

# 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. Jahreshaft 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 Bohrkerne 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 Bergrheinfeld, 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 Oolithkörnerchen, 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 Gegenstylolithen ganz vergeblich nach der entsprechenden II. Hälfte; die Oolithkörnerchen 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 Stylolithen verursachen sollen. Wenn aber die Oolithkörner allgemein durchschnitten wurden, so ist dies eben ein Beweis, dass das Zwischenmittel 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 Stylolithenraum, dagegen nur, wenn der Stylolith schmal genug oder das Fragment dick und lang genug ist, jenseits dieses Raumes in vollster Deutlichkeit in dem gleichgerichteten nächsten Stylolithen (also im Nachbarstylolithen, nicht im Gegenstylolithen); die einzigen Fragmente, deren Fortsetzung man im Gegenstylolithen zu erkennen vermeint, das sind die Fortsetzungen der unmittelbar unter der Thonkappe liegenden Theile und zwar beim Gegenstylolithen ebenfalls unmittelbar unter der Thonkappe; das ist meiner Theorie gemäss.

Als ein weiterer Beweis einer gewissen Plasticität der Masse bei der Stylolithenbildung wurde mir das Vorkommen von an ihrem Kopf abgebogenen und auch zurückgekrümmten Stylolithen 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 Stylolithen 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 Stylolithen herabhängenden Tochterstylolithen, so wird man zugeben müssen, dass eine combinirte Zusammenwachsung verschieden alter und verschieden gerichteter Stylolithen leicht die Erscheinung einheitlich zurückgekrümmter, im Innern aber höchst complicirter Stylolithen hervorbringen müssen; wie solche Combinationen auftreten können, das zeigen die in Taf. II Fig. 1 (a—d) dargestellten Paralleldurchschnitte durch einen Stylolithenzug 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 Styrolithen; die mittlere Partie zeigt aber zwei übereinander geordnete, schief stehende Styrolithengruppen, von denen rechts die äussersten Styrolithen 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 Styrolithen rechts davon abbiegt, zu Stande kommt, das zeigen die folgenden Durchschnitte.

b) Schnitt in einer ca. 3 mm entfernten Parallelebene; von dem breiten Styrolithen ist nur noch ein kleiner vorstehender Zacken übrig; die zwei übereinander stehenden und schief gerichteten Gruppen ziehen so in der Umgebung <sup>des</sup> ~~des~~ <sup>Lupe</sup> dessen Ausdehnung ihren Verlauf ja vorher beschnitten hat, ungehindert fort; der Styrolithensprung wird aber nach rechts immer schwächer und verschwindet für die Lupenansicht; zugleich sieht man, wie die vertikalen Styrolithen in die diagonalen eingreifen; am schönsten ist dies an dem nachweisbar geknickten Styrolithen des Zuges I zu sehen und als die Ursache des „Knick“ leicht erkennbar.

c) und d) zeigen den weiteren Verlauf des Styrolithenzuges in zwei 4 mm und darauf 10 mm entfernten Parallelschnittflächen desselben durchsägten Trochitenkalk-Handstücks. Man sieht, wie inmitten normal senkrecht stehender Styrolithen ganz complicirte Gebilde auftreten können mit einseitig abgebogenen und abgeknickten 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 Styrolithen einer höheren Zone könnten auch complicirte Styrolithen mit zurückgewandtem Kopf hervorgehen, deren Verständnis erst durch einen Anschliff des Styrolithenkörpers selbst oder vielmehr seiner ganzen Umgebung gegeben sein kann, was bis jetzt noch nicht geschehen ist.

Dass das Zusammenwachsen von Styrolithen nahe übereinander liegender, normal laufender Bänder zu einheitlichen Vertikalstyrolithen eine häufige Erscheinung ist, davon konnte ich mich an den styrolithenreichen 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 „Styrolithen aus unterem Muschelkalk von Weissenbach an der Enns“.<sup>1)</sup> Er erwähnt hier styrolithenartige 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 Styrolithen 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 Styrolithen charakteristische Art der treppenförmigen Absätze geschieht, wie das sehr häufig bei typischen Styrolithen ist. Es sind das also Gebilde, die ich auch zwischen typischen Styrolithenbändern<sup>2)</sup> und auch im Verlauf solcher (besonders gegen das Ende zu) beobachtete

<sup>1)</sup> Den Beweis eines weiteren alpinen Vorkommens von Styrolithen liefert ein Grabstein aus rothem Liaskalk auf dem nördlichen Friedhof in München.

<sup>2)</sup> Ich behalte trotz BITTNER'S 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 Ansehen 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 <sup>aller</sup> (hierher gehörigen) 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 Raubigkeiten, 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 feingeschiefterte 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 Styloolithen von 18—20 mm mit der zugehörigen, hier thatsächlich vorhandenen und alternierend zur Styloolithenkappe liegenden Schaltlage 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 styloolithenartigen Verzahnungsrauigkeiten haben, so erhält man schon eine Schaltlage 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 Schaltbänderungen mögen aber noch viel feiner sein, da es bei dem weiteren Wachstum 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 Capillargängchen 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 Wachstum 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 folgernden 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 Styloolithen aufweisen.

Für die l. c. Taf. V Fig. 6 abgebildeten Querschnitte durch Styloolithen-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 Styololithenbänder 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 Styololithenbänder hinaus als selbständige Thonschicht 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 Styololithenbänder schwächer werden, mit ihnen auskeilen und nie selbständig über sie hinausragen, dass also Thonkappen und Styololithenkörper 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 Styololithen betrifft; ich meinte hiermit natürlich keinen bedeutenden, aber einen doch immerhin zeitweise nicht völlig geschlossenen Auslaugungsraum. Horizontalzersprengungen können zwischen zwei Vertikaldruckflächen, 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 kohlenensäurehaltige Wasser, deren erhöhter Kohlenensäuregehalt vielleicht lediglich auf den Druck der darüberliegenden Wassersäule zurückzuführen ist und dessen Auflösungsfähigkeit für Carbonatgesteine sich mit dem Druck sehr rasch steigert;<sup>1)</sup> die flach liegenden, alternirenden Auslaugungsräume, 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 Auflösungsräume natürlich grösser, das Maass der Auflösung kann aber nicht überall gleich sein, die sinkende Hangendschicht 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 Uebergewicht auf der einen Seite werden aber hierdurch auch Zerrungen auf der entgegengesetzten Seite, den auskeilenden Enden der Horizontalzersprengungen, entstehen und das im Sinne einer weiterschreitenden Entfernung der übereinanderliegenden Gesteinskörper; ich habe so die feste Ueberzeugung, dass die Styololithenspalten nach diesen Seitenenden sich fortwährend weiter erzeugen, hier wieder Gesteinsverminderungen auftreten, so dass an den Hauptwachstumsstellen die Styololithen 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 Kohlenensäure mit hoher Spannung von unten her kommt, an dem Druck einer darüber liegenden Wassersäule oder an dem Widerstand mangelhafter Gebirgscommunikationen 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 Thatsachen 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 Lösungsvorgänge 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 Styloolithenbildung; die Auflösung dringt, entsprechend den Styloolithenköpfen, seitlich peripher immer durch diese begrenzt, in der Richtung der Styloolithenaxen 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 Styloolithenkappe 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 Styloolithenkörpers 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 Styloolithen 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 Styloolithen wohl als die Geleise der Bewegung und hierdurch geglättet, aber nicht durch diese verursacht; die wirkliche Ursache ist die den Auszackungen der ersten Ueberschneidungs-Zersprengung stets entsprechend begrenzte Horizontalfläche der Auflösung des Gegengesteins des Styloolithenkörpers 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 Styloolithenkappe; sie gehört in der That nicht mehr dem Styloolithenkörper, sondern seiner Gegenseite, dem Gesteinsdach der Thonkappe an.

Es müssen beim Wachsthum der Styloolithen vor allem die dem Styloolithenkopf 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 Styloolithen 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 Styloolithenkörper, 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 Styloolithenkörpers schon eine gewisse Felderungsverschiedenheit erleiden, ist die schiefe Abdachungsfläche selbst durch die vor- und einspringenden Pfeilerunregelmässigkeiten des Styloolithenkörpers 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 formgebende 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 Styloolithenkörpers und seiner Thonkappe.

Was nun nach dem Vorhergehenden bei Styloolithen noch der genaueren Erklärung harret, das ist die Frage nach dem inneren Bau zurückgekrümmter Styloolithen, worauf ich etwaige Besitzer oder Finder solcher Vorkommen ausdrücklich aufmerksam machen möchte.

