

Ueber die

Entstehungsweise der Zellenkalke

und verwandter Gebilde.

Von

Edmund F. Neminar.

(Mit 3 Holzschnitten.)

*(Aus den Mineralogischen Mittheilungen, gesammelt von G. Tschermak
1875. Heft IV.)*



WIEN.

ALFRED HÖLDER

K. K. UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER.

Kothenurmstrasse 15.

IV. Ueber die Entstehungsweise der Zellenkalke und verwandter Gebilde.

Von Edmund F. Neminar.

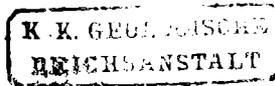
Einleitung.

Unter den zahlreichen Fragen der Geologie über die Bildung sedimentärer Gesteine, hat wohl selten eine zu so vielfachen Erklärungen Veranlassung gegeben als die über die Bildung des Dolomits und dessen Verhältniss zum Kalkstein. Wenn auch durch einfache Kriterien eine scharfe Unterscheidung zwischen Kalkstein und Dolomit nicht leicht möglich ist, so war man doch stets bestrebt ihre Unterscheidungsmerkmale deutlich hervorzuheben. Anders als mit den unveränderten Gesteinen verhielt es sich jedoch mit den zelligen Gebilden derselben, die man, ohne Rücksicht auf das Gestein aus dem sie entstanden, gewöhnlich unter den Namen Rauchwacke zu subsumiren pflegte, und darunter bald cavernöse Kalke, bald cavernöse Dolomite verstand wie z. B. Zirkel.¹⁾

Da jedoch, wie ich später zu zeigen Gelegenheit haben werde, die cavernösen Dolomite auf eine andere Weise entstehen als die zelligen Kalke, so wäre es angemessen, mit dem Ausdruck Rauchwacke, oder besser Rauh wacke, jenes zellige Gebilde zu bezeichnen, das aus Kalkstein entsteht, und durch seine meist krystallinischen Zellen ausgezeichnet ist, die ziemlich regelmässig angeordnet entweder hohl oder mit einer staubartigen Masse ausgefüllt sind. Treffender jedoch als mit dem Ausdruck Rauh wacke könnte dieses Gebilde mit „Zellenkalk“ bezeichnet werden. Analog der Benennung Zellenkalk müsste man dann, je nach den Gesteinen, die eine zellige Struktur zeigen, einen Zellen dolomit, Zellenquarz u. s. w. annehmen. Auf diese Art würde dann durch jede dieser Bezeichnungen nicht allein der Begriff des jeweiligen zelligen Gesteines vollkommen fixirt sein, sondern auch jede Verwechslung mit andern Gesteinen vermieden werden.

Die unrichtigen älteren Ansichten über die Umwandlung des Kalksteines in Dolomit und noch mehr über die des Dolomits in Kalkstein mussten zur natürlichen Folge haben, dass man die Zellenkalke bald als Umwandlungsprodukt des einen, bald des anderen Gesteines hielt oder gar als eine Vereinigung beider unter verschiedenen Verhältnissen.

¹⁾ F. Zirkel. Lehrbuch der Petrographie I. Bd., pag 238.



Aber nicht allein die Materie, aus der man die Zellenkalke entstanden wissen wollte, war eine verschiedene, auch der Habitus wurde mitunter als grundverschieden bezeichnet. So spricht Morlot ¹⁾ von einer vollendeten und einer zelligen *Rauhwa c k e*, wobei er sich unter vollendeter Rauhwa c k e eine dichte Kalksteinmasse denkt, die auf eine bestimmte Art aus Dolomit entstand. Dass eine solche Scheidung der Zellenkalke schon aus dem sehr einfachen Grunde unmöglich ist, als dann folgerichtig jede dichte Kalkmasse, deren Entstehungsweise auf eine andere Art, als die von Morlot bei der vollendeten Rauhwa c k e angegebene, nicht genau erwiesen ist, als vollendete Rauhwa c k e bezeichnet werden könnte, ist evident.

Nach dieser kurzen Erörterung will ich noch, bevor ich die Bildungsweise der Zellenkalke selbst bespreche, vorerst auf die petrographischen Verhältnisse im Auftreten der Zellenkalke, die mir für meine Untersuchungen das nöthige Material boten, näher eingehen.

Petrographisches.

Die Kalkablagerungen im Randgebirge des Wiener Beckens, die in einer Richtung von W. nach NO. hinziehend bei dem Orte *Mauer* ihren nordöstlichsten Punkt erreichen, zeigen in ihrem Auftreten oft sehr mannigfaltige Verhältnisse. Vor Allem war es der rasche Wechsel älterer und jüngerer, durch oft zahlreiche typische Versteinerungsformen vollkommen charakterisirter Bildungen, der die Beobachtung der Geologen an sich zog.

So hatte denn auch *K. M. Paul* ²⁾ die Verhältnisse eines Theiles dieser Ablagerungen besprochen und auch einige charakteristische Versteinerungsformen angeführt. Eingehender noch besprach *Toula* ³⁾ die durch Versteinerungsformen charakterisirten Theile dieses Gebietes.

Einzelne Theile jedoch, die wohl nur petrographisches Interesse boten, blieben mehr oder weniger unberücksichtigt, und einen solchen Theil bildet jenes Gebiet des Kalkgebirges, das sich in *Kalksburg* am linken Ufer des *Gutenbaches* von N. nach S., und am rechten Ufer der reichen *Liesing* in gerade südwestlicher Richtung von dem *Jesuiten-collegium* in *Kalksburg* gegen den Ort *Kaltenleutgeben* hinzieht, und in dem grossen Steinbruche bei der *Waldmühle* endet.

Dieses Gebiet, das wohl nur in dem Theile des *Gutenbachthales* durch mehrere Steinbrüche, dann aber nur noch durch den grossen *Waldmühl-Steinbruch* in *Kaltenleutgeben* aufgeschlossen erscheint, ist durch ein reichhaltiges Auftreten von Zellenkalcken vorzugsweise charakterisirt. Die Aufschlüsse, die am linken Ufer des *Gutenbaches* in der Richtung von N. nach S. gegen die *Kalksburger-Strasse* hin in geringen Zwischenräumen aufeinanderfolgen, gestatteten auch ihrer leichten Zugänglichkeit wegen eine genaue Beobachtung der Bildungsverhältnisse der Zellenkalke in der Natur selbst, und so will ich im Folgenden die Profile derselben, die ich an Ort und Stelle aufgenommen, wiedergeben.

¹⁾ Haidinger's Berichte der Freunde der Naturwissenschaften. III. Bd., p. 81.

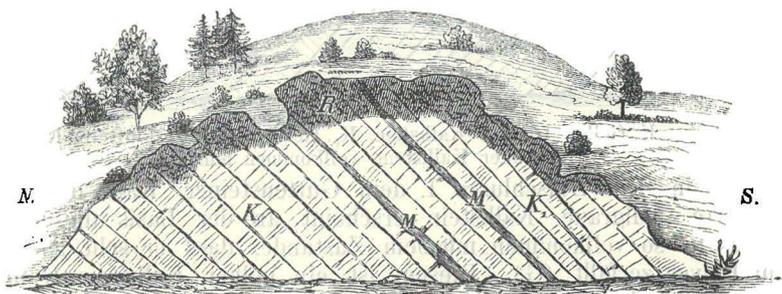
²⁾ Ein geologisches Profil aus dem Randgebirge des Wiener Beckens. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1859, pag. 257—262.

³⁾ Beiträge zur Kenntniss des Randgebirges der Wiener Bucht bei *Kalksburg* und *Rodaun*. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1871, p. 437—450.

Am westlichen Ende des Ortes Kalksburg bildet der Gutenbach in dem Kalksburg im Norden begrenzenden Kalkgebirge ein anmuthig reizendes Thal. Dieses an der Kalksburger-Strasse, von wo aus der Gutenbach im alluvialen Gebiete fliesst, nur schmale Thal durchzieht in nordwestlicher Richtung das Kalkgebirge, und öffnet sich allmählig immer mehr, bis es seine nahezu grösste Ausdehnung mit dem Austritte aus der Kalkzone erreicht.

Dieser Punkt, wo sich das Kalkgebirge in den Wiener Sandstein verflacht, wäre nun als nordwestlichste Grenze des Kalksteins, der hier in NNW.-Richtung unter den Wiener Sandstein einfällt, zu bezeichnen. Von diesem Punkte im Gutenbachthale zurück gegen Kalksburg gehend, findet man hart an der Strasse, die in nahezu nord-südlicher Richtung angelegt ist, eine Reihe von grösseren Aufschlüssen, die ich nach ihrer Aufeinanderfolge von Nord nach Süd mit Aufschluss I, II . . . bezeichnen will.

Fig. 1.



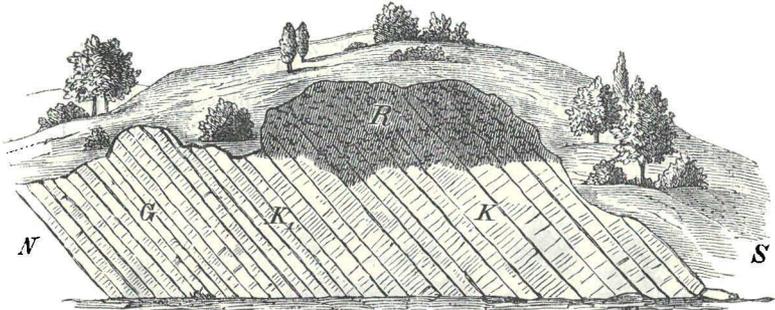
R. Zellenkalke. K. Hellgrauer Kalkstein. K_1 . Gelber Kalkstein, durch Eisenoxydhydrat oft stark geröthet. M. Hellgrauer Mergel mit undeutlichen Pflanzenresten.

Hart an der Strasse von wo dieser Aufschluss I. aufgenommen ist findet man, gleichsam die Basis dieses Steinbruches bildend, einzelne Schichten eines dunkelgrauen dichten Kalksteins (Guttensteiner Kalk) anstehend, denen die hellgrauen und gelben Kalke K und K_1 discordant überlagert erscheinen. Dieser dunkelgraue Kalkstein findet sich stark zerklüftet in der tiefst aufgeschlossenen Lage des nächsten Aufschlusses wieder, und tritt in dem der Kalksburger-Strasse zunächst liegenden Aufschluss abermals als dichter grauer Kalk (Guttensteiner Kalk zu Tage. Diesem Kalksteine discordant übergelagert liegen nun die grauen und gelben Kalke K und K_1 , welche von SW.—NO. mit Stunde 15 streichen und mit 40° nach SO. einfallen. Den mitunter ziemlich mächtigen Schichten K und K_1 dazwischen gelagert fand ich im südlichen Theile des Aufschlusses einen hellgrauen Mergel M mit undeutlichen Pflanzenresten. Der hellgraue Kalkstein K ist stark dolomitisch mit 13·12 Pct. kohlenaurer Magnesia, während die gelben Kalke K_1 nur einen geringen Magnesia-Gehalt aufweisen. In den oberen Theilen des Steinbruches wird die Schichtung durch Risse und Spalten, die mit Calcitkrystallen dicht besetzt sind, allmählig undeutlicher, bis endlich in den der Erdkruste angrenzenden Lagen absolut gar keine Schichtung wahrnehmbar ist. Es ist dies die Lage der Rauhwacken, wo die zellige Bildung der dichten Kalke am meisten ausgesprochen ist. Die Zellen-

kalke sind hier bald grau bald gelb, je nach der Farbe der Schichten, denen sie übergelagert erscheinen. Für meine Untersuchungen wählte ich aus diesem Aufschlusse einen grauen Zellenkalk, deren Grundmasse der oben erwähnte stark dolomitische Kalkstein ist, und bezeichnete diesen in der Analyse mit Zellenkalk I.

