenn man nicht besondere Störungen voraussetzen und zu Ueberschiebungen seine Zuflucht nehmen will — älter sein als die bis jetzt dem stratigraphischen Niveau nach für den tiefsten kohlenführenden Komplex angesehene Rothhellgruppe: man darf daher der neuen flötzhaltigen Abtheilung, die das Liegende der Rothhellschichten bildet, einen besonderen Namen



ertheilen, wofür sich die Bezeichnung Rischbachgruppe empfehlen dürfte. Im nebenan getriebenen Schacht erwies sich nun die Kohlenregion des Bohrlochs ganz verkümmert und vom Sprunggebirge durchzogen. Die Schichten besitzen ein im Allgemeinen nördliches Einfallen; der Rothhellschacht liegt südlich vom Bohrloch. Um daher die Flötze bei regelmässiger Lagerung anzufahren, ging man vom Schacht aus in der Tiefe von 450 m querschlägig nach Norden vor. In der Entfernung von 142 m vom Schacht aus ist bauwürdige Kohle gefunden worden: es legte sich ein 2,05 m mächtiges Flötz ein, dem bald ein zweites von 1,9 m Dicke folgte. Die soeben geschilderten Verhältnisse erläutert ein durch Rothhellschacht, Bohrloch und Querschlag gezeichnetes Profil, das eine Textfigur in der in Aussicht stehenden Publikation bilden wird. Die flötzführende Region des Querschlags bringt die hier nebenan stehende Figur zur Anschauung; sie ist nach einer Aufnahme copirt, welche Herr Bergmeister RUDOLPH von St. Ingbert einzuschicken die Güte hatte. Rechts, vom Beschauer aus, am Bilde befinden sich die oben besprochenen zwei Kohlenflötze; die beiden als unterbrochene Linien gezeichneten Streifen schliessen die Region ein, in welcher für den Querschlag, nach dem Fallwinkel projicirt, die im Bohrloch gefundene Flötzpartie sich hätte zeigen sollen, statt dessen durchfuhr man (abgesehen von einem dünnen Flötzchen bei 170 m vom Füllort ab) Sandstein, der auf eine Länge von 70 m anhielt bis wiederum eine Kohlenregion sich zeigte, die Flötze erweisen sich dabei öfters verdrückt und nach der Sohle etwas stärker ausgebildet in ihrer Mächtigkeit. So lässt sich die Lagerung noch nicht als eine ganz regelmässige bezeichnen und erst gegen den zur Zeit vor Ort gelegenen Theil des Versuchsquerschlags, der gegenwärtig eine Länge von 297 m besitzt, macht sich eine ruhigere Anordnung der Schichten bemerkbar. Kohlenstreifen sind weiters bei 240 m (0,15 m mächtig) und bei 286 m (0,35 m) der Entfernung vom Schacht aus angeschnitten worden, ein bei 280 m angefahrenes Flötz von 0,6 m Mächtigkeit darf als bauwürdig angesehen werden; in der Nähe des Flötzchens von 0,35 m Dicke (286 m vom Schacht entfernt) lagert ein dünnes Thoneisensteinbänckchen (Th der beistehenden Figur), seine Masse besteht nach SCHWAGERS Analyse aus 50,26%  $\text{FeCO}_3$ , 6,38  $\text{MnCO}_3$ , 1,40  $\text{CaCO}_3$ , 2,90  $\text{MgCO}_3$  und 38,64 Thon). Die Begleit-schichten der Kohlenflötzen sind reich an Pflanzeneinschlüssen; auch der Thoneisenstein birgt zahlreiche gut erhaltene Reste: ich fand darin *Sphenophyllum*



Kohlenregion im Versuchsquerschlag des Rothhellschachtes (450 m Tiefe).  
Das Profil (1 : 1000) beginnt (rechts im Bilde) bei 242 m Entfernung vom Schacht. (Punktirt: Sandstein, weiss: Schieferthon, schwarz: Kohle.)