Schliesslich sei nochmals auf die Thatsache verwiesen, die ich im Geogn. Jahreshft 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 Styloolithen selbst gerieft seien und dass diese Riefen ununterbrochen in jene der Seitenfläche der Styloolithen 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 Styloolithen im pelomorphen <sup>(Lithomorph)</sup> 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 Styloolithen von anderer Seite mehrfach betont worden, dass sie im Unterschied zu den Auflösungsresiduen der Drucksuturen meist grün gefärbt seien. Die Styloolithenkappen in den fränkischen Bohrkernen sind nun (einschliesslich der aus dem Zechstein etc.) sämmtlich 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 sämmtliche 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 Styrolithenformen 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 Styrolithenkörpers,<sup>1)</sup> wie bei Styrolithen 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 Styrolithenkörper 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 Styrolithenkörper 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 Styrolithensprüngen 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 Styrolithenbildung die auflösende Flüssigkeit in einem Zustande ist, in dem sie neben Kalk auch Kieselsäure zu lösen vermag, was einschliesst, dass dieser Entstehung überhaupt Auflösungsvorgänge 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, Auflösungsvorgänge stattfinden und die Einseitigkeit der Auflösung nur eine relative ist. Der Schutz, den die Thonkappen dem darunterliegenden eigentlichen Styrolithenkörper 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 Aetzzillen 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 Styrolithenzerspaltung die Hornsteinknollen zu rundlich sind und sie daher noch Theile der angrenzenden Gesteinsmasse zu Herstellung eckiger, ja rechteckiger Umriss sowohl nach der Vertikalen als nach der Horizontalen in den Styrolithenkörper hereinzieht (vgl. oben S. 161—162 und l. c. 1901 Taf. V Fig. 6).

<sup>2)</sup> Die dicht oolithischen Trochitenkalle bilden die Aetzzillen nicht, wohl wegen der entstehenden feinen Unebenheiten, welche der einfachen und geregelten Fortbewegung der Gasbläschen

auch durch die bei dem Weiterwachstum 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 Schlammportionen 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 concretions, 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 Styrolithenbildung 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 „Stalakiten“ 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 Wetterausischen 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 Kreisel 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 Kalkspaths heraus, so dass also die Richtung der Faser der Hauptaxe des Kalkspaths 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 Aggregationscentrums 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 Kegelkörper (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. Spezialkarte von Württemberg S. 30 sagt QUENSTEDT bestimmter: „Sie liegen wie Brodläbe 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 Kegelduten<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 Sandsteincomplexen 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 entständen 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 ablagern; 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 bestehenden bleibenden Einzelkamine, 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 in 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 aufstellte; 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 kegelförmige 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 überwiege und auf seiner anderen Seite eine weitere Kalkkegelscheide bildete. Hierdurch wird die Aussenseite 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 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 dünner 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 hieher 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 unwächst,<sup>1)</sup> ohne dass von dem Centralpunkt des ersteren die Spur einer sphärischen, 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 auftreten, 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 nahe liegendes 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 demässen scharf contrirten „Faserung“;<sup>1)</sup> man erkennt stets nur recht gleichmässig spitzrhomboidische 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 COLÉ 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 Wachsthum; 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 COLÉ 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 COLÉ 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 COLÉ'S Hypothese consequent ausgedacht würde.

Die jüngste mir erst durch liebenswürdigen Hinweis von Prof. COLÉ 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 Runzeltreppe innerlich ein sehr scharf ausgeprägtes Abbiegen der Strahlen von der Hauptfaserichtung (unmittelbar unter der Oberfläche) entspricht, deren Fasernabschnitte der Rundung nach radial centrirt 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 conisirtes 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 QUEXSTEDT (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 kohlenurem 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 Dezimierung 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 Struktureigen thümlichkeiten 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 krystallisierenden Masse, deren Ergebnis die Kegelbildung sei, COLF 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 PUSCH (Geogn. Beschr. von Polen 1833 I. S. 57) das seltene Vorkommen schwacher Kalksteinflötze von dunkelgrauer Farbe.

3. Permcarbon der bayerischen Rheinpfalz und preuss. Rheinprovinz. a) Aus den grauen Anthrakosien-schiefern 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 Lettenkohlendolomit 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. Naturaliencabinet 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 Brodlaibe 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 Frickenhausen (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 HOHNNEGGER als isolirte Funde<sup>1)</sup> aufführt.

9. Ober-Oligocän (basaltische Stufe der Braunkohlenablagerung von Böhmen (Kolosoruker 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 „winkelligen“ 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 HOHNNEGGER 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 Einschreibungen, 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 Kegelaxen 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 Duten säulen 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 <sup>(den Durchschnitten)</sup> ~~zwischen~~ 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 <sup>oder dass</sup> ~~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 ~~dieser~~ 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 Umbiegrücken 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 Trennungsfäche.

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 Querschnitte 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 übereinander 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 Axon (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 aneinander scharen, 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 ( $\perp$  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 bloß 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 Hauptthoneinschaltungen 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 Thatsachen 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, 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 <sup>der Zustand</sup> ~~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 Thatsache 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 Pakete 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 Thonpakete, welche die Zickzack-Strukturlinien abstutzen und förmlich ausnagen; dabei sind die zwischen den Enden benachbarter Pakete liegenden Strukturlinien etwas verstärkt.

Im Innern der von den grossen, winkligen Thoneinschaltungen begrenzten, gleichartig winkligen Mergelabschnitte zeigen sich, wie erwähnt, schwächere, welche zum Theil den ersteren gleichlaufen und hier hauptsächlich eine hellgraugrüne 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 Kegelaxen 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 unterbrechen, 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 bezw. 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 Dutenkuchens 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; es 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 Runzelung 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 Horizontalrunzeln, welche unten S. 188—189 von einem Musterexemplar von

---

<sup>1)</sup> Entweder sind hier die Runzeln 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 Vorrugungen zeigt. Die Thatsache der Dislokationen 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 Kegelfaxen, 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 vereinzelte 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 Thoneinschaltungen 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 kontinuierlichen 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 steigernden 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 vorliegen.

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~~ 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~~ 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 winkligen 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 kleinzügigere 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 Querfaserschicht, 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 Fasergängchen noch vereinzelt 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 Strukturgrenzen 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 Kegelvorrangungen 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 Zerreiessung 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 gegeben, 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, treppenkegelartig 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 sämtlichen 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 gelbräunliche Kalk ist nur an zwei von einander getrennten Kegelsäulen in ganz gleicher Weise horizontal weiss gebändert; dies sieht aus, wie eine sekundäre Kalkspatherfüllung 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 Dutenlage 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-Thonschaltlagen 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 austreichenden Bänder deutlichst 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 Pylonotenkalk von Kemnath besitzt eine sehr regelmässig und fein geschichtete Basis, welche als Kernlage aufzufassen ist und hauptsächlich mit sog. Fucoiden 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 kontinuierlichen 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 COLÉ 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 ~~A~~<sup>so</sup> 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 Vertikalwachsthums 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~~<sup>en</sup> 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 sämmtliche 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 gleichmässiger 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 vorgeschritten 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 zugeschärft 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 Widerlager auf der anderen Seite der ausgeschiedenen Substanz, so dass die ausgeschiedene Substanz zwischen zwei annähernd gleichen festen Lagern zusammengequetscht 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 krystallisirten 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 Kegelgutenbildung nothwendig zusammenhängende, sondern nur passiv von ihr betroffene Bildung ist — meines Erachtens in unzweideutiger Weise gewisse Vorgänge bei der Dutenentstehung.

Mir scheint vor Allem das Bestehen der Bänderung überhaupt ein grundlegendes 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 einschlussfähiges 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 schmälern 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 Fortwachsthums 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 Summirung 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 Lösungszuzug 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 ausgefallenen 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 festerer 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 Spältchen 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 Auflösungs Vorgängen 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 Thoneinschlaltungen 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 Imsweiler). 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 Strukturentstehung 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 steigernder und endlich jene abschliessende Thonausscheidung entsprächen.