Mit dem eben beschriebenen Aufschlusse in nahezu direkter Verbindung liegt der Aufschluss II.

Fig. 2.



R. Zellenkalk. K. Gelber frischer Kalkstein. K_1 . Gelber stark zerklüfteter Kalkstein.
G. Hellgrauer Kalkstein, vollkommen mürbe.

Der in dem Aufschlusse I. dem Guttensteiner Kalk discordant überlagerte hellgraue Kalkstein erscheint an der Basis dieses Aufschlusses in so vollkommen mürbem Zustande, dass er sehr leicht zu einem Pulver zerfällt (G). Diesem ist ein gelber Kalkstein K überlagert, der stark zerklüftet ist und in den höheren Lagen den Zellenkalk R bildet. Nach der Beschaffenheit einzelner noch frisch erhaltenen Theile K_1 zu urtheilen, wäre dieser Kalkstein mit dem gelben Kalk K_1 im Aufschlusse I. als identisch zu betrachten. Im Allgemeinen bietet dieser Aufschluss das reichhaltigste Auftreten von Zellenkalcken, und dem entsprechend ist auch hier keine deutliche Schichtung bemerkbar.

Die Beschaffenheit der Zellenkalke ist, abgesehen von der intensiv gelben Färbung, von denen im Aufschlusse I. etwas verschieden, indem sich hier einerseits deutlich krystallinische Zellen finden, andererseits die dazwischenliegende lockere Masse nicht mehr einen Staub repräsentirt, sondern ein mehr thonartiges Aussehen hat. Ich wählte demnach für meine Untersuchungen auch von hier einen Zellenkalk und bezeichnete diesen in der Analyse, dem Aufschlusse entsprechend, mit II.

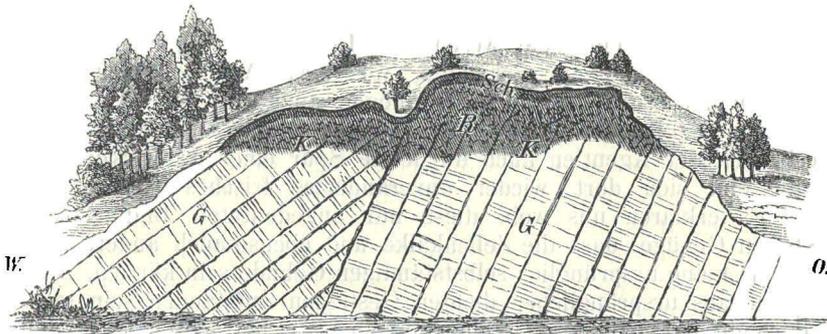
Geht man von dem Aufschlusse (II) die Strasse in südlicher Richtung hinab, so gelangt man alsbald zu dem letzten Aufschlusse der am Eingange in das Gutenbachthal der Kalksburger-Strasse zunächst liegt, und durch einen deutlich geschichteten Guttensteiner Kalk ausgezeichnet ist. Die Schichten streichen SWW.—NOO. mit Stunde 17 und fallen mit 50° gegen SW. ein. Im südlichen Theile des Steinbruches zeigen die Schichten ein viel steileres Einfallen nach SW. und erscheinen in der Höhe geknickt. Die durch die Verschiedenheit des Fallens leicht unterscheidbaren Schichten erscheinen noch durch eine braune Mergellage, die hier mehrfach dem Kalkstein dazwischen gelagert ist, getrennt. Dieser Mergel, den Herr Felix Karrer zu unter-

suchen die Güte hatte, erwies sich als völlig versteinungsleer. Dem Guttensteiner Kalk ist ein zerklüfteter grauer Kalkstein überlagert, der zwar keine Schichtung zeigt, den ich aber, da er dem Guttensteiner Kalk zunächst überlagert erscheint und überdies auch dem hellgrauen Kalke K im Aufschluss I. sehr ähnlich sieht, zu diesem zählen möchte.

Fassen wir nun die bisher geschilderten Lagerungsverhältnisse zusammen, so ergibt sich, dass wir hier zwei verschiedenen Bildungen begegnen, die durch ihre Schichtung deutlich von einander geschieden sind; einer älteren die — durch den Guttensteiner Kalk repräsentirt — die Basis unserer Aufschlüsse bildet, und einer jüngeren, die dem Guttensteiner Kalk discordant überlagert durch hellgraue und gelbe Kalke charakterisirt wird. Diese Lagerungsverhältnisse lassen sich auch weiter in nordöstlicher Richtung von unseren Aufschlüssen verfolgen.

In dem Theile des von mir oben bezeichneten Kalkgebirges, das sich vom rechten Ufer der reichen Liesing in gerade südwestlicher Richtung gegen den Ort Kaltenleutgeben hinzieht, finden sich nur wenige Aufschlüsse, und von diesen bietet nur der grosse Waldmühl-Steinbruch in Kaltenleutgeben zur Beobachtung interessante Anhaltspunkte.

Fig. 3. Waldmühl-Steinbruch in Kaltenleutgeben.



Sch. Schutt. R. Zellenkalke. K. Hellgrauer und gelber Kalkstein. G. Dunkelgrauer frischer Kalkstein (Guttensteiner Kalk), sehr mächtig.

Durch mehrere Dislocationen dieser verschieden gefärbten bald sehr mächtig, bald sehr dünn geschichteten Kalke ist das Verständniss der Lagerungsverhältnisse äusserst erschwert. Die hellgrauen und gelben Kalke, die auch nach ihrer Lagerung mit den jüngeren Bildungen von Kalksburg in Verbindung gebracht werden könnten, reichen bald tief zwischen den dunkelgrauen Kalkstein (Guttensteiner Kalk) hinab, bald erscheinen sie wieder in den obersten Theilen des Steinbruches den Schichtenköpfen des dunkelgrauen Kalksteins mächtig überlagert, sind oft stark zerklüftet und bilden ebenso wie in Kalksburg eine reichliche Zone von Zellenkalcken. Von besonderem Interesse erscheint hier eine starke Verwerfung, die, nahezu in der Mitte des Steinbruches, den dunkelgrauen Kalkstein in zwei leicht unterscheidbare Theile theilt. Während nämlich im östlichen Theile des Steinbruches die Schichten N.W.—S.O. mit Stunde 19 streichen und mit 70° nach

SW. einfallen, zeigt sich in dem westlichen Theile ein so abweichendes Streichen und Fallen, dass sich da die Schichten an den ersteren förmlich auskeilen. Uebrigens ändert sich die Physiognomie des Steinbruches bei seiner grossen Ausdehnung durch den fortwährend starken Abbau so sehr, dass eine genaue Uebersicht desselben nahezu unmöglich ist. Für meine Untersuchungen wählte ich auch von hier einen Zellenkalk, da derselbe in seinem Aussehen dem von Kalksburg (II) vollkommen glich.

In den jüngeren Kalken von Kalksburg und Kaltenleutgeben finden sich nun, wie nach den beigegeführten Zeichnungen zu ersehen ist, die Zellenkalke stets in den der Erdkruste zunächst gelegenen Schichten, wo sie auch am schönsten ausgebildet sind, während die angrenzenden Kalksteine der tieferen Schichten meist nur zerklüftet erscheinen. Nur selten finden sich Zellenkalke auch in tieferen Schichten, und ist dies der Fall, wie z. B. im Waldmühl-Steinbruche, so sind einerseits die darüber gelagerten Kalke stark zerklüftet, andererseits erscheinen die Zellenkalke nur unvollkommen ausgebildet. Niemals lässt sich in solchen Fällen eine zellige Structur weit in das Innere des frischen Gesteines verfolgen, und gewöhnlich findet man schon nach der Entfernung der oft kaum 1 Centimeter hohen Zellwände reinen dichten Kalkstein.

Dieser Umstand, sowie das erwähnte gewöhnliche Auftreten der Zellenkalke in den der Erdkruste zunächst gelegenen Schichten und der in den tieferen Lagen allmählig stattfindende Uebergang in festes Gestein, deutet darauf hin, dass bei der Bildung der Zellenkalke äussere Agentien eine sehr wesentliche Rolle spielen müssen, und dass demnach in denjenigen Schichten, wo diese Agentien nur mehr in geringem Maasse einzudringen vermögen, auch nur eine ganz unvollkommene Zellenkalkbildung vor sich gehen wird, bis endlich durch Verbrauch der Agentien auch die letzte Spur einer Einwirkung unterbleibt und sich dort wieder unverändertes frisches Gestein findet.

Es erklären uns wohl diese nur angedeuteten Bildungsverhältnisse zur Genüge, dass die Zellenkalke und ebenso auch andere zelligen Gesteine keine ursprünglich selbstständigen Gebilde sein können, sondern dass sie aus ursprünglichen dichten Gesteinen entstanden sein mussten und somit als secundäre Gebilde derselben zu betrachten sind. Selbstverständlich kann dann auch von einem Zellenkalke als selbstständigem Gesteine, das, wie z. B. Paul in seiner Arbeit (l. c.) angeführt hatte, anderen Gesteinen untergelagert irgendwo zu Tage tritt, ebenso wenig die Rede sein, als wenn man die Zellenkalke für gewisse Ablagerungen charakteristisch bezeichnen oder ihre Bildungsweise einer bestimmten geologischen Periode, wie z. B. Morlot der Miocänperiode, angehörig annehmen wollte. Die Zellenkalke werden an jedem Kalkstein entstehen können, wenn die nothwendigen Bedingungen zu ihrer Bildung gegeben sind.

Diese Bedingungen sowie den ganzen Prozess der Umwandlung zu erläutern, ist der Zweck vorliegender Arbeit, und machte es zur Nothwendigkeit zu zeigen, dass dort, wo Zellenkalke auftreten auch wirklich die im Folgenden näher bezeichneten Bedingungen der Bildungsweise gegeben waren.

Zahlreich und sehr verschieden sind die Bedingungen, unter denen die Umwandlung der Gesteine vor sich geht; stets ist jedoch das

Agens, das die Umwandlung veranlasst, der chemischen Zusammensetzung der betreffenden Gesteine entsprechend. Eines der mächtigsten und zugleich auch gewöhnlichsten Agentien, die leicht Umwandlungen hervorrufen, ist die Kohlensäure, die bei der Bildung und Umwandlung sedimentärer Gebilde überhaupt eine wichtige, den Carbonaten gegenüber aber die wichtigste Rolle spielt. Weit verbreitet, sowohl in der Atmosphäre und demnach auch in den Meteorwässern, die die Erdrinde durchsickern, als auch in Quellen, Flüssen und Meeren vermag die Kohlensäure die grossartigsten Veränderungen hervorzubringen. Bald wirkt sie auf den einen Theil der sedimentären Gebilde — die Carbonatgesteine — auflösend und fortführend, bald wieder auf den anderen — die Silicatgesteine — zersetzend ein.