*verticillatum* SCHLOTH. (= *emarginatum* BRONGN.) und eine der *Palmatopteris spinosa* GOEPP sp. vergleichbare Form auf. Aus den Schieferthonlagen<sup>1)</sup> liegt mir vor: *Alethopteris lonchitica* SCHLOTH. sp., *Alethopteris Serli* BRONGN. sp. (= *Pecopt. Serli* var. *irregularis* ROEHL) und *Neuropteris gigantea* SCHLOTH. Weiters vermochte ich das wichtige *Sphenophyllum myriophyllum* CRÉPIN (die alte *Volkmania gracilis* STERNBERG) zu erkennen, ein typisches Stück davon habe ich Schieferthonlagen aus der Nähe jenes Thoneisensteinbänkchens entnommen. Das Auftreten der genannten Art im St. Ingberter Gebiet hat POTONIÉ zuerst erkannt, welcher das *Sph. myriophyllum* im alten Haldenmaterial der Rothheller Flötzpartie auffand. Nach diesen palaeontologischen Befunden ist es ausser Zweifel gestellt, dass die Kohlenregion des Querschlags zu den Unteren Saarbrücker Schichten, d. h. zur Fettkohlenpartie, gehört.

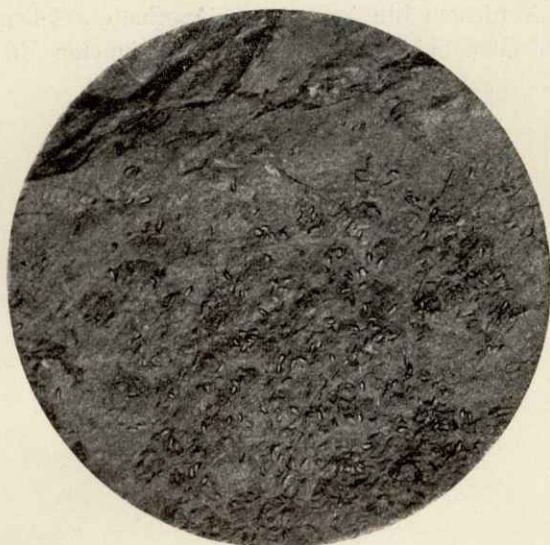
Aus dem Revier der Grube Mittelbexbach (Obere Abtheilung der Fettkohlen) sei hier nur mitgetheilt, dass das Flötz 3 der Abtheilung Weiherwald streckenweise eine eigenartige Ausbildung besitzt. Es besteht dann aus einer 1,2 m mächtigen Unter- und einer 0,2 m haltenden Oberbank, welche beide Lagen durch ein 20 cm dickes weiches Schiefermittel getrennt sind. Während die obere Kohle sich vielfach gebrochen, verschoben und in Falten gelegt zeigt, hat die im Liegenden befindliche keine erhebliche Verschiebung erlitten: das nachgiebige Zwischenmittel hat die Stösse, durch welche die Oberbank zertrümmert wurde, ausgeglichen und so die Unterbank unversehrt erhalten. — Die neue Bohrung am Steinernen Mann nächst der Grube Mittelbexbach ist 924 m tief niedergegangen. In der Teufe von 290 und 300 m wurden zwei anscheinend bauwürdige Kohlenflöze angetroffen, im Uebrigen fanden sich keine weiteren kohligten Einlagerungen vor. Es ist meist gestörtes Gebirge durchstossen worden. Die Schichten der tieferen Regionen des Bohrlochs sind nach ihrer petrographischen Beschaffenheit (Arkosensandsteine, in nicht zu geringer Zahl auftretende kalkige Bänke und bunte sandige Schieferthone) der Unteren Ottweiler Stufe einzureihen.

Die Grube Frankenholz baut bekanntlich auf einer flachen, nach Norden sich einsenkenden Satteltuppe der hangenden Flammkohlenpartie. Vom Südflügel sind nicht besonders ausgedehnte Theile erhalten, das Uebrige davon hat ein grosser Sprung abgeschnitten. Es ist noch viel unverritztes Feld vorhanden. Aus Flötz 2 und 12 konnte eine Anzahl Pflanzenreste bestimmt werden. Einen klaren Einblick in die Schichtenfolge gab das Profil vom Schacht III. Bis 150 m Tiefe hinab reichen die Mittleren Ottweiler Schichten, das Holzer Conglomerat ist 10 m stark, bei 445 m beginnt das produktive Carbon. Durch dieses Profil konnte auch die Mächtigkeit der Unteren Ottweiler Schichten genauer ermittelt werden. Diese beträgt, wenn man die sog. Oberen Saarbrücker Schichten bis zum Holzer Conglomerat dazu nimmt, im Ganzen 275 m. Die Kalkbänke aus der oberen Abtheilung der Unteren Ottweiler Stufe sind zum Theil erfüllt mit organischen Resten. Bei ca. 162 m Teufe beispielsweise tritt ein Estherienkalk (46%  $\text{CaCO}_3$ , 24  $\text{MgCO}_3$ , 9  $\text{FeCO}_3$ , 3  $\text{MnCO}_3$ , 15  $\text{SiO}_2$ , 2  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{Na}_2\text{O}$ ) auf, der äusserst zahlreich Schälchen von *Estheria limbata* GOLDENBERG einschliesst.