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 Urding 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 Zusammenwachungen 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 Styrolithen 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 Thonschaltlagen 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 Thonschaltlage 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 constatieren können; endlich wurde festgestellt, dass die beiden Oberflächen Spielräume ähnlicher Prozesse 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 Kemnath (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 Zwiebschalenstruktur 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 Zerspaltung im Anschluss an die in solchen Innensprüngen gleichartig erfolgenden Auflösungsprozesse 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 Wachstums 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 regelmässigeren Begrenzung, Anordnung und Struktur haben; man erkennt in ihnen eine Zerklüftung nach rhombischen Krystalldurchschnitten, 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 Klüftflächen 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 kontinuierlichen 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 Klüftflächen 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 „winkligen 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 hervorrufft; 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 unregelmässige 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 Thonschichtlagen 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 Querschliffe 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 Thoneinschlüsse 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 Thoneinschlüssen 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 Krzeszowice, das 24,90% Thon besitzt; 2. von dem Dutenkalk von Kemnath mit einem Thongehalt von 13,83% bei weitaus vorwiegendem Kalkcarbonat 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 Thoneinschlüssen 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. GMELEINS 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 Thoneinschlüssen freien Partie der krystallisirten Masse; hierbei ist zu beachten, dass hier die Thoneinschlüssen 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 Gesamtthongehalt 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 mitanalysirten 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 blos 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 entgegentreten.

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 Stylolithenkapfen 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 Fremdkörpereneinschlüssen 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 Thoneinschaltungen 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 Thoneinschaltungen 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- zovice b. Krakau (Carbon) (einschl. Thoneinschaltg.) nach AD. SCHWAGER:	IV Dutenmergel v. Stafford- shire nach AD. SCHWAGER: 1. krystallisirte Masse	V 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 . . . . .		8,44	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 Krzeszovice (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 Mangan Gehalt, 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 Mangangehalt 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 inselartigen 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 Parallelerscheinungen 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 Probenmengen 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 Mangangehalt als Carbonat in Rechnung gesetzt ist, während hier noch durchziehende Thonscheiden dieses Stoffes (vgl. unten zu VIb und VIIb) als Oxyde besitzen.

	VIa Auflösungs- rückstand (Krzeszovice)	VIb Thon- einschaltung (Krzeszovice)	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 <sup>auf</sup> (diese Ergebnisse der Analyse) <sup>hin die Thonscheiden</sup> 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. ROH, 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/Carbonat-Ausscheidung 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 (Wasseralfingen) 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 „Mergelücken“ 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 eingeengt, 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 COLÉ'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 Wachstums 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 Wachstums 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 <sup>(beg. w. Thones)</sup> 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 Wachsthum 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 Skalenoëder 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 Zersprengung nach gesetzmässig vorgebildeten inneren Trennungsf lächen und auf einer Entkalkung bzw. 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 Hauptauflösung 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 GÉRIE ebenso in richtigen Thoneisensteinen. thonigem Spatheisenstein vorkommen (vgl. oben Cap. VII); die Lebacher Vorkommen bestehen zum grössten Theil aus späthigen Spatheisenstein.

einer Zersprengung 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 Trennungsflächen 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-Ablösungsflächen 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 Zerspaltungs- 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 Thoneinschlüpfung 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 Styrolithen mit eingeschachtelten jüngeren Generationen darauf hingewiesen, dass dies unter ähnlicher Erhaltung der Gesamtform, 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



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 Einzelachsen und die einheitliche Gesamtaxe der Aggregation mit der Kegelaxe nicht nur || laufen bzw. 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 Gesamttformen 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 Wachsthum 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 Wachsthum-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, anderseits 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 Stammachsenbildung gemäss der Lage der Kanten einerseits und kein divergirendes Fiederwachstum mit Seitenästen nach den Kegelachsen hin vorliegt; es müssen hier Wirkungen namhaft gemacht werden, welche das Wachstum 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-Spitzenwachstum 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 Wachstum sich anschliessende engere Gruppierung zu schmalen, sehr spitzwinkelig zusammenlaufenden feinsten Aggregaten verursachen, welche die neuen Ansatzflächen sehr fein gestreift werden lassen (Cap. XIII); ~~bei~~ 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 Wachstum, das sich dann nur durch Seitenzug 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 Trichtererweiterung, 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 Wachsthum, 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 notwendig 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 <sup>verengende</sup> 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 Hangend-schicht angesehen werden; warum aber sollte das gerade hier stattfinden, wo der Krystallisations-process 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 Thoneinschlaltungen 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 Krystallisationszüge, 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 Maasstab, 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, Zersprengungen 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 Zersprengungen um die Kegelaxen herum am entsprechendsten, welche Zersprengungsanfänge durch die Kräfte des Gebirgsdrucks auf eine linsenförmige, beiderseits auskeilende Masse gleichmässig verstärkt werden müssen (vgl. Anm. 1).

Die Zersprengungen 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 Zersprengung 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 würfelförmig 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. Jahreshfte 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 Thoneinschlaltungen 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 Einschlaltungen 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 versetzen 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 feingeschieberten 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 (Austrocknung 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 Wachsthum 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 röhriigen 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 Niveaubenen 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 Detritus-theilchen 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 Ausscheidungsrings 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 Wachsthum 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 verschieden 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 Lösungsoberfläche 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\*).

## 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 Wachsthum 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 Wachsthum mit grösserer Schnelligkeit bringt auch starke Verschiebungswirkungen in der Masse hervor.

Das Wachsthum 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 JON. 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 Breitenwachsthum der NaCl-Individuen in engen spaltartigen Zwischenräumen zur Seite gedrängt werden (vgl. Geogn. Jahreshfte 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 bzw. der Styrolithen-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 Parallelwachstum 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 Temperaturniedrigungen (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 Wachsthum 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 Fortwachungen 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. EHRENBERG 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 Krystallwachsthum 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 Spitzenwachsthum 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 Thoneinschlüssen ohnedies Theilabschlüsse in der Krystallisation mit Einschlüssen weniger krystallisirter Matrix annehmen, wir auch gleich zugestehen könnten, dass die Thoneinschlüssen selbst primär diesen Zeitpunkten entsprechen. Wir haben selbst erwähnt, dass die häufigen Zuspitzungen der Thoneinschlüssen 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 Thoneinschlüssen 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 Spitzenwachsthums etc. zulassen kann?

Weiterhin ist eine Vorbedingung des ergänzenden Seitenwachsthums, durch das häufig Lücken im endlich rundum abgeschlossenen Krystallkörper entstehen, die, dass eine möglichst ununterbrochene Continuität des Wachsthums in den Hauptzuwachsrichtungen, in den Richtungen des stärksten Kanten- und Spitzenwachsthums 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 Thoneinschlüssen 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 herausgeätzt 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 Wachsthum 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 Krystallspitzchen 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 Zerspaltung 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 Krystallisationsschicht 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 Spitzenwachsthum 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 Thonpacketen 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 Wachsthum

<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 Niveaufäche 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 Auflösungs Vorgängen freien Kegelaxenräumen und den von solchen betroffenen und leicht davon heimgesuchten krystallisirten 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 CO<sub>2</sub>-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 Lösungsprozess 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 Schiefen 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 Wachsthumstreifen (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-<sup>1)</sup>seite der Kalkkegel; 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 krystallisierende 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 Vorragung 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 Vorragungen 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 <sup>Ausgangspunkt</sup> ~~den~~ der späteren Auflösung wurde. Die zwischen den Thonpaketen 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 CO<sub>2</sub>-Entwicklung annehmen (S. 163) und welche auch auf den Seitenflächen der längsgestreiften Stylolithen 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 Stylolithenkörpers 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 Stylolithen 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 Längsfacetirung 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 Quellsösungen 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 Dickenwachsthum nicht stets gleichen Schritt hält und das langsame Dickenwachsthum<sup>1)</sup> noch anhält, wenn jenes schon sehr beschränkt ist.

Man könnte vielleicht daraus schliessen, dass das Längenwachsthum in den mittleren, in die Geode einbezogenen Schichten überhaupt aufhöre,<sup>1)</sup> weil sich hier die Lösung nicht mehr concentrirt, wohingegen das Dickenwachsthum allmählich die Oberfläche der Concretion<sup>2)</sup> 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 Zerspaltung, 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~~ <sup>stärker</sup> 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 Concretionswachstums 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 Encrinitschicht 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 kohlensaurem 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 <sup>in</sup> 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. krystallisirten Sandsteinen verschiedenster Fundorte häufig ist; in ihrer Gesamtgruppierung haben sie desgleichen das Bestreben, dieser Krystallform annähernd gleichfalls *gestaltete* Aggregationsflächen zu erzeugen, so weit es natürlich das Gesamtwachsthum 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 Vertikalwachsthum verwandt. Es entstehen daher je nach der Dicke der Schicht zwischen den krystallisirten 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 Kommunikation 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~~<sup>schalen</sup> 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 Spitzwachstums. 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 Styolithen (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 Styolithen 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 Winkelscheiteln 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 Styrolithenspalten 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 Wachsthum als lediglich im Verhältnis stehend zu der Schärfe der Oberflächengestaltung der Mergel, was mit unserer Annahme von Auflösungsvorgängen 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 gemeinsamere 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 Abstumpfungen 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 Wachsthum 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 Auflösungsvorgang 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 Thonäustreibung auf die anliegende weiche Matrix. — Die nachfolgende Auflösung würde, je weiter die Spalten geöffnet waren, je mehr von diesen Vorragungen 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 Styloolithenbildung 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 kleineren Zerklüftungsflächen nach die Masse zersprengt ist und <sup>da bei</sup> regelmässige Auflösung nach der Lösungsgestalt des Kalkpaths, 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 Wachstums, 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 Zusammensitzen, das an die merkwürdigen Erscheinungen bei Styloolithen 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 Kalkspathgänglichchen, sogar in auffälliger Weise an den fertig gebildeten Runzeln der concaven Kegel-Innenflächen durch zweite, jene in Interferenz anscheidende oder mit ihnen combinirte Runzelflächen, 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 Kalkspathgänglichchen 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 Querschlitze 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 Mergelscheiden sich befinden; beiderlei Entstehungen sind nicht ganz einander gleich zu stellen, so wenig, wie die Gesamtkegelstruktur 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 Trennungsflächen 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 spezifische 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 rechnenswerthen 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 Landschaftenkalk 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 Schwemtheilchen 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 Detritustheilchen 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 Stammmaxen.