Allerdings ist die Menge der in den Meteorwässern enthaltenen Kohlensäure nur eine geringe. Nach Baumert¹⁾ enthält Regenwasser, welches nach mehrstündigem Regnen aufgefangen wurde und 9° R. warm war, nach Volumtheilen:

Sauerstoff	33·76
Stickstoff	64·47
Kohlensäure	1·77
	100,00

und Bischof²⁾ wies nach, dass der Kohlensäuregehalt der im Regenwasser absorbirten Luft nur $\frac{1}{19}$ des Sauerstoffes beträgt. Indessen absorbiren die Meteorwässer aus den Vegetabilien der Erdkruste, die fortwährender Fäulniss ausgesetzt sind, auch und noch viel mehr Kohlensäure, können dann umso kräftiger auflösend und fortwährend auf die der Erdkruste zunächst gelegenen Ablagerungen einwirken und im Laufe der Zeit die grossartigsten Veränderungen hervorrufen.

Ist nun das Meteorwasser durch die capillaren Zwischenräume, oft mit unbewaffnetem Auge gar nicht unterscheidbare Spalten und Risse, in die Gesteine eingedrungen, so verliert es, nachdem die obersten Lagen zumeist am stärksten umgewandelt wurden, alsbald Kohlensäure und Sauerstoff, die Hauptfactors der Umbildung, und kann dann in den tieferen Lagen wohl nur weniger umbildend wirken. Daraus ist nun leicht erklärlich, dass die grössten Veränderungen an den der Erdoberfläche zunächst gelegenen Gesteinen stattfinden werden, indem die Umbildung mit der Abnahme der Kohlensäure in direktem Verhältniss steht.

Kohlensäure und Sauerstoff verhalten sich jedoch gegenüber den verschiedenen chemischen Verbindungen in den Gesteinen nicht gleich, und desshalb verliert auch das Meteorwasser nicht sobald seine zersetzende Kraft, denn während die Kohlensäure auf die Kalk-Carbonate und Silicate stark zersetzend und umbildend wirkt, ist ihre Einwirkung auf die Magnesiacarbonate eine geringere. Hat aber das Meteorwasser seine Kohlensäure abgegeben, so wirkt es dann viel stärker auf die Magnesiacarbonate ein, und Bischof³⁾ wies auch nach, dass die kohlen-saure Magnesia in reinem respektive kohlen-säurefreiem Wasser bei

¹⁾ Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXXVIII, pag. 17.

²⁾ Lehrhuch der chem. u. phys. Geologie. I. Bd., pag. 204.

³⁾ L. c. Bd. I., pag. 214.

weitem löslicher ist, als der kohlen-saure Kalk. Um dieses zu erläutern, brachte Bischof auf ein Gemenge von Magnesia alba, kohlen-sauren Kalk, Eisenoxydhydrat und Kieselsäurehydrat destillirtes Wasser, welches leicht bedeckt mehrere Wochen gestanden hatte, und liess das Ganze in einem verschlossenen Gefässe mehrere Tage unter öfterem Umschütteln stehen. Das filtrirte Wasser wurde dann eingedampft, der Rückstand untersucht und es ergaben sich in 10000 Theilen Wasser:

Kieselsäure	0·0130
Eisenoxydhydrat mit Thonerde . .	0·0389
Kohlensaurer Kalk	0·0908
Kohlensaure Magnesia	2·4462
	<hr/>
	2·5889

Nach diesen analytischen Daten sieht man sofort, dass die kohlen-saure Magnesia sich in dem destillirten Wasser viel leichter gelöst hat als der kohlen-saure Kalk. Auf diese Weise wird es nun auch erklärlich, warum wir oft in der Natur Umwandlungsprodukte finden, die, obwohl ihrer Beschaffenheit nach einander sehr ähnlich, doch manchmal einen nahezu entgegengesetzten Umwandlungsprozess durchgemacht haben.

Dass diese Prozesse für die Bildung zelliger Gesteine von weit-tragender Bedeutung sind, ist wohl kaum zu bezweifeln und es verdanken auch die Zellenkalke, wie wir aus den im Folgenden angeführten Analysen ersehen werden, diesen Prozessen allein ihre Entstehung.

Zellenkalk von Kalksburg (II.).

Durch zahlreiche deutlich krystallinische oft sehr regelmässig angeordnete Zellen ausgezeichnet, zeigt dieser Zellenkalk eine dem hier in tieferen Lagen meist noch im unveränderten Zustande vorhandenen hellgelben Kalke gleiche Farbe. Von besonderem Interesse sind hier die Zellwände, die oft 2—3 Millimeter dick sind und öfter schon mit freiem Auge deutlich wahrnehmbare Calcitkrystalle zeigen. Diese gehen von zwei entgegengesetzten Seiten aus und vereinigen sich endlich in der Mitte, welcher Umstand beweist, dass die krystallinischen Zellwände nicht etwa als freie aus dem Kalkstein hervorgehende Bildungen zu betrachten sind, sondern dass sie sich aus dem ursprünglich dichten Gestein in dessen Rissen und Spalten gebildet haben, indem die Krystallisation von beiden Seiten einer solchen Spalte ausging. Jede dieser Zellwände lässt die Vereinigungslamelle des von entgegengesetzten Seiten ausgehenden krystallinischen Kalkcarbonates wahrnehmen und sich daselbst leicht spalten, wobei man oft, an den Punkten wo sich mehrere solcher Spalten vereinigt hatten, zu grösseren Krystallen gelangt, die das vorhin Gesagte augenscheinlich bestätigen. Zwischen diesen Zellwänden liegt eine lockere thonige Masse, die ich bei der Analyse mit Asche bezeichnen will.

Um nun die Verhältnisse der Umbildung verfolgen zu können, verwendete ich zur Analyse stets den dichten Kalkstein, aus dem der zellige entstand und dann die den Zellen zwischengelagerte Asche. Die Zellwände wurden nur dann einer Analyse unterworfen, wenn

sie nicht eine deutlich krystallinische Structur zeigten. Unter Mikroskop zeigte ein Dünnschliff des frischen, dichten Gesteines bei 720-maliger Vergrößerung helle und dunklere Körnchen, die ich für Calcit und Dolomit hielt; an den krystallinischen Zellwänden waren Spaltungslinien deutlich wahrnehmbar.

Die Analyse des frischen Kalksteines und der Asche ergab folgende Resultate:

	Frischer Kalkstein (1)	Asche (2)
Kalk	49·24	17·10
Magnesia	1·71	1·25
Kohlensäure	39·13	13·41
Eisenoxyd	1·88	4·85
Thonerde	0·42	1·87
Wasser	0·89	3·50
 Unlöslicher Rückstand:		
Kieselsäure	4·47	22·58
Thonerde	1·93	34·41
Eisenoxyd	0·24	0·37
	99·91	99·34

Werden nach den aus diesen analytischen Daten berechneten Atomzahlen Kalk und Magnesia als Carbonate gerechnet, Eisenoxyd als Limonit und die Thonerde mit der Kieselsäure als ein wasserhaltiges Thonerde-Silicat angenommen, so ergibt sich folgendes Resultat:

	(1)	(2)
Kohlensaurer Kalk . . .	87·92	30·53
Kohlensaure Magnesia . .	3·58	2·62
Eisenoxydhydrat	2·48	6·10
Thonerde-Silikat	7·35	61·48
	101·33	100·73.

Vergleicht man nun die analytischen Daten dieser beiden Analysen, so ergibt sich, dass das Kalk-Carbonat in grösserem Maasse aufgelöst und fortgeführt wurde als das Magnesia-Carbonat, und dass die Magnesia in die Zellenkalke nicht erst eingeführt wird, wie es bisher oft angenommen wurde und wie es auch Morlot in seiner Arbeit (l. c.) annimmt, sondern dass sie gewöhnlich schon in dem Kalkstein vorhanden ist und dadurch, dass sie von kohlensäurehaltigen Gewässern nicht leicht gelöst wird, oft in der Asche eines Zellenkalkes in weit grösserem Maasse vorhanden sein wird als in dem zugehörigen dichten Kalkstein. Auf diese Art wird es aber auch erklärlich, dass in der Asche der Zellenkalke die unlöslichen Bestandtheile, wie Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd in grösserer Menge vertreten sein können als in der dichten Masse, und demnach die zurückbleibende Asche oft einen Mergel repräsentiren kann.

Allerdings hatte sich bei der Analyse ein Theil der als unlöslich angeführten Bestandtheile in kochender, concentrirter Salzsäure gelöst, berücksichtigt man jedoch, dass in der Natur das Lösungsmittel nur kohlensäurehaltiges Wasser ist, das bei geringer Temperatur wirkt, so

ist es wohl erklärlich, dass diese Bestandtheile als unlöslich angenommen werden konnten und somit in unseren Zellenkalken bei der Berechnung des Löslichkeits-Quotienten einerseits der in kohlenstoffhaltigen Gewässern lösliche Kalkspath und Dolomit, andererseits der in diesen Gewässern unlösliche Rückstand in Betracht zu ziehen sein wird.

Auf diese Weise gerechnet ergibt nun die Analyse:

	(1)	(2)
Kalkspath	83·65	27·41
Dolomit	7·85	5·74
In kohlenstoffhaltigem Wasser unlöslicher Rückstand	9·83	67·58
	101·33	100·73

Wenn wir nun, um den Umbildungsprocess genauer zu erläutern, nach diesen letzten analytischen Daten den Löslichkeits-Quotienten zwischen dem in der dichten Masse und der Asche enthaltenen Kalkspath und Dolomit auf Grund der im kohlenstoffhaltigen Wasser unlöslichen Bestandtheile berechnen, und hiebei im Allgemeinen die percentische Menge des in der dichten Masse enthaltenen Kalkspathes mit K , des Dolomites mit D und die Menge des unlöslichen Rückstandes mit R bezeichnen, ferner dem entsprechend in der Asche den Kalkspath mit k , den Dolomit mit d und den Rückstand mit r , so entspricht dem Verhältniss in der dichten Masse unseres Zellenkalkes

$$K : D : R \\ 83·65 : 7·85 : 9·83$$

in der Asche das Verhältniss

$$k : d : r \\ 27·41 : 5·74 : 67·58.$$

Nimmt man nun an, dass die Menge des im kohlenstoffhaltigen Wasser unlöslichen Rückstandes constant geblieben sei, so ergibt sich:

$$\frac{K}{R} : \frac{D}{R} : 1 \quad \text{und} \quad \frac{k}{r} : \frac{d}{r} : 1$$

in unserem speciellen Falle

$$8·509 : 0·798 : 1 \quad \text{und} \quad 0·405 : 0·084 : 1;$$

hieraus die Menge des aufgelösten Kalkspathes

$$\frac{K}{R} - \frac{k}{r} = \alpha, \quad \text{speciell } \alpha = 8·104,$$

die Menge des aufgelösten Dolomites

$$\frac{D}{R} - \frac{d}{r} = \delta, \quad \text{speciell } \delta = 0·714,$$

folglich der Löslichkeits-Quotient $\frac{\alpha}{\delta} = 11·35$.