Was die Grube Consolidirtes Nordfeld bei Waldmohr betrifft, so haben wir ein Bergwerk vor uns, das in grosser Tiefe baut. Die Baue der Gruben des

<sup>1)</sup> Eine grössere Zahl von Pflanzen ist inzwischen vom kgl. Bergamt St. Ingbert eingesammelt worden, für dieses Material hat Herr Professor Dr. POTONIÉ gütigst die Bestimmung übernommen.

Saargebietes bewegen sich meist in den Teufen von 300—500 m. Auf Nordfeld befindet sich die Wettersohle des Fortunaschachtes 616 m unter der Hängebank, d. h. unter seiner Oeffnung, und die Fördersohle im Wilhelminenschacht liegt 846 m unter der Oberfläche. Die Nordfelder Flötze bilden die Fortsetzung des Frankenholzer Sattels nach Nordosten. Gemäss der Ausbildung der oberen Flammkohlschichten auf den preussischen Gruben Reden und Itzenplitz erwartet man, dass im regelmässig gelagerten Feldestheil unter den jetzt bekannten Flötzen noch weitere ansehnliche Flötze folgen werden. Eine mit 50—70° nach Nordwesten



Schieferthon der Unteren Ottweiler Schichten aus 810 m Teufe, Tiefbohrung am Potzberg. Etwas verkleinert. (Die kleinen bohnenförmigen Körperchen gehören der *Candona elongata*, die breiteren, rundlichen, weniger deutlichen Abdrücke der *Estheria tenella* an. Die concentrische Streifung der Estherienschälchen ist im photographischen Bilde verwischt).

einfallende Verwerfung, der Nordfelder Sprung, scheidet den jetzt in Abbau stehenden Theil des Feldes vom grossen Südfelde des Revieres. In diesem sind an einzelnen Stellen im Sprunggebirge befindliche Flötze gefunden worden, die beweisen, dass im Nordfelder Revier auch Glieder des Südflügels vom Sattel vorhanden sind. Bei der Ausdehnung des Südfeldes ist die Möglichkeit gegeben, dass Theile des Südflügels noch als bauwürdig aufgefunden werden können.

Der in die Erläuterungen zu Blatt Zweibrücken kommenden Beschreibung des Steinkohlensystems wird ein Anhang, wie schon oben bemerkt, beigefügt, dessen erster Abschnitt die Besprechung einiger Eruptivgesteine aus den Ueberkohlschichten enthält. Darin wird unter Anderem eines in der Literatur bis jetzt noch nicht näher erwähnten Vorkommens, das allerdings ausserhalb des auf Blatt Zweibrücken dargestellten Areales liegt, gedacht. Es betrifft dasselbe den Intrusivlagerstock in Odenbacher Schichten der Oberen Cuseler Stufe vom Rossberg bei Becherbach; das schöne Gestein ist ein grobkörniger Olivintholeyt.

Aus dem Inhalt des zweiten Theiles vom Anhang soll hier nur Folgendes hervorgehoben werden. Man weiss jetzt durch eine in den letzten Jahren erfolgte Tiefbohrung am Potzberg, dass in dieser Gegend noch die Stufe der Unteren Ottweiler Schichten mit ihrem Liegenden zur Ausbildung gelangt ist: ich habe Schieferthonstücke mit *Leaia*-Einschlüssen von da aus der Teufe von 769 m und



806 m erhalten; ein Kern (schwärzlicher Schieferthon) aus 810 m Teufe zeigt viele Schälchen von *Estheria tenella* JORD. sp. und von *Candona elongata* GOLDENBERG eingeschlossen (siehe Bild S. 285). Was die Mittleren Saarbrücker Schichten betrifft, so sind sie wenigstens nach ihrem Vorhandensein im geologischen oder stratigraphischen Begriffe nachgewiesen. Es dürfte keinem Zweifel unterliegen, dass diese Schichten den oberflächlich vorhandenen Sandsteinen der Mittleren Ottweiler Stufe in der Tiefe folgen. Ebenderselbe Sandstein taucht erst bei Wolfstein am Lauterthale ganz unter jüngere Schichten hinab. Damit ist die Grenze des Gebietes nach Nordosten hin bezeichnet, innerhalb welchem eine Aufsuchung der tieferen carbonischen Schichten unter sonst geeigneten Umständen überhaupt noch möglich ist.