Hervorzuheben ist die nicht selten vorkommende Ueberbrückung der mit größerem Sediment ausgefüllten Stammzwischenräume, der ~~öftere~~ nach der Substanz ausgelesene~~n~~ Einschluss von Schwemtheilchen zwischen die Lamellen und die Anpassung der Lamellen in ihrer Biegung und ihrer seitlichen Fortsetzung an alle solche während der Sedimentation auftretende~~n~~ 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 Lagerungstreifen 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 schmäleren 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 zeigt. 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 Wachsthum 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 Vertikalwachsthum 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 Süswassergebieten 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 radiaLfaserige Struktur betrifft, so kann sie natürlich nur unter ganz stetig gleichbleibenden Ausscheidungsbedingungen auftreten; daher sind da, wo sie fehlt, die radiaLfaserigen 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 Wachsthum 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. Jahreshefte 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 „rustik 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 gröberem 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 Aufregungen 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. 1 a und 1 b als Fortsetzung von 1 a). 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 That- sache dürfen wir auch daraus folgern, dass bei der Ablagerung der feinen Schiefer- thone, 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 Klein- heit verstehen kann — bald von der einen, bald von der anderen Seite sich ver- dickt 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 Haupt- zuwachs 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 ausser- gewöhnlichen 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 selbst- ständige. 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 Zeich- nung nicht wiederzugebende Lamellirung hat, zeigt die Substanz hauptsächlich weisslichgrau, gelblich- weiss, ja entschieden hellweiss (vgl. auch Analyse unten), während die sedimentirt körnige Zwischen- masse ganz dunkelschwarz ist. Sämmtliche äusserste Endigungen der Stämme werden aber schwarz: ein Beweis, dass gegen Ende des Knollenwachsthums, zugleich mit der Ueber- handnahme 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 Verzweigungssäulchen 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 Kohlenflötze). Auf die Thatsache, dass die morphologisch und strukturell völlig gleichen Wachstumsformen in nahezu eisenoxydhydratfreiem Sphärosiderit ausserordentlich häufig sind, beweist meines Erachtens die fehlende Bethheiligung von Organismen, die in entsprechendem Masse, als sie  $\text{CO}_2$  absorbiren, auch O ausscheiden, 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 Lammellirung.

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 Halbreilief, 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 Duttenmergeln 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 Roekenhauser 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 bezw. 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

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 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. Jahreshfte 1901, S. 34 Fig. 2, S. 59—60 Taf. I Fig. 3, 4 und 5 und die betreffende Tafelerklärung S. 122) öfters freie, vorragende Kristallenden zeigen, ist die Erscheinung, dass die Oberflächen solcher sedimentirter Bänke oft das dendritische Wachstum 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 Wachstum 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

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, bezw. 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 bezw. 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 Parallelerscheinungen 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 Riesenoolithe 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 Oolithe 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, welche 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 Sinterumhüllung 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 Cerithiensichten 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 bloss 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 Quellzuflüsse 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 entschieden brackischen Fossilien (als Kalke und Mergel entwickelt) auftreten; dagegen finden wir sie meistentheils versteinungsleer oder wenn Fossilien in ihnen auftreten, dann sind es Landschnecken, Süswasserschnecken 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 Süswasserschnecken) 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 Süswasser- 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 Süswasserconchylien 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 *Litorinellens*schichten das Austrocknungsrelief —, dass hier eine schwache Vegetation mit Wassertümpeln sich bildete und die ganze Süswasser-einschwemmung — 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 Gasgehalt 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 Riesenoolith 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. Jahreshfte 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 Baumwachstums 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 Zusammenrückung 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 Tertiär 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 Dolomifacies 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 Dolomifacies 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 SCHAFFHÄUPL's Analyse daselbst).

<sup>2)</sup> Häufig ist, wie bei den Achatmandelsteinen, innerlich eine Druse oder ein grobkrySTALLINER Abschluss der Auskleidung.

<sup>3)</sup> Ich habe Geogn. Jahreshfte 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 Dolomitirung 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 Partnachschiechten, diese auf Buchensteiner Kalken, diese auf normalem 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 Vertikalwachsthum durch die gleichzeitige Sedimentation beschränkt sind, und wie dies auch für das stockartige Wachsthum kleiner und grösserer Komplexe von salinischen Absätzen gilt (vgl. Geogn. Jahreshefte 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 Wachsthums 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 die Riesenoolithe 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-Verzeichniss.

	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 Thonschaltungen S. 162; Wachsthumsvorgänge bei Styloolithen-Spalten S. 162—163; Auflösungsgrillen 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 Lösungsvorgänge 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, HAIDINGER 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 Krzeszovice 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 Krzeszovice 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 Krzeszovice 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 nichtkrystallisirten 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 krystallisirten 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  
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; Zersprengung in den krystallinischen Zwischenaxen-Massen S. 232; Kegelstock als Festigkeitseinheit S. 233; Abkühlungs-Begleiterscheinung der Krystallisation in Beziehung auf die Axenbildung S. 233—234.
- Cap. XI. Anlage der Runzeln . . . . . 234—236  
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.
- Cap. XII. Die Vorbedingungen des Thoneinschlusses und die Entstehung der Zerklüftung . . . . . 237—242  
Tempo der Krystallisation und Umschliessung von Fremdschubstanzen, Beispiel vom Ausgehen des Salzlagers S. 237; Concentration von gelöstem  $\text{CaCO}_3$  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.
- Cap. XIII. Die Skulptur auf der Oberfläche der sog. Kegel . . . . 242—244  
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.
- Cap. XIV. Ueber die den möglichen Auflösungsvorgängen nachfolgenden Gestaltungen . . . . . 245—248  
Anschnitts-Unterbrechung des Schalen- und Zerklüftungsaufbaus durch die horizontalen Flächen S. 244; Verschiedenheit der Auflösung an den Zersprengungsflächen S. 245—246; Wirkung der Auflösung S. 246; Auflösungs- rillen in feinkörnigen Kalksteinen, Facettirung S. 247.
- Cap. XV. Die äussere Gestalt der Dutenconcretionen . . . . . 248—250  
Organische Kerne als Ursachen der Concretionen S. 248; Dickenwachsthum der Concretionen 248—250; Allgemeines über das geologische Vorkommen der Dutenconcretionen S. 250.
- Cap. XVI. Zusammensetzung der Ergebnisse . . . . . 250—258
- Cap. XVII. Anhang über die QUENSTEDT'schen Conellen . . . . . 258—259
- III. Ueber permocarbonischen „Landschaftenkalk“ (Anthrakolith zum Theil) und vergleichbare Sinterabsätze (Taf. V) . . . . . 259—274**  
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  $\text{CO}_2$  S. 265—266; *Spongites rugosus* 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.