Aus der Berechnung dieses Löslichkeits-Quotienten ersieht man, dass bei der Umwandlung unseres dichten Kalksteines in den Zellenkalk in gleichen Zeiten und unter sonst gleichen Umständen 11·35mal soviel Kalkspath aufgelöst und fortgeführt wurde als Dolomit.

Nahezu dieselben Verhältnisse zeigen sich auch bei dem

Zellenkalk von Kaltenleutgeben.

Dem Vorigen durch die Beschaffenheit seiner krystallinischen Zellen sehr ähnlich, bot dieser Zellenkalk ein ausgezeichnetes Material, um auch durch ein Experiment die schwerere Löslichkeit der krystallinischen Zellwände gegenüber dem dichten Kalkstein nachweisen zu können. Zu diesem Zwecke schnitt ich aus dem dichten Gestein ein Stück heraus, das von zahlreichen krystallinischen Adern durchzogen war. Nachdem ich es an den Seiten vollkommen glatt geschliffen hatte, tauchte ich dasselbe in verdünnte Salzsäure und lies diese 24 Stunden auf das Präparat einwirken. Als ich darauf das Präparat untersuchte, konnte ich schon mit freiem Auge bemerken, dass die dichte Kalksteinmasse angeätzt sei, während an den glänzenden krystallinischen Adern keine Spur von Einwirkung wahrzunehmen war. Hierauf lies ich die Säure 48 Stunden einwirken und fand, als ich jetzt das Präparat untersuchte, an den Adern zwar eine Einwirkung, aber von der dichten Kalkmasse war schon so viel weggeätzt, dass die Adern von den ursprünglich glatten Flächen bereits etwas hervorstanden und sich somit auch viele früher nicht bemerkbare Adern zeigten. Als ich hierauf die Säure noch acht Tage einwirken lies, fand ich die Adern schon deutlich hervorstehen und in der verdünnten Salzsäure fand sich ein gelbes Pulver, das nach dem Trocknen vollkommen der lockeren thonigen Masse glich, die den Zellenkalk ausfüllte. Hieraus ergibt sich nun mit Evidenz, dass die krystallinischen Adern in der Salzsäure schwerer löslich waren als die dichte Kalksteinmasse, und dass auf diese Weise mit der Zeit ein ähnliches zelliges Gebilde entstanden wäre, wie es die Natur im Zellenkalke hervorgebracht hat. Dass aber die Kohlensäure respective die kohlensäurehaltigen Gewässer wohl viel langsamer aber doch nicht im anderen Sinne gewirkt hätten als die verdünnte Salzsäure, ist selbstredend.

Dieses eben besprochene Verhalten der krystallinischen Adern fand ich auch bei dem folgenden Versuche bestätigt. Um nämlich zu ermitteln, ob die schon früher unter Mikroskop beobachteten helleren und dunkleren Körner wirklich Calcit und Dolomit wären, ätzte ich einen Dünnschliff des dichten Kalksteines, der ebenfalls unter Mikroskop hellere und dunklere Körner zeigte, vorerst mit kalter verdünnter Salzsäure. Als ich hierauf das Präparat unter Mikroskop brachte, bemerkte ich, dass alle hellen Körner weggeätzt und nur die dunkeln und die krystallinischen Adern übrig geblieben waren. Nun ätzte ich mit erwärmter Salzsäure und bemerkte jetzt unter Mikroskop, dass auch die dunkleren Körner und grossentheils auch die krystallinischen Adern verschwunden waren. Es ergibt sich hieraus, dass die hellen Körner, die sich schon in kalter Säure lösten, als Calcit, die dunkeln, die erst von erwärmter Säure gelöst wurden, als Dolomit anzusehen wären und dass die krystallinischen Adern in der That viel schwerer löslich sind als die Calcit- und Dolomitmörner, die hier den dichten Kalkstein bilden.

Bei diesem Zellenkalk ergab die Analyse:

	Frisher Kalkstein (3)	Asche (4)
Kalk	53·01	32·24
Magnesia	1·90	2·78
Kohlensäure	42·35	26·54
Eisenoxyd	0·41	4·68
Thonerde	0·18	1·17
Wasser	0·44	3·25
Unlöslicher Rückstand:		
Kieselsäure	1·02	16·63
Thonerde	0·48	11·62
Eisenoxyd	Spur	0·38
	<u>99·79</u>	<u>99·29</u>

Diese Zahlen ergeben, hier auf dieselbe Weise wie bei dem vorhergehenden Zellenkalke gerechnet:

	(3)	(4)
Kohlensaurer Kalk . . .	94·66	57·57
Kohlensäure Magnesia . .	3·99	5·83
Eisenoxydhydrat	0·47	5·91
Thonerde-Silicat	2·06	31·82
	<u>101·18</u>	<u>101·13</u>

Berechnet man hieraus die percentische Menge von Kalkspath, Dolomit und dem in kohlensäurehaltigen Gewässern unlöslich gebliebenen Rückstand und ermittelt nach der oben angegebenen Formel den Löslichkeits-Quotienten, so ergibt sich hier $\frac{z}{\delta} = 10·95$.

Es wird also bei diesem Zellenkalke, der doch hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Asche von dem vorhergehenden verschieden ist, Kalkspath und Dolomit nach nahezu demselben Verhältniss gelöst und fortgeführt wie bei dem ersteren.

Hält man nun die analytischen Resultate dieser beiden Zellenkalke zusammen, so findet man bei beiden, wie aus der nachfolgenden Tabelle leicht ersichtlich ist, dieselbe Gesetzmässigkeit der Umbildung ausgesprochen.

Kalksburg		Kaltenleutgeben		
Frisher Kalkstein	Asche	Frisher Kalkstein	Asche	
Kohlensaurer Kalk . . .	87·92	30·53	94·66	57·57
Kohlensäure Magnesia .	3·58	2·62	3·99	5·83
Eisenoxydhydrat	2·48	6·10	0·47	5·91
Thonerde-Silicat	7·35	61·48	2·06	31·82
	<u>101·33</u>	<u>100·73</u>	<u>101·18</u>	<u>101·13</u>

In beiden Fällen zeigt sich, den Löslichkeits-Quotienten entsprechend, bei der Asche, im Verhältniss zum frischen Kalkstein, eine Abnahme des Kalk-Carbonates, dagegen eine bedeutende Zunahme an unlöslichen Bestandtheilen und im zweiten Falle auch an Magnesia-Carbonat.

Neben dieser Bildungsweise, wobei der schwerer lösliche krystallinische Kalk die Zellen und somit die typische Form der Zellenkalke bildet, zeigt sich auch noch eine andere wesentlich verschiedene. Die auf diese Weise entstandenen Zellenkalke sind nicht mehr durch deutlich krystallinische, regelmässig angeordnete Zellen charakterisirt, sondern zeigen ein ganz unregelmässiges Zellgewebe mit bald dickeren bald dünneren Wänden, zwischen denen keine thonig lockere, sondern eine vollkommen pulverförmige Masse liegt, die zumeist stark dolomitisch ist. Diese Zellenkalke lassen sich wieder in solche theilen, die aus ursprünglich dichtem Kalkstein entstanden sind und in solche, die ihre Entstehung von einer Breccie herleiten. Erstere fand ich in Kalksburg im Aufschlusse (I), letztere in den Atrizgräben bei Schottwien.

Zellenkalk von Kalksburg (I).

Um vielleicht durch die Structur-Verhältnisse des dichten Gesteins für die Bildungsweise des zelligen Anhaltspunkte zu gewinnen, untersuchte ich vorerst einen mikroskopischen Schliff. Bei aufmerksamer Beobachtung konnte man schon mit der Loupe zahlreiche äusserst feine helle Streifen bemerken, die ganz unregelmässig das Präparat durchzogen. Bei 720maliger Vergrösserung traten diese Streifen deutlich hervor und zeigten einen Zusammenhang von kleinen krystallinischen Körnern, die gleichsam feine Adern bildeten.

Von dieser Thatsache ausgehend glaubte ich nun annehmen zu dürfen, dass sich diese feinen krystallinischen Streifen vielleicht mit den zumeist sehr dünnen Zellwänden selbst in irgend eine Verbindung bringen liessen und untersuchte nun auch die Zellwände unter Mikroskop. In der That zeigten sich auch da nicht allein die deutlich krystallinischen Körner wieder, sondern sie waren auch mit zahlreichen dunkleren Körnchen, die ich für Dolomit hielt, vermengt.

Waren die Zellwände wirklich krystallinischer Kalk und Dolomit, so wäre es wohl erklärlich, dass sie den Einflüssen atmosphärischer Gewässer länger Stand zu halten vermochten als die übrige dolomitische Kalksteinmasse, die nach der Umwandlung als normaler Dolomit im pulverförmigen Zustande die Zellen erfüllte. Allerdings müsste eine pulverförmige Masse, die nach der Analyse die Bestandtheile eines Dolomites ergibt, nicht immer auch wirklich Dolomit sein, da ja ein Gemenge von Calcit und Magnesit dieselben analytischen Daten liefern könnte; bei unseren Zellenkalken prüfte ich jedoch stets dort, wo die Analyse einen Dolomit ergab, die Asche auf ihre Löslichkeit in kalter verdünnter Säure und fand, dass sie stets Dolomit war.

Um nun jeden Zweifel über die Beschaffenheit der Zellwände zu beseitigen, ätzte ich auch hier ein Präparat erst mit kalter, dann mit

erwärmter Salzsäure, wobei sich die schon bei dem Zellenkalke von Kaltenleutgeben beschriebenen Erscheinungen deutlich zeigten. Das von Inostranzeff ¹⁾ bei den von ihm untersuchten Kalksteinen und Dolomiten angegebene Unterscheidungsmerkmal zwischen Calcit und Dolomit, wonach Spaltungslinien an den Calcitkörnern vorkommen und auch noch eine Zwillingsstreifung ersichtlich ist, während sich an den dunkleren Körnern zwar Spaltungslinien, aber absolut keine Zwillingsstreifung wahrnehmen lässt, hatte ich an keinem der von mir untersuchten Kalksteine bemerkt, obwohl eine 720malige Vergrößerung bei absolut nicht feinkörnigem Kalkstein unmöglich als zu gering betrachtet werden kann, und die von Inostranzeff beobachtete Erscheinung doch wohl auch an anderen dolomitischen Kalksteinen als den von ihm untersuchten wahrgenommen werden müsste. Der Umstand jedoch, dass die dunkleren Körner sich erst in erwärmter, die helleren jedoch schon in kalter verdünnter Säure lösen und stets dort zunehmen, wo sich durch die Analyse ein grösserer Gehalt an kohlenurem Kalk ergibt, beweist, dass in den Kalksteinen die helleren Körner Calcit sind, während die dunkleren als Dolomit anzusehen wären. Es beweist aber auch das in dolomitischen Kalken stets beobachtete Vorhandensein solcher heller und dunkler Körner, dass die Dolomitirung der Kalksteine nicht in einer theilweisen isomorphen Vertretung des kohlenurem Kalkes durch kohlenure Magnesia begründet sei, sondern in einer Beimengung von Dolomitsubstanz bestehe. Somit wird bei der Bildung der Zellenkalke auch dann, wenn die Asche ein normaler Dolomit ist, die Dolomitsubstanz nicht erst von aussen hinzugeführt, sondern sie ist stets schon in dem zum Zellenkalke umgebildeten Kalkstein vorhanden.

Eine Analyse des dichten Gesteines, der Zellwände und der Asche dieses Zellenkalkes ergab :

	Frischer Kalkstein (5)	Zellwände (6)	Asche (7)
Kalk	48·53	46·08	30·91
Magnesia	6·25	8·57	20·96
Kohlensäure	43·86	43·42	45·33
Wasser	0·31	0·55	0·77
Unlöslicher Rückstand	0·35	0·61	2·06
	99·30	99·23	100·03

Und hieraus :

	(5)	(6)	(7)
Kohlensaurer Kalk	86·66	82·28	55·19
Kohlensäure Magnesia	13·12	18·00	44·01
Unlöslicher Rückstand	0·66	1·16	2·83
	100·44	101·44	102·03

Auf dieselbe Weise wie in den früheren Fällen gerechnet ergibt sich hier der Löslichkeits-Quotient zwischen dem Kalkspath und Dolomit, des frischen Gesteines und der Asche mit 11·26, also den beiden

¹⁾ Tschermak's mineralogische Mittheilungen. 1872. I. Heft. — Untersuchungen von Kalksteinen und Dolomiten als Beitrag zur Kenntniss des Metamorphismus.

früheren Quotienten nahezu gleich, obwohl hier die chemische Zusammensetzung sowohl des dichten Kalksteines als auch der Asche eine wesentlich verschiedene ist.

Nach diesen Ergebnissen sieht man sofort, dass hier dieselbe Grundbedingung der Bildung obwaltet wie bei der ersten Art von Zellenkalcken. Auch hier wird das leicht lösliche Kalk-Carbonat von den Meteorwässern in grösserer Menge aufgelöst und als Bicarbonat fortgeführt als das schwerer lösliche Kalk-Magnesia-Carbonat, das als feinkörnige Asche, die einen normalen Dolomit repräsentirt, zurückbleibt.

Vergleicht man die analytischen Daten der Zellwände mit denen des dichten Kalksteines so ergibt sich eine auffallend proportionale Substitution der Carbonate. Der kohlen saure Kalk hat abgenommen, dafür aber die kohlen saure Magnesia um nahezu ebensoviel zugenommen, welches Ergebniss auch vollkommen der Annahme: „die Zellwände sind ein inniges Gemenge von krystallinischem Calcit und Dolomit“ entspricht. Nimmt man noch hiezu die Zunahme an unlöslichen Bestandtheilen und erwägt hiebei, dass die Zellwände stets nur sehr dünn sind, so ergibt sich die Bildung der Zellwände etwa auf diese Art, dass sich in den Rissen und Spalten des Kalksteines zugleich mit dem gelösten Kalk-Carbonat auch ein Theil der in den kohlen säurehaltigen Gewässern unlöslich gebliebenen Bestandtheile und etwas Magnesia-Carbonat abgesetzt hätte. Darnach bestanden dann die Zellen aus einem Kalkstein, der zwar in Folge seiner Bestandtheile eine geringere Löslichkeit zeigte als die dichte Kalksteinmasse, aber den Einflüssen der Meteorwässer bei weitem nicht so lange Widerstand zu leisten vermochte als die vollkommen krystallinischen Zellen anderer Zellenkalke. Es erscheinen demnach die Zellen meist auch nur äusserst fein und übergehen sehr rasch in jene pulverförmige Masse, die als normaler Dolomit die Zellen ausfüllt.

Allerdings ist bei unseren Betrachtungen die dichte Kalksteinmasse ebenfalls krystallinischer Kalk, und so sollte also diese durch eine ebenso geringe Löslichkeit ausgezeichnet sein als die krystallinischen Zellen. Indessen ist hier die Löslichkeits-Differenz darin begründet, dass bei den phanero krystallinischen Zellen die einzelnen Individuen viel grösser sein müssen als die der krypto krystallinischen Kalksteinmasse, und demnach den Einflüssen der Gewässer eine kleinere Oberfläche bieten und somit auch nur in geringerem Masse aufgelöst werden können als die dichte Kalksteinmasse, deren krystallinische Individuen viel kleiner sind und weil eben in viel grösserer Anzahl vorhanden, den Einwirkungen der Meteorwässer auch eine grössere Oberfläche darbieten müssen.

Im Allgemeinen sieht dieser Zellenkalk einem Zellendolomite sehr ähnlich und der Umstand, dass sich aus stark dolomitischen Kalken meist Zellenkalke bilden, deren Asche ein normaler Dolomit ist, mag wohl der Grund gewesen sein, warum man oft Zellenkalke und Zellendolomite unter einem Namen — dem der Rauhwaacke — begriff und warum man früher die Rauhwaacke als dolomitisches Gebilde hielt, woraus unter Umständen auch ein dichter Kalkstein werden konnte.

Von diesem Grundgedanken geht auch Morlot¹⁾ bei der Erklärung der Rauhackenbildung aus und versucht, von der Ansicht Haidinger's befangen, der sich auch die Rauhacken nur aus Dolomit entstanden dachte, diese Bildungsweise selbst in dem Falle noch aufrecht zu erhalten, wo er in einer Grundmasse von gelblicher Rauhacke grosse Brocken eines weissen unveränderten Kalkes fand. „Dieses Vorkommen, sagt da Morlot²⁾, ist etwas räthselhaft, denn wenn die Rauhacke von Dolomit entstanden ist, wie kann sie Brocken von körnigem Kalk umschliessen? Es scheint als ob die Rauhackepartien unmittelbar aus dem körnigen Kalk entstanden wären!“ Obwohl diese Erscheinung, die sich auch öfter bei den Zellenkalken von den Atlitzgräben zeigt, der beste Anhaltspunkt für eine richtige Erklärung der Zellenkalkbildung gewesen wäre, so leitet doch Morlot die Entstehungsweise von einem Dolomit ab. Wie grundlos diese seine Erklärung der Rauhackenbildung ist, werde ich in der Folge klarzulegen versuchen.

Zellenkalk aus den Atlitzgräben bei Schottwien.

An die schiefriegen Gesteine des Thales von Schottwien schliesst sich ein mächtiger Zug hellgefärbter, bald mächtig bald dünn geschichteter, oft stark dolomitischer Kalke, die den Atlitzgräben entlang blosgelegt erscheinen und an zahlreichen Punkten starke Zerklüftungen zeigen. In den oberen Schichten finden sich häufig Breccien, an denen sich öfter eine zellige Structur zeigt. Häufig übergehen auch diese Kalkstein-Breccien in vollkommene Zellenkalke, die hier gegen die Oberfläche allgemein verbreitet sind. Nicht selten erscheinen an den den grösseren Klüften zunächst gelegenen Theilen der Kalksteine ebenfalls breccienartige Gebilde, an denen oft der Uebergang in Zellenkalke deutlich ersichtlich ist. An den demselben Zuge gehörigen Kalken bei Reichenau fand Tschermak³⁾ eine reichliche Zone von Zellenkalken und bei der Ruine Klamm sind nach F. v. Hauer⁴⁾ die Kalksteine in den oberen Lagen auch in Zellenkalke umgewandelt. Südlich von dieser Kalksteinzone erscheinen die dem Quarzit von Otterberg übergelagerten Kalke in den oberen Schichten ebenfalls im Zellenkalke übergehend. Auch an anderen Punkten der silurischen Gebirgszone der Nordalpen finden sich die Zellenkalke unter denselben Verhältnissen, so dass kein Zweifel obwalten kann, dass hier ebenso wie an anderen Orten dieselben Bedingungen ihrer Bildung vorhanden gewesen sein mussten.

Von den bisher besprochenen Zellenkalken zeigt der aus den Atlitzgräben, entsprechend seiner Entstehungsweise von einer Breccie,

¹⁾ Haidinger's Berichte der Freunde der Naturwissenschaft. Bd. VII, p. 81.

²⁾ L. c. pag. 89.

³⁾ G. Tschermak: Die Zone der älteren Schiefer am Semmering. Verhandl. der k. k. geol. R.-A. 1873, pag. 62.

⁴⁾ Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntnisse der Bodenbeschaffenheit von Oesterreich-Ungarn. pag. 219.

ein Bild grösster Unregelmässigkeit. Die Zellen sind von einer weissen pulverigen Masse ausgefüllt, und zeigen nach Entfernung derselben Formen die es ausser allem Zweifel setzen, dass hier ursprünglich scharfkantige Bruchstücke festen Gesteines eingebettet lagen. Man sieht hieraus sofort, dass man es hier mit einem Umwandlungsproducte einer Breccie zu thun habe, wobei sowohl die Bruchstücke als die sie verbindende Masse Kalkstein sind.

Ich unterzog nun den gelben dichten Kalkstein, der die Zellen bildete, sowie die weisse pulverige Masse, welche dieselben ausfüllte, einer Analyse und fand :

	Zellwände (8)	Asche (9)
Kalk	41·46	30·61
Magnesia	9·96	20·14
Kohlensäure	42·98	45·34
Eisenoxyd	0·85	Spur
Thonerde	0·39	0·26
Unlöslicher Rückstand :		
Kieselsäure	2·08	1·16
Thonerde	1·62	1·56
	99·34	99·07
Daraus ergibt sich :		
	(8)	(9)
Kohlensaurer Kalk	74·03	54·66
Kohlensäure Magnesia	20·92	42·29
Thonerde-Silicat	4·94	2·98
	99·89	99·93

Nach diesen Zahlen ist ersichtlich, dass die Zellen dolomitischer Kalkstein sind, die weisse pulverige Masse jedoch normaler Dolomit ist.

Erwägen wir nun den Umstand, dass das Kalk-Magnesia-Carbonat in kohlenensäurehaltigem Wasser viel schwerer löslich ist als das Kalk-Carbonat, erinnern wir uns an die im Vorhergehenden berechneten Löslichkeits-Quotienten zwischen Kalkspath und Dolomit, so wird es uns unzweifelhaft erscheinen, dass die weisse pulverige Masse dieses Zellenkalkes in ihrer Entstehungsweise unmöglich mit dem die Zellen bildenden gelben, dichten Kalkstein in irgend einer Verbindung stehen kann; denn wäre dieses der Fall und wäre hier derselbe Process geltend, wie bei der früheren Art von Zellenkalken, dann hätten ja eben die Zellwände, welche hier nur dichter, dolomitischer Kalkstein sind, den Meteorwässern nicht länger Stand zu halten vermocht als der Kalkstein, aus dem die Asche entstand. Ueberdies ist hier dieser ebenfalls dolomitischer Kalk, der, nach der chemischen Zusammensetzung der Asche zu urtheilen, noch mehr Dolomitsubstanz enthalten haben wird, demnach sogar einen geringeren Löslichkeits-Quotienten gehabt haben musste als der die Zellen bildende gelbe Kalkstein.

Es spricht somit dieser Umstand für eine Bildungsweise, wornach der Kalkstein, aus dem die pulverige Masse entstand, länger den Einflüssen der Meteorwässer ausgesetzt sein musste als der die Zellen bildende. Eine solche Bedingung ist jedoch nur bei einer Breccie oder

einem Conglomerate möglich, denn da ist es wohl mit der Erfahrung vereinbar, dass Kalkstein- oder auch Dolomitbrocken dann durch eine neu gebildete Kalksteinmasse verkittet worden sind, als sie selbst schon ein Zersetzungsstadium durchgemacht hatten und demnach auch bei weiterer Einwirkung von Meteorwässern rascher zersetzt werden mussten als der sie verkittende frisch gebildete Kalkstein.