## Tafel-Erklärung.

### Tafel II.

- Fig. 1a, b, c, d.** Vier Paralleldurchschnitte durch einen Styloolithenzug mit einem geknickten Styloolithen aus dem Trochitenkalk des oberen Muschelkalks der Rheinpfalz; beweist die Entstehung solcher geknickter Styloolithen aus einer Combination übereinander liegender, wagrecht und diagonal gerichteter Styloolithenzüge, von welchen der untere mit den oberen verwächst, diesen auch in seiner seitlichen Ausdehnung bescheidet. 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; verwiterte 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. 4,5 facher 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 Höhlungen 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. Naturaliencab. 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 Längsreihe der Kegelaxen gelegte, in gleicher Orientirung von rechts und links in  $\frac{9}{10}$  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 punktirt gegeben, wenn sie auch in Wirklichkeit continüirlich dunkle Bänder sind. In Fig. 1 ist ein Durchschnitt in darauf senkrechter Richtung gelegt, der durch die Längsreihe 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 genäbert. 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 Styloolithen im Trigonoduskalk von Rothenburg a. d. Tauber, bzw. der angrenzenden Seitenwand des Styloolithen, der durch einen sehr feinkörnigen Kalkeinschluss hindurchgeht und hier ziemlich regelmässig quer zur Wachstumsrichtung, d. h. parallel zur Kappenebene des Styloolithen 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 Thoneinschlaltungen; 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 Thonschattlagen. 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. Naturalienab. 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 Muschel-schalen 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.

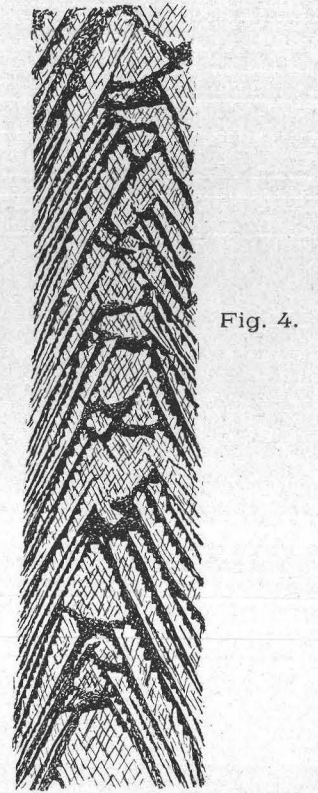
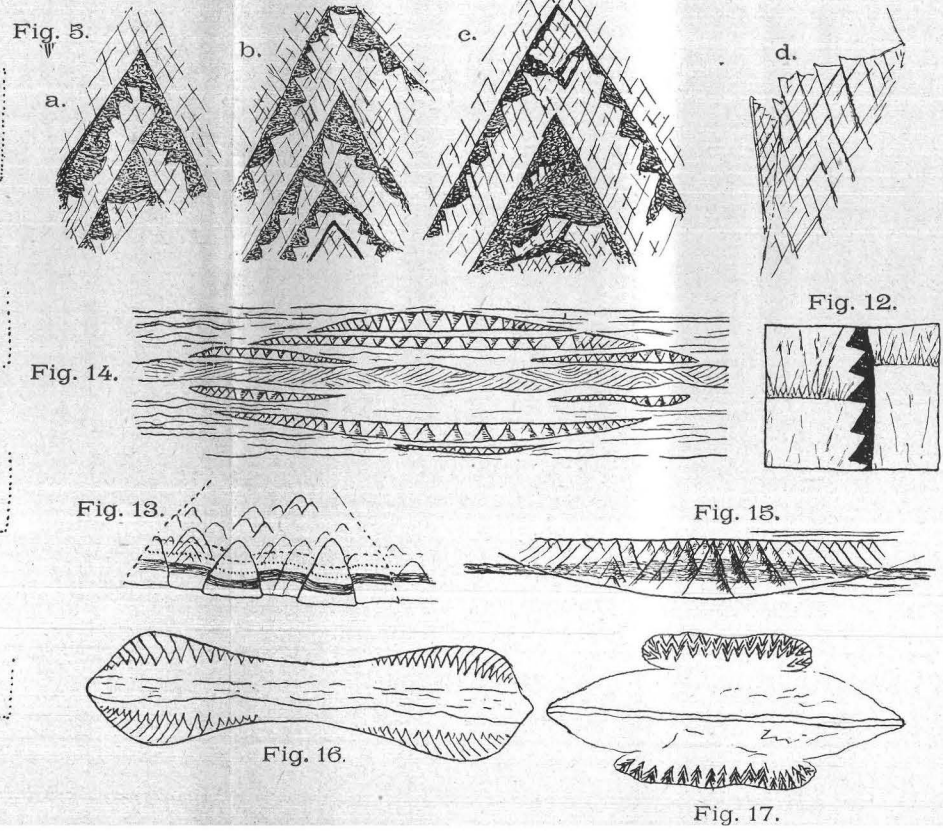
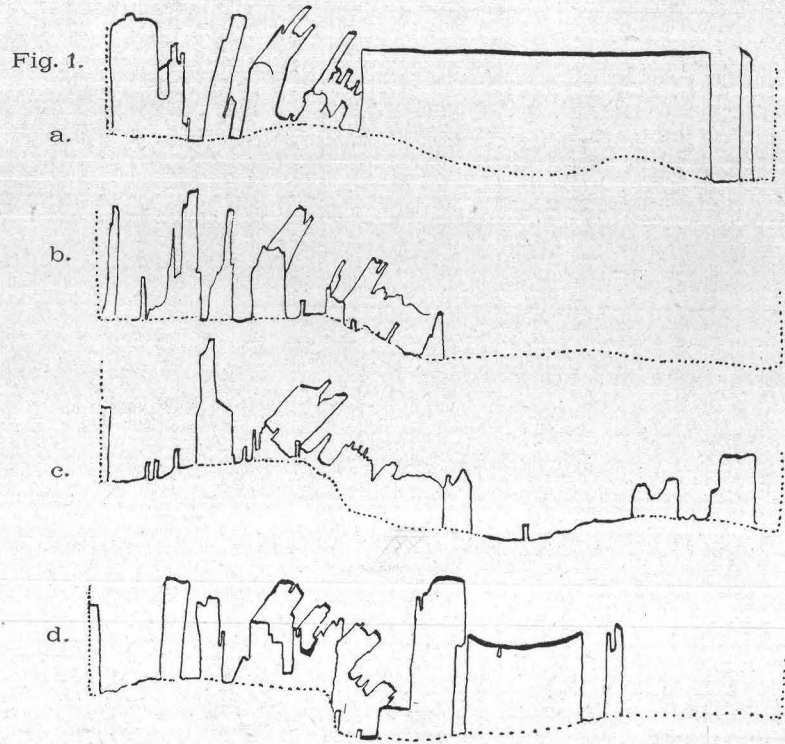
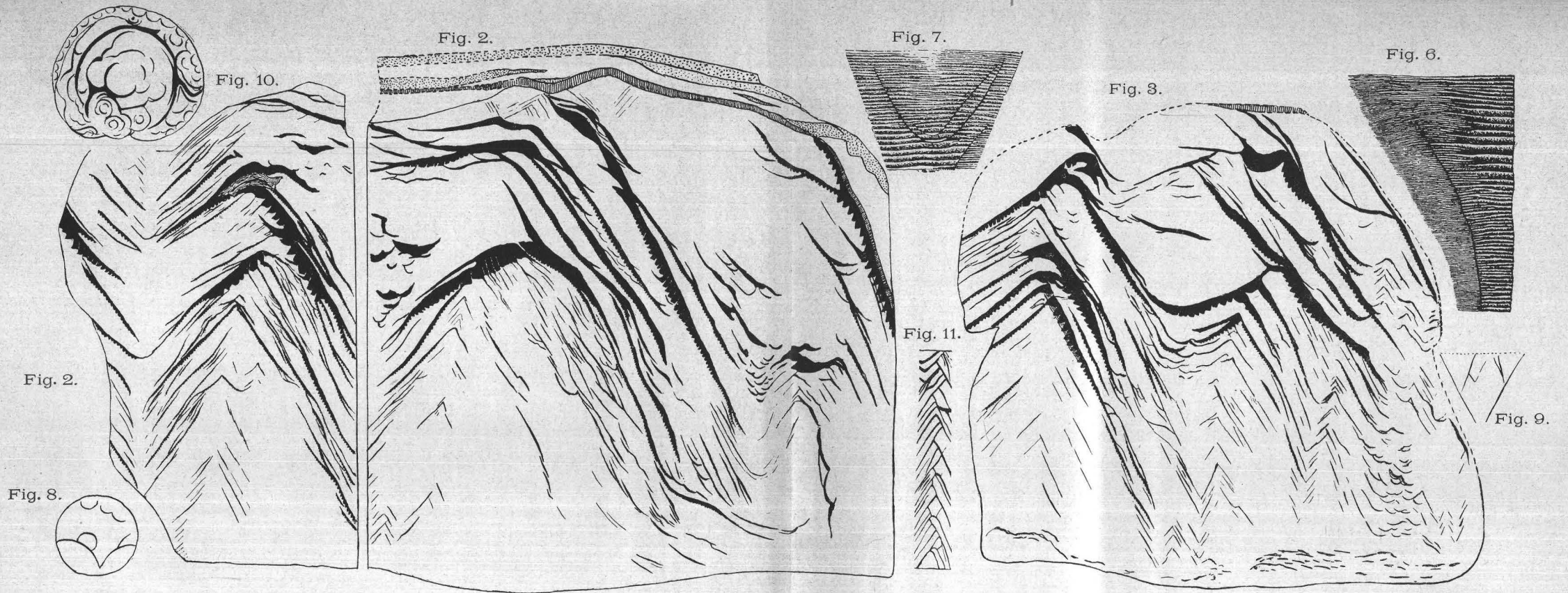
### Tafel V.