Diese Bildungsverhältnisse finden sich in ausgezeichneter Weise an den Zellenkalken aus den Atlitzgräben bei Schottwien ausgesprochen, indem einzelne noch vollkommen erhaltene Breccien, die durch gelben dichten Kalkstein verbundenen grauen Kalkstein-Bruchstücke in bereits etwas zersetztem Zustande zeigen, während man an anderen die Umwandlung in jene erwähnte weisse pulverförmige Masse verfolgen kann. Durch weiteres Fortschreiten des Zersetzungsprocesses verliert diese Masse immer mehr ihren Zusammenhang und so entsteht endlich ein Zellenkalk, dessen aus dichtem Kalkstein bestehende Zellen bald leer, bald mit einem pulverigen Dolomit ausgefüllt erscheinen.

Bildungsverhältnisse.

Nachdem durch die angeführten Analysen einerseits einzelne Prozesse der Zellenkalkbildung erläutert wurden, andererseits klargestellt worden ist, dass die Zellenkalke als secundäre Gebilde zu betrachten sind und im Vorhergehenden gezeigt worden war, dass die Kohlensäure eines jener Agentien ist, die in sedimentären Gesteinen leicht Umwandlungen veranlassen können, wird es wohl nicht schwer erklärlich, dass bei der Zellenkalkbildung kohlenensäurehaltige Gewässer die Umbildung veranlasst hatten und hiebei im Allgemeinen folgender Process stattgefunden haben kann.

Die Meteorwässer, welche die verhältnissmässig dünne Erdkruste leicht durchdringen, wirken als starke Zersetzungsmittel auf die Kalksteine ein, durchziehen die feinen Risse und Sprünge derselben und lösen hiebei kohlen-sauren Kalk allmählig auf. Dadurch, dass die Gewässer durch die in den Rissen ihnen gleichsam gebahnten Canäle leicht weiter hinab dringen und die unlöslich gebliebenen Bestandtheile fortführen können, vermag der aufgelöste reine kohlen-saure Kalk zur Krystallisation zu gelangen, und so sind nach einiger Zeit die zahlreichen feinen Spalten und Risse mit krystallinischem Kalk-Carbonat ausgefüllt. Bei weiterer Einwirkung der Meteorwässer werden dann die den krystallinischen Adern zwischenliegenden Theile des Kalksteines von der Umbildung zunächst ergriffen, das leicht lösliche kryptokrystallinische Kalk-Carbonat aufgelöst als Bicarbonat grösstentheils fortgeführt, das etwa vorhandene im kohlen-säurehaltigen Wasser schwerer lösliche Kalk-Magnesia-Carbonat aber, sowie etwa vorhandene unlösliche Bestandtheile — Quarz oder Thon — als eine lockere Masse zurückgelassen, während die Adern, die als phanokrystallinischer Kalk, der bekanntlich einer der schwer löslichsten Kalk-Carbonate ist, den Einwirkungen der Kohlensäure länger Stand zu halten vermögen, erhalten bleiben und die Zellen bilden, in denen sich die lockere Masse befindet. Durch fernere Einwirkung der Gewässer schreitet diese Umbildung nach der bezeichneten Weise immer weiter,

die krystallinischen Zellwände werden im Verhältniss zur dichten Kalksteinmasse nur wenig aufgelöst und es entstehen endlich jene schon im Eingange besprochenen Zellenkalke, die durch zahlreiche, oft ziemlich regelmässig angeordnete krystallinische Zellen ausgezeichnet sind.

Durch zahlreiche Versuche bezüglich der Löslichkeit des krystallinischen und dichten Kalk-Carbonates in kohlensäurehaltigem Wasser erwies Bischof ¹⁾, dass der rhomboedrische Kalkspath das schwer löslichste Kalk-Carbonat ist. Es ergab sich nach seinen Untersuchungen, die er mit Kreide und Kalkspath in der Weise ausgeführt hatte, dass er stets 24 Stunden lang in das destillirte Wasser, worin das gepulverte Kalk-Carbonat suspendirt war, Kohlensäure einleitete, hierauf die filtrirte Lösung wog, darauf eindampfte und das Gewicht des Rückstandes bestimmte, dass folgende Quantitäten des mit Kohlensäure gesättigten Wassers nöthig waren, um ein Theil des Kalk-Carbonates aufzulösen :

1. Kreide 1000 Theile;
2. Kreide nach einstündigem Durchleiten der Kohlensäure 990 Theile ;
3. Kreide nach zweistündigem Durchleiten der Kohlensäure 1099 Theile ;
4. Kreide nach dreistündigem Durchleiten der Kohlensäure 989 Theile ;
5. Kalk-Carbonat dargestellt aus Chlorcalcium durch Kali-Carbonat 2221 Theile ;
6. Kalkspath 3149 Theile.

Aus diesen Zahlen schloss nun Bischof, dass in gleichen Zeiten und unter gleichen Umständen vom amorphen Kalk-Carbonat dreimal soviel aufgelöst und fortgeführt wird als vom krystallinischen.

Nach diesen Untersuchungen ist es wohl zur Genüge erwiesen, dass die vorhin bei der Erklärung unserer Zellenkalke gemachte Annahme, der Kalkspath sei eines der schwer löslichsten Kalk-Carbonate, vollkommen begründet sei und somit die Zellen, die eben aus Kalkspath bestehen, den kohlensäurehaltigen Gewässern länger widerstehen können als die dichten Kalk- oder Magnesia-Carbonate.

Nicht minder als diese für die Erklärung der Zellenkalkbildung gemachte Annahme findet auch die andere, nämlich das leichte Eindringen der Meteorwässer in die Kalksteine, durch das gewöhnliche Auftreten der Zellenkalke in den der Erdkruste zunächst gelegenen Schichten ihre Bestätigung.

Durch diese eben erläuterte Bildungsweise der Zellenkalke ist jedoch die Theorie im Allgemeinen nicht erschöpft, denn da wir Zellenkalke mit einem von dem bisher beschriebenen wesentlich verschiedenen Habitus kennen gelernt haben, so ist mit Recht anzunehmen, dass ihre Bildungsweise wohl eine andere sein müsse. Wie wir bereits oben gesehen hatten, sind diese Zellenkalke durch die unregelmässige Anordnung ihrer Zellen und die meist normal dolomitische Asche besonders

¹⁾ Lehrbuch der chemischen und physik. Geologie. Band II, pag. 111.

charakterisirt. Die eine Art derselben, die sich aus ursprünglich dichtem Kalkstein bildet, unterscheidet sich, wie wir bei der Analyse des Zellenkalkes von Kalksburg (I) gesehen hatten, in ihrer Bildungsweise von den Zellenkalken mit krystallinischen Zellen nur sehr wenig; wesentlich anders gestaltet sich aber die Entstehungsweise der Zellenkalke, die ihre Bildung einer Breccie verdanken. Hier ist der Bildungsprocess im Wesentlichen der, dass bald grössere bald kleinere, durch chemische oder mechanische Einflüsse entstandene Kalkstein- oder auch Dolomittrümmer, die eine Zeit lang den Einflüssen atmosphärischer Gewässer ausgesetzt waren, in einem Zustande wo sie, obwohl verändert, die Cohäsion ihrer Theilchen doch noch nicht ganz eingebüsst hatten, durch eine frisch gebildete Kalksteinmasse verbunden werden. Es entsteht auf diese Weise eine Breccie, deren Bestandtheile den Einflüssen der Atmosphärien nicht gleich widerstandsfähig sind und von denen somit die einen viel früher als die anderen ihren Aggregationszustand vollkommen verändern und hiebei eine pulverige Masse bilden, die von dem erhalten gebliebenen Kalkstein umschlossen wird. Diese Umbildung, die sich zuerst an der Oberfläche wahrnehmbar macht, schreitet nun rasch weiter, die pulverige Masse verliert alsbald ihre Consistenz vollständig und die Gewässer, die jetzt noch viel leichter das Innere einer solchen oft sehr grossen Breccie durchdringen können, verursachen nun im Inneren an den schon zer-setzt gewesenen Kalksteinbrocken sehr leicht dieselben Veränderungen, so dass wir endlich einem cavernösen Kalk begegnen, dessen Zellen oft ganz abgeschlossen erscheinen, die mannigfaltigsten Formen zeigen und ohne jede Symmetrie angeordnet sind.

Eine ähnliche Erscheinung wie diese eben erläuterte Art von Zellenkalken bieten uns auch die von Haidinger¹⁾ beschriebenen hohlen Geschiebe aus dem Leithagebirge, die ganz ähnlichen Processen wie der eben angedeutete ihre Entstehung verdanken. Auch hier sind, wie aus den im Folgenden angeführten Analysen leicht ersichtlich sein wird, die festen Geschiebe sowie die sie umgebende Masse dolomitischer Kalkstein, während das Pulver derselben Dolomit ist. In seiner Arbeit (l. c. pag. 12) erwähnt Haidinger:

„Die Grundmasse in der die dunkelgrauen Geschiebe liegen, ist ein gelblichgrauer Kalkstein wovon hundert Theile enthalten:

Unlöslichen Rückstand	. . .	1·29	ist zum Theile Quarz,
Kohlensauen Kalk	. . .	98·00	
Kohlensaure Magnesia	. . .	0·50	
Eisenoxyd	Spur	
		<hr/>	
		99·79	

Ein ganz festes Geschiebe von dunkelgrauer Farbe, krystallinisch, feinkörnig, enthielt in hundert Theilen:

Unlöslichen Rückstand	. . .	0·42
Kohlensauen Kalk	98·33
Kohlensaure Magnesia	0·80
		<hr/>
		99·55

¹⁾ Die hohlen Geschiebe aus dem Leithagebirge. Wien, 1856. Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften, Bd. 21, 1856.

Die äussere Schale eines im Inneren zu Pulver zerfallenen Geschiebes ergab in hundert Theilen:

Kohlensauren Kalk	87·26
Kohlensaure Magnesia	12·00
	99·26

Das Pulver aus dem Inneren eines Geschiebes enthielt in hundert Theilen:

Unlöslichen Rückstand	Spur
Kohlensauren Kalk	62·52
Kohlensaure Magnesia	36·75
	99·27.“

Aus diesen analytischen Daten ersieht man, dass hier ebenso wie bei dem von mir beschriebenen Zellenkalke von den Atlitzgräben, das Bindemittel kohlen-saurer Kalk, das Pulver Dolomit ist. Ueberdies hatte das Bindemittel als kohlen-saurer Kalk mit einem sehr geringen Gehalt an Dolomitsubstanz einen grösseren Löslichkeits-Quotienten als das Geschiebe selbst. Auch hier konnte also kein anderer Process stattgefunden haben, als dass das Kalk-Carbonat von kohlen-sauren Gewässern fortgeführt wurde, während das Kalk-Magnesia-Carbonat meistens zurückblieb. Haidinger nimmt auch hiebei dasselbe Agens und dieselben Verhältnisse zwischen den Geschieben und ihrem Bindemittel an, wie ich es bei den Zellenkalcken wirksam dachte und voraussetzte, denn er sagt diesbezüglich ¹⁾: „Ohne Zweifel geschieht aber eine solche Veränderung durch die in dem natürlichen Zustande stets die Gesteine durchströmende Gebirgsfeuchtigkeit, bei welcher es vielleicht genügt vorauszusetzen, dass sie mit einem Gehalt an Kohlen-säure eintritt und dem Aequivalentgewicht entsprechend mehr kohlen-saure Kalkerde als kohlen-saure Magnesia in sich aufnimmt. Kohlen-saurer Kalk aber, der nun in den Räumen der Geschiebe fehlt, findet sich in der umgebenden Kalksteinmasse als Kalkspath, als Bindemittel frisch abgesetzt. Gewiss unterliegen die Geschiebe dann vorzüglich der Veränderung, wenn sie eine von der umgebenden Masse verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen.“

Gümbel ²⁾ schreibt auch die Entstehung der in den Alpen weit verbreiteten breccienartigen Rauhacken analogen Ursachen zu, wie bei den hohlen Geschieben in den diluvialen oder tertiären Conglomeraten, und Beyrich ³⁾, der die breccienartigen Rauhacken in der Zechsteinformation am südlichen Harzrande beobachtet hatte, nimmt an, dass eckige Bruchstücke von Dolomit durch ein kalkiges Bindemittel verbunden seien, das, wie Gümbel bei ähnlichen Erscheinungen annimmt, ein Sintergebilde sei, für welches die das aufsteigende dolomitische Gestein durchziehenden oder theilweise auflösenden Gewässer das Material lieferten. Diese Dolomitbrocken lösen sich zu Dolomitsand auf, dieser fällt heraus und so entstehen die luckigen Gesteine, welche kein Dolomit sind.

¹⁾ L. c. pag. 13.

²⁾ Zeitschrift der deutsch-geologischen Gesellschaft. 1866. pag. 391.

³⁾ Ebendasselbst.

Auch Morlot¹⁾ führt in seiner Arbeit an, dass sich bei Raibl ein rauhwackenartiges Gebilde in Verbindung mit einem dichten Kalkstein gezeigt hatte, wobei manche von den eingeschlossenen Kalkbrocken im Inneren — gerade wie bei den tertiären Geschieben so häufig der Fall ist — zerstört und zu Kalkmehl zerfallen sind. Diese Erscheinung, die ebenso wie die vorerst angeführten Beobachtungen der sprechendste Beweis für die von mir aufgestellte Theorie der Bildungsweise breccienartiger Zellenkalke ist, schien Morlot von so grosser Eigenthümlichkeit, dass er sie für die Erklärung der Bildungsweise der Zellenkalke durchaus nicht in Betracht ziehen zu müssen glaubte. Indessen scheint es schon bei einfacher Ueberlegung gar zu unwahrscheinlich, ja unmöglich, dass bei einer Bildungsweise der Zellenkalke, aus Dolomit oder selbst Kalkstein, so wie es sich Morlot gedacht haben mochte, ein Theil des dichten Kalkes, in dem sich die Hohlräume befinden, länger den Meteorwässern widerstehen sollte als der andere, aus dem man dann das Dolomitpulver herleiten wollte. Bei genauer Untersuchung findet man jedoch, wie es sich auch bei dem Zellenkalke von Kalksburg (I) zeigte, dass die anscheinend nur dichten Kalkstein repräsentirenden Zellwände einerseits jüngere Gebilde sind als die übrige Kalksteinmasse, andererseits ein feines krystallinisches Gefüge haben, welches, in Verbindung mit vorherrschend unlöslichen Bestandtheilen des Kalksteines, eine grössere Widerstandsfähigkeit besitzt als der zwischenliegende dichte Kalk. Sind aber die Zellen wirklich nur dichter Kalkstein, dann ist, wie wir vorhin gesehen, ihre Entstehung mit dem die pulverige Masse bildenden Kalke durchaus keine gleichzeitige. In jedem dieser Fälle ist die Bildungsweise der Zellenkalke den chemischen Wirkungen der bei der Umwandlung sedimentärer Gesteine thätigen Gewässer vollkommen entsprechend, schwerlich liesse sich jedoch eine solche Uebereinstimmung zwischen Ursache und Wirkung bei einer Bildungsweise der Zellenkalke aus Dolomit herausfinden.

Bei dieser Bildungsweise wird der Dolomit, wie Morlot in seiner Arbeit (l. c.) angeführt, nach allen Richtungen von Sprüngen durchsetzt, von denen aus seine Umwandlung in kohlensauren Kalk beginnt; das so gebildete Kalkadernetz erweitert sich dann immer mehr auf Kosten der eingeschlossenen Dolomitbruchstücke, während secundäre Sprünge entstehen, von denen aus dasselbe geschieht, bis sich endlich, wenn die Umbildung lange genug angedauert hat, eine dichte Kalkmasse bildet, die man vollendete Rauhwacke nennen kann. Wird dagegen diese Umbildung zu früh unterbrochen, so bleibt die zellige Rauhwacke mit noch eingeschlossenen grösseren oder kleineren Brocken des ursprünglichen Dolomites übrig.

„Mit der auf diese entwickelte Weise, sagt Morlot weiter, vorschreitenden concentrischen Veränderung der Dolomitbrocken von aussen nach innen, muss auch gleichzeitig die Aufhebung ihrer inneren Cohäsion und ihr Uebergang in den pulverförmigen Zustand verbunden sein, da man diesen in noch nicht durch Zellen zertheiltem Dolomit

¹⁾ L. c. pag. 90.

vermisst. Es muss zugleich dieser Uebergang ziemlich plötzlich geschehen, da man auch in den grösseren Zellen mit nur dünnen Zwischenwänden keinen festen, harten Kern in ihrer Mitte, sondern nur das ganz gleichförmige, wie blosser Staub so feine Pulver findet.“

Eine solche Zellenkalkbildung ist nach den bekannten chemischen Wirkungen der Meteorwässer geradezu unmöglich, denn nehmen wir an, dass die auf den Dolomit einwirkenden Gewässer kohlenensäurehaltig waren, dann wäre es wohl schwer erklärlich, wieso sich aus einem normalen Dolomit in den Sprüngen stets nur Kalk-Carbonat, das doch in kohlenensäurehaltigem Wasser leicht löslich ist und von demselben auch leicht fortgeführt wird, absetzen könnte, während das Kalk-Magnesia-Carbonat, das wohl hier zu gleicher Zeit mit dem Kalk in Lösung gewesen sein musste, stets fortgeführt wird. Im Gegentheil müsste, der Erfahrung gemäss, das leichter lösliche Kalk-Carbonat fortgeführt werden, das schwerer lösliche Kalk-Magnesia-Carbonat aber zurückbleiben. Aus dem Bicarbonat des Kalkes und der Magnesia kann doch wohl nicht ein Kalk-Carbonat entstehen das endlich, wie es sich Morlot bei der vollendeten Rauhwanne dachte, dasselbe Volumen hätte als früher das Bicarbonat. Und dann — wo wäre das Kalk-Magnesia-Carbonat hingekommen, wenn es nicht fortgeführt wird? Von kohlenensäurehaltigen Wässern kann es jedoch nicht früher fortgeführt werden, als das Kalk-Carbonat, das in unserem Falle die Zellwände bilden soll. Ferner ist es ebenso schwer zu erklären, wieso die übrig gebliebenen Dolomitbrocken, bei einer concentrisch von aussen nach innen fortschreitenden Veränderung, gleichzeitig mit dieser Veränderung und plötzlich in einen pulverförmigen Zustand übergehen sollten.

Wollten wir uns jedoch statt der kohlenensäurehaltigen Wässer kohlenensäurefreie einwirkend denken, dann müssten wir von dem bisher beobachteten Auftreten der Zellenkalke in den der Erdkruste zunächst gelegenen Schichten oder an der Oberfläche von frischen Kalken vollkommen absehen und die Zellenkalke in tieferen Schichten suchen, wo die eindringenden Meteorwässer ihre Kohlensäure bereits grösstentheils abgegeben haben.

Cavernöser Dolomit.

Ganz verschieden von dieser im Vorhergehenden klargelegten Bildungsweise der Zellenkalke ist die der cavernösen Dolomite, die so häufig auch unter dem Namen „Rauhwanne“ begriffen werden. Das dolomitische Aussehen so mancher Zellenkalke, der normale Dolomit, der oft die Asche bildet, war wohl die Veranlassung, dass so viele Forscher, die Rauhwanne aus Dolomit entstanden wissen wollten, ohne zu berücksichtigen, dass bei den typischsten Rauhwanne der Uebergang in dichten Kalkstein augenfällig ist. Allerdings lässt sich Kalkstein vom Dolomit durch einfache Kriterien nicht hinlänglich scharf scheiden, indessen wollen wir bei unserer Betrachtung stets einen normalen Dolomit in's Auge fassen, da wohl die meisten Kalksteine, und auch die unserer Beobachtungen, mehr oder weniger dolomitisch sind.

Wenn wir nun nach der Bildungsweise der Zellendolomite fragen, dann drängt sich uns auch unwillkürlich vorerst die Frage nach der Bildungsweise der Dolomite auf. Diese Frage jedoch, die zu fast ebenso vielen Theorien Veranlassung gab als es Verhältnisse giebt, unter denen der Dolomit auftritt, endgiltig zu beantworten, ist bisher noch nicht gelungen, obwohl die ausgezeichnetsten Forscher sich mit derselben beschäftigten. Von den zahlreichen Hypothesen der Dolomitbildung sind aber die von G. Bischof¹⁾ und die von Nauck²⁾ und später auch von Pfaff³⁾ ausgesprochenen die plausibelsten und auch vorzugsweise geeignet die Bildung cavernöser Dolomite zu erklären.

Nach der Nauck'schen Hypothese besteht die Dolomitbildung darin, dass eine Solution von kohlenaurer Magnesia in kohlenäurehaltigem Wasser auf einen Kalkstein einwirkt, hiebei aus demselben kohlenauren Kalk extrahirt und hiefür ein Kalk-Magnesia-Carbonat allmählig absetzt.

Nach Bischof wird durch kohlenäurehaltige Gewässer entweder aus dolomitischem Kalkstein allmählig so viel Kalk-Carbonat extrahirt, bis die Carbonate in gleichen Aequivalenten vorhanden sind, oder es führen kohlenäurehaltige Gewässer einem Kalkstein so lange doppelt kohlenäure Magnesia zu, bis die Aequivalenz beider Carbonate eintritt und somit Dolomit entsteht.