- 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.









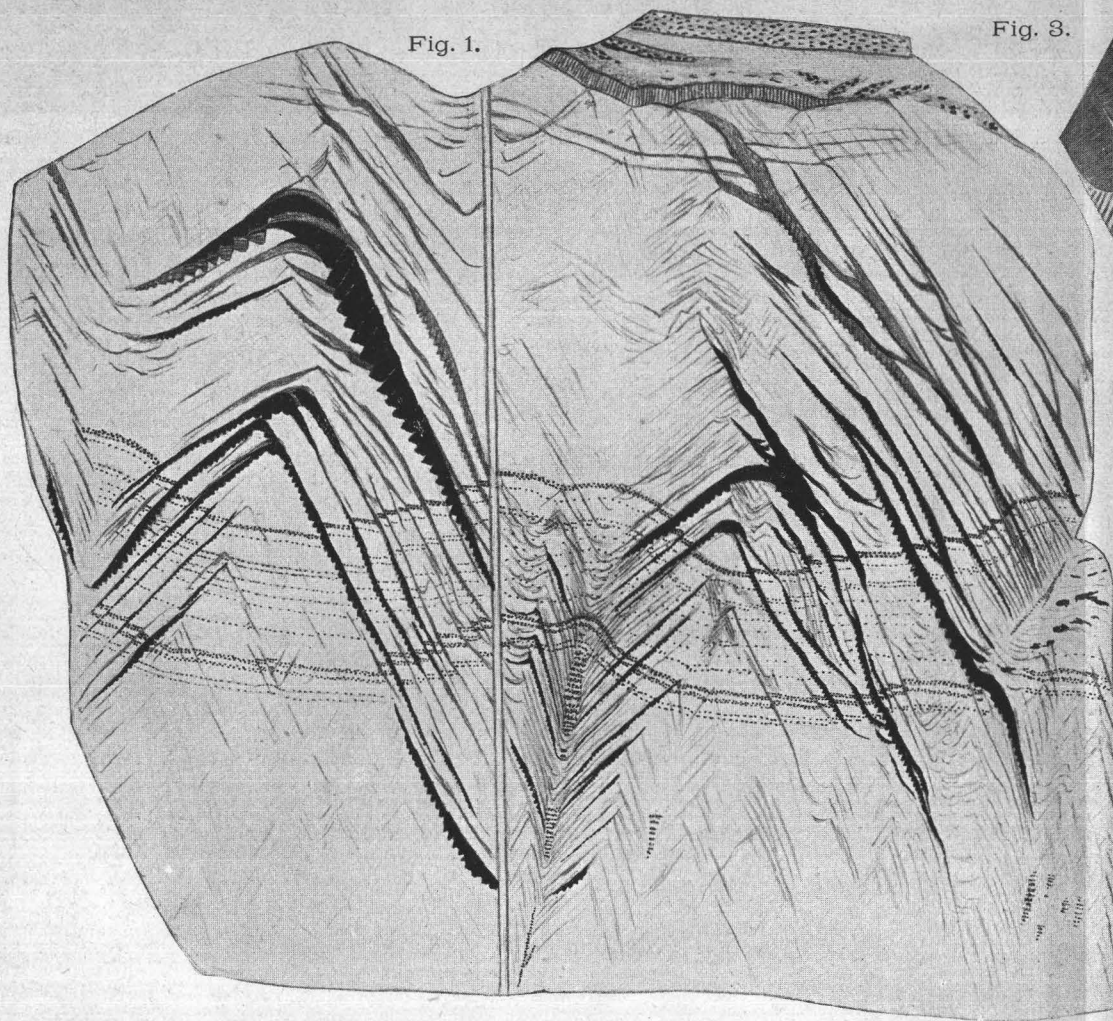


Fig. 1.



Fig. 3.



Fig. 2.

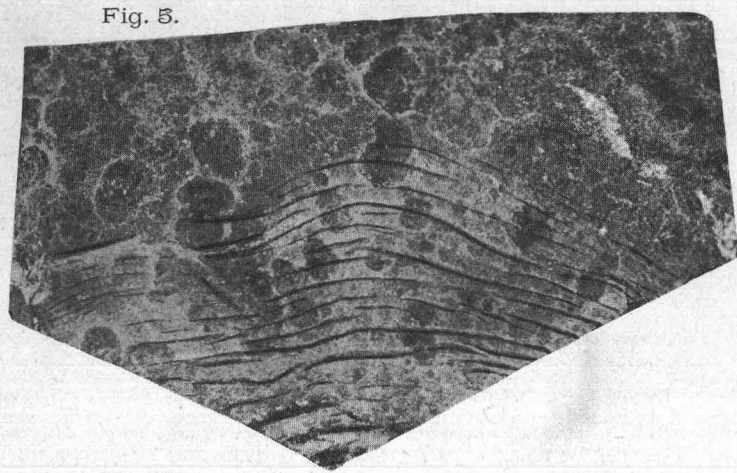


Fig. 5.

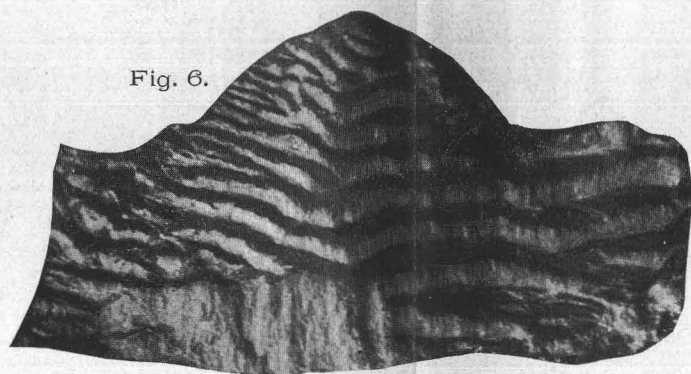


Fig. 6.

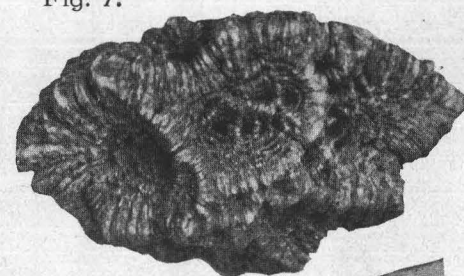


Fig. 7.

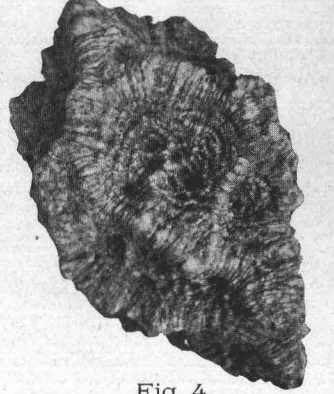


Fig. 8.

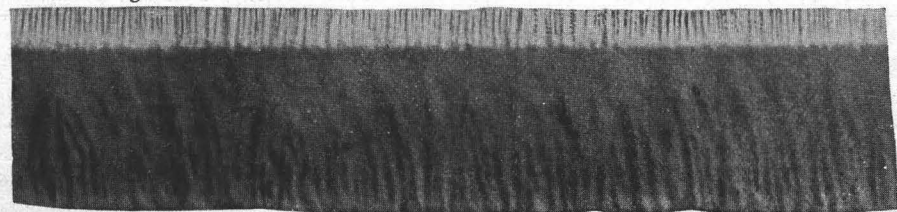


Fig. 9.

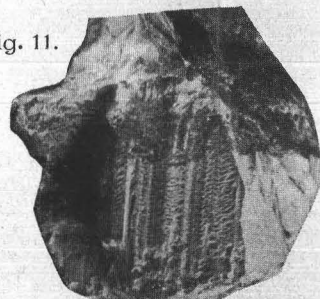


Fig. 11.

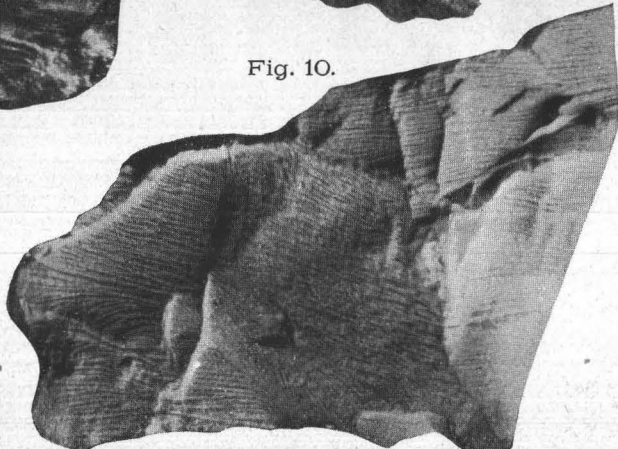


Fig. 10.

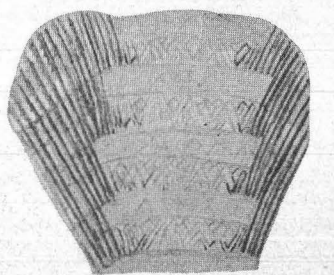


Fig. 4.



Fig. 1.

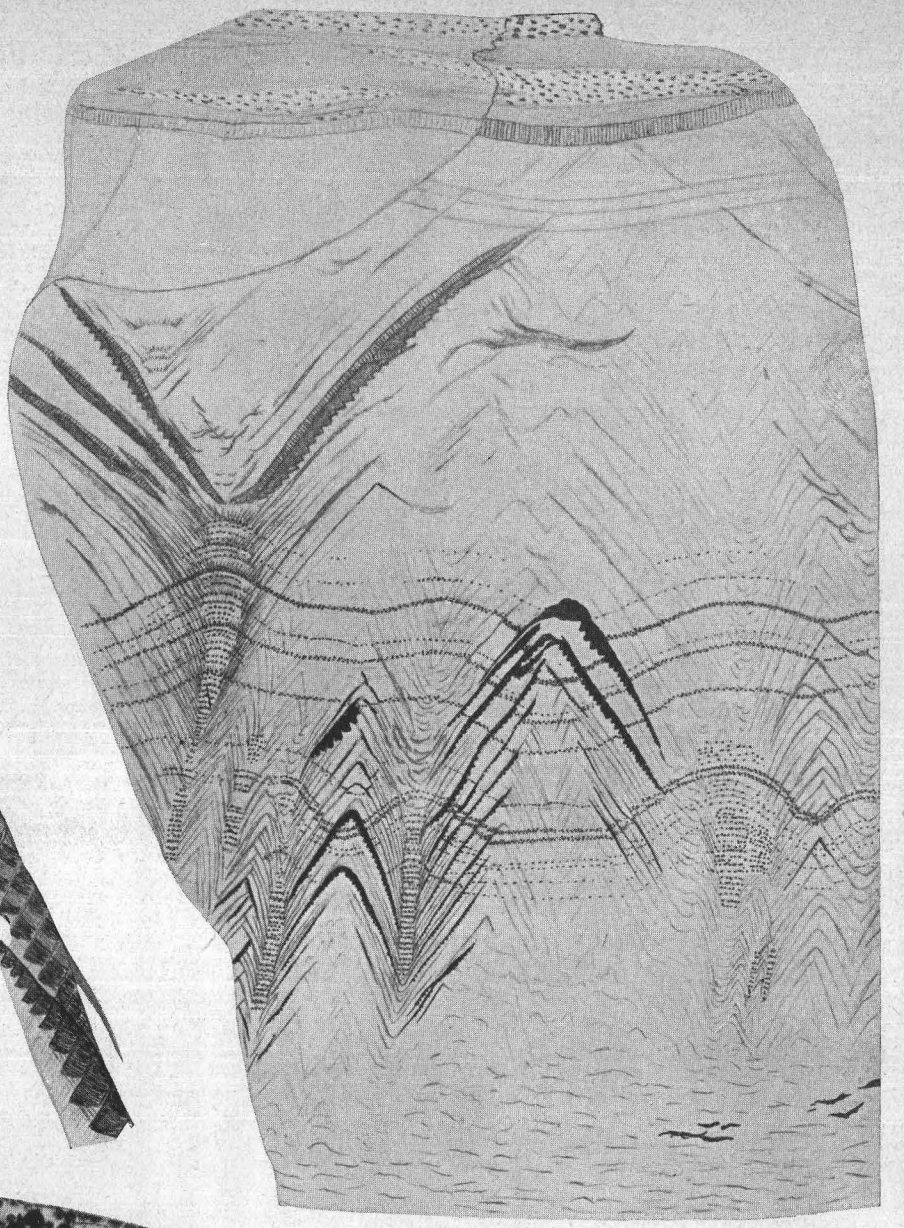


Fig. 4.

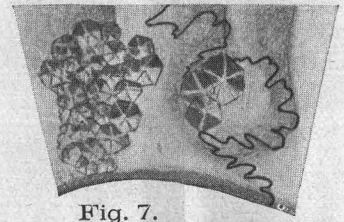
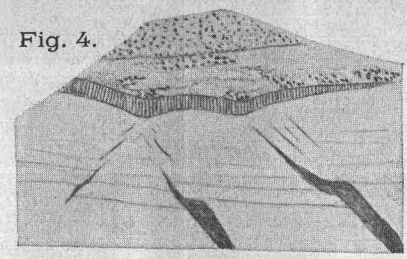


Fig. 7.

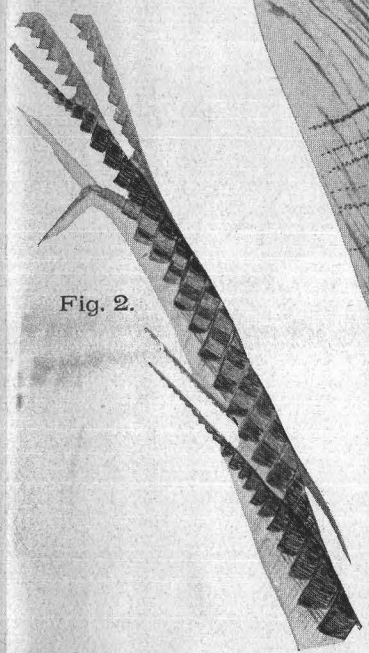


Fig. 2.

Fig. 9.

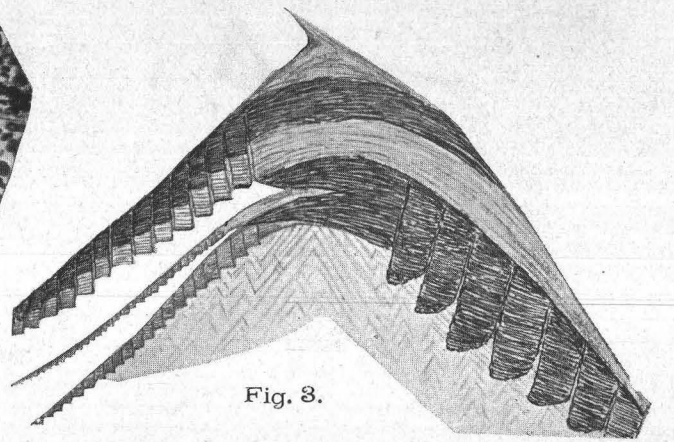


Fig. 3.

Fig. 10.

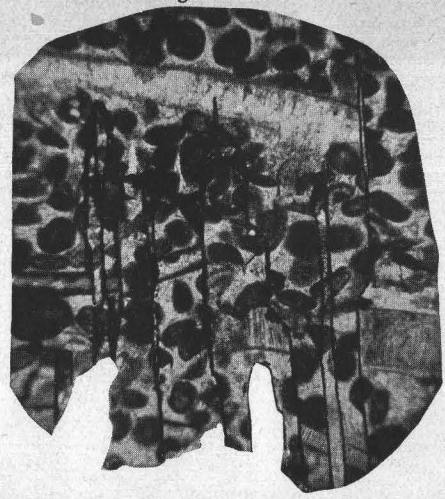


Fig. 6.

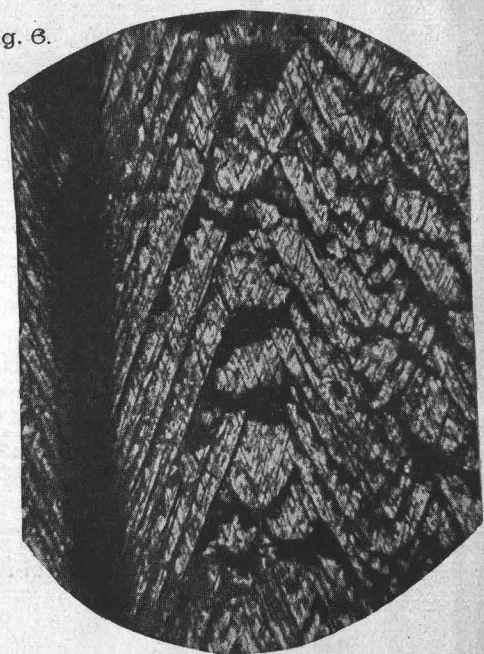


Fig. 8.

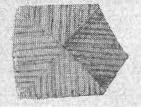


Fig. 5.

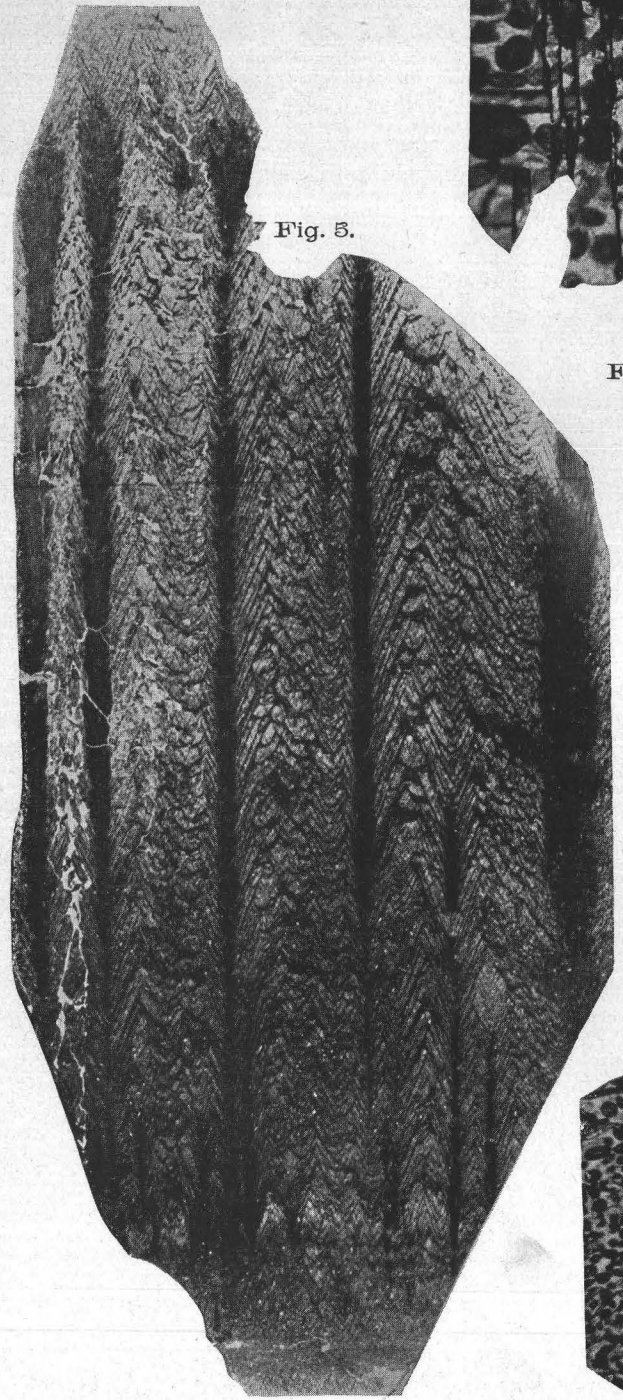




Fig. 1a.

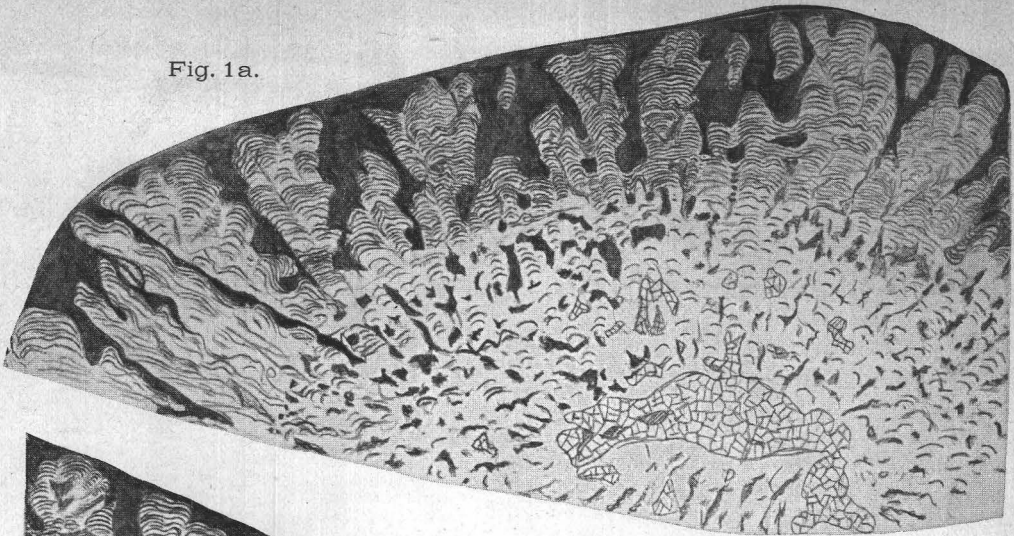


Fig. 1b.

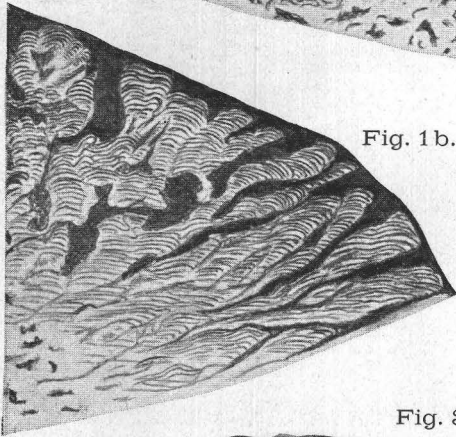


Fig. 2.

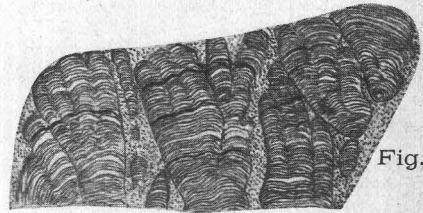


Fig. 3.

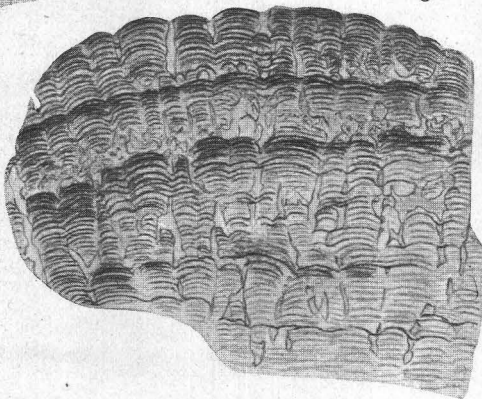


Fig. 5.

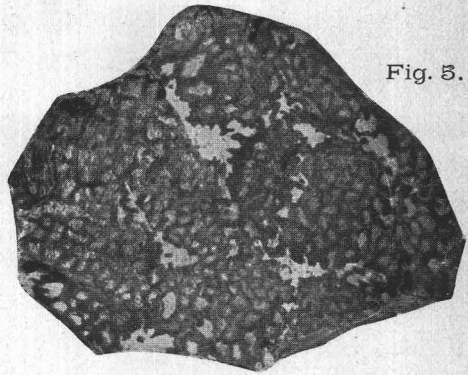


Fig. 4.

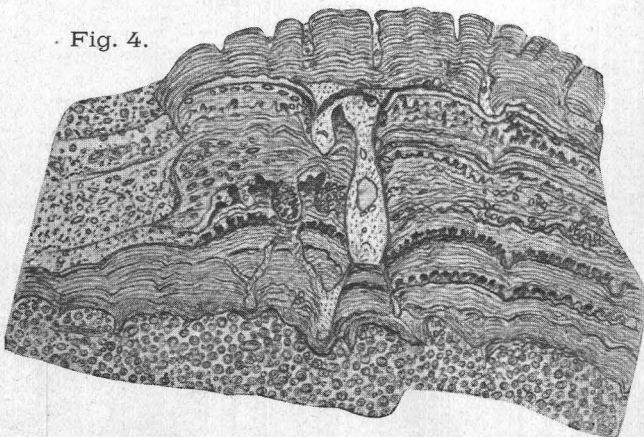


Fig. 6.