Bringen wir nun mit diesen chemischen Processen, deren Grundbedingung ein fortwährendes Auflösen und Fortführen der einzelnen Carbonate ist, noch den Umstand in Betracht, dass bei der Dolomitirung der Kalksteine nicht eine theilweise isomorphe Vertretung des Kalk-Carbonates durch das Magnesia-Carbonat stattfindet, sondern eine Beimengung von Dolomit-Substanz, wie es auch nach den Untersuchungen des Kalksteines von Kalksburg (I) ersichtlich ist, so ergibt sich die Bildungsweise der cavernösen Dolomite ungefähr auf folgende Art:

Durch Einwirkung kohlenaurer Gewässer auf dolomitischen Kalkstein wird in den Sprüngen und Rissen, womit die Kalksteine gewöhnlich durchzogen sind, fortwährend Dolomitsubstanz abgesetzt, indem einerseits aus dem Kalkstein selbst Kalk-Carbonat extrahirt, andererseits von aussen Magnesia-Carbonat hinzugeführt wird. Bei diesem Prozesse entsteht in dem Kalkstein allmählig ein Netz von Dolomitadern, oder es bilden sich, wenn die Klüfte in dem Kalkstein grösser waren, ganze Dolomit-Complexe, zwischen denen Kalksteinbrocken eingeschlossen sind, wie sie sich auch häufig an in Dolomit metamorphosirten Kalksteinen zeigen. Wirken nun die kohlenäurehaltigen Gewässer weiter, dann unterliegt, dem Löslichkeits-Quotienten entsprechend, der noch erhaltene Kalkstein früher den Einflüssen derselben als die frisch gebildeten Dolomitadern, es entsteht eine pulverige Masse, die reiner Dolomit ist und wir haben endlich ein Gebilde vor uns, dessen Zellen sowohl als auch die sie ausfüllende Asche Dolomit sind — einen cavernösen Dolomit.

¹⁾ Lehrbuch der chemischen und physik. Geologie. III. Band, pag. 79.

²⁾ Poggendorf's Annalen. Band 75 (1843), pag. 149.

³⁾ Poggendorf's Annalen. Band 85, pag. 465.

Der Habitus solcher cavernöser Dolomite ist jedoch von dem der typischen Zellenkalke sehr verschieden und zeigt uns eine Aehnlichkeit mit dem der breccienartigen Zellenkalke. Niemals finden sich Dolomite mit den die Zellenkalke vorzugsweise charakterisirenden ebenflächigen Zellen, immer sind es hier nur Hohlräume, die zumeist von starken Partien dichten Dolomites gebildet sind. Ueberdies sind auch eigentliche Zellendolomite nur selten zu finden und zumeist erweisen sich solche, dem blossen Aussehen nach, cavernösen Dolomiten ähnliche Gebilde bei genauerer Untersuchung als breccienartige Zellenkalke; dort jedoch, wo sich bei einem dolomitähnlichen Gestein ebenflächige Zellen finden, kann man stets schon im Vorhinein annehmen, dass dies ein Zellenkalk sei.

Die im Vorhergehenden erläuterte Bildungsweise cavernöser Dolomite, obwohl der der Zellenkalke anscheinend ähnlich, ist doch von derselben sehr verschieden, denn während bei den Zellenkalken die ganze Umbildung in dem Gestein selbst durch Einfluss von Meteorwässern, ohne wesentliche Volumveränderung des ursprünglichen Gesteines vor sich ging, führen hier die Gewässer noch Magnesia-Bicarbonat hinzu, und da zugleich eine Dolomitirung eintritt, so findet auch eine Volumveränderung statt, die wohl auch der Grund sein dürfte, warum bei Dolomiten Zerklüftungen viel häufiger und auch viel stärker erscheinen als bei Kalksteinen.

Analoge Bildungen.

Wenn schon die chemische Analyse verbunden mit der Beobachtung im Auftreten und der Umwandlung eines Gesteines oder Minerals, dessen Genesis uns zur Genüge erläutern kann, so gewinnt die auf dieser Grundlage aufgebaute Hypothese bedeutend an Werth, wenn wir nach analogen genetischen Verhältnissen anderer Gesteine oder Minerale durch unsere Schlüsse auch auf ganz entlegenen Gebieten einen Zusammenhang der Erscheinungen nachweisen können.

Für die Bildungsweise der Zellenkalke finden wir nun bei mehreren Mineralen analoge Erscheinungen und von diesen sind die Verhältnisse im Auftreten des Galmeis die sprechendsten Beweise für die oben gegebene Erklärung der Zellenkalkbildung.

Bekanntlich zeigen unsere Galmei-Erzlagerstätten in ihrem Vorkommen eine seltsame Analogie ihrer Bildungsverhältnisse. Ob wir nun die der Triasformation gehörigen Galmei-Erzlagerstätten von Kärnten, Ober-Schlesien oder Polen mit denen der Devonformation der Rheinprovinz und Westphalens, denen der Kreideformation gehörigen von Spanien oder auch mit denen der Silurformation angehörenden von Sardinien vergleichen, überall sind es, wie bekannt, Kalksteine oder Dolomite, in denen der Galmei auftritt. Aber auch die Art und Weise seines Auftretens ist, von geringen Unterschieden abgesehen, eine nahezu gleiche.

Der Galmei der Erzlagerstätte von Tarnowitz in Ober-Schlesien erscheint nach Krug v. Nidda¹⁾ bald in oolithischen Körnern und Concretionen, häufig hohl oder mit Letten ausgefüllt, bald in Krystalldrusen, bald in tropfstein-, nieren- und traubenförmigen Ausfüllungen von hohlen Räumen. „Sehr häufig, sagt Krug v. Nidda, umschliesst das Galmeilager Schichten und Bruchstücke des Sohlenkalksteines auf dem es aufliegt, die dann gewöhnlich mit Beibehaltung der Form in Galmei umgewandelt sind. In solchen metamorphosirten Sohlensteinbänken finden sich zumeist noch die Einschlüsse von wohl erhaltenen Muschelschalen des Sohlensteines in Galmei umgewandelt.“ — Dieser Umstand sowie die dem Galmei angrenzenden metamorphosirten Theile des Sohlenkalksteines liessen nun mit Sicherheit annehmen, dass der Galmei hier eine metamorphosische Bildung des Dolomits sei.

„Einer der lehrreichsten Aufschlüsse über die Umwandlung des Dolomites in Galmei zeigt sich, nach Krug v. Nidda, in der Scharleygrube in Tarnowitz. Der durchfahrene Dolomit ist hier vielfältig bis zu zollstarken Klüften zerspalten, die mit kieselsaurem oder kohlsaurem Zinkoxyd, zuweilen auch mit Zinkblende ausgefüllt sind. Je näher dem Galmeilager, desto mehr solcher Klüfte, so dass das Gestein zu einem wahren Trümmergestein wird. Von den Klüften aus, in denen die wässerige Zinksalzlösung circulirt hat, ist hier unverkennbar die Umwandlung des Nebengesteines erfolgt. Zunächst über dem Sohlenkalkstein, in dessen wasserdichte Schichten die Gewässer nicht eindringen konnten, zeigt sich in der Regel die Umwandlung am vollständigsten, der Galmei also am reinsten und reichsten. Die ungleiche Zerklüftung und Porosität des Dolomits musste auf diese Erzbildung von wesentlichem Einflusse gewesen sein. Einzelne Schichten und Parteien des Dolomits widerstanden den Gewässern, andere wurden gänzlich metamorphosirt. Häufig besteht eine und dieselbe Schichte an einer Stelle aus Dolomit, an einer anderen aus Galmei.“

Nahezu dieselben Bildungsverhältnisse der Galmei-Erze, wie sie sich in Tarnowitz zeigen, hatte ich in den Galmeigruben von Boleslav und Olkusz in Polen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Die Galmei-Erze von Boleslav und Olkusz liegen im triassischen Dolomit und sind durch eine Sanddwüste, die sich von Nord nach Süd ausbreitet, von einander getrennt. Der Galmei, dessen Abbau erst seit Kurzem, wo die seit dem Ende des 17. Jahrhunderts unter Wasser befindlichen alten Bleierzgruben von Boleslav entwässert wurden, in etwas ausgehnter Weise betrieben wird, kommt hier in Nestern vor und zeigt zumeist stark cavernöse Formen, die in den Hohlräumen oft noch frisch erhaltene Dolomitbrocken enthalten. In der Ulysses-Grube in Boleslav fand ich, bei einem etwa 10 Meter tieferen Bau als das frühere Niveau des Wassers war, die Bildungsverhältnisse am deutlichsten ausgesprochen. Während nämlich in den oberen Schichten, wo das Eindringen und die Circulation der Gewässer bedeutend grösser war als in den tieferen, der Galmei ganz zellig ist, mit oft noch frischen Dolomitbrocken, er-

¹⁾ Ueber die Erzlagerstätte des oberschlesischen Muschelkalkes. Zeitschrift der deutsch-geol. Gesellschaft. Band II, pag. 206.

scheint in den tieferen Lagen, wo die Spalten und Risse im Dolomit allmählig abnahmen und somit die Einwirkung der Gewässer in den hier noch vorhandenen Spalten eine constantere war, die Umwandlung viel vollkommener. Die vom Galmei eingeschlossenen Dolomitbrocken sind nun häufig ganz verschwunden und an ihrer Stelle findet sich eine pulverförmige galmeihaltige Masse, so dass das ganze Gebilde in seinem Aussehen den breccienartigen Zellenkalken vollkommen gleicht. Nicht selten findet man dann auch ganze Platten von anscheinend reinem Galmei, die grössere Klüfte in dem Dolomite ausfüllen und oft an zwei Seiten schöne Abdrücke von Calcitskalenoedern zeigen, die mitunter die Seiten solcher Klüfte bedecken.

Berücksichtigt man alle diese Verhältnisse, so kann kein Zweifel obwalten, dass wir es hier ebenso wie in Tarnowitz mit metamorphischen Bildungen nach Kalkstein oder Dolomit zu thun haben und diese Bildungsweise der Zellenkalkbildung analog ist.

Anschliessend an diese Bildungsweise des Galmeis wären noch die Pseudomorphosen der Lagerstätte von Ober-Schlesien zu erwähnen und hievon ein Galmei mit pseudomorphosirtem Calcit, aus der Elisabeth-Grube von Bobreck bei Beuthen, der sich im k. k. mineralogischen Hof-Museum befindet, besonders hervorzuheben. Rings um die Calcit-Pseudomorphosen findet sich nämlich ein vollkommen cavernöses Gebilde mit unregelmässig vertheilten Hohlräumen, die ein krystallinisches Gefüge zeigen und entweder hohl oder mit amorphen Galmeimassen ausgefüllt sind, die selbst wieder eine zellige Structur haben. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese zellige Structur eine Abformung der Spaltungsrichtungen des Calcites ist, auf dem die Stufe lag, indem die einzelnen Zellen rhomboëdrische Hohlräume repräsentiren.

Vergleichen wir nun mit den Bildungsverhältnissen in Tarnowitz, Boleslav und Olkusz die Beobachtungen Pošepny's an der Galmei-Erzlagerstätte von Raibl in Kärnten¹⁾, so finden wir, dass hier ebenfalls die von Grubenwässern aufgelösten Zinkverbindungen sich vorerst in den Klüften und Spalten des Kalksteines abgesetzt und so ein Adernetz von Zink-Carbonat gebildet hatten, worauf durch weitere Einflüsse der Gewässer der dazwischenliegende Kalkstein verdrängt wurde und sich hiefür allmählig das Zink-Carbonat in seiner charakteristisch traubigen Form abgesetzt hat. Waren schon die Bildungsverhältnisse der Galmei-Erze von Ober-Schlesien und Polen eclatante Analogien mit der Zellenkalkbildung, so sind es in noch grösserem Masse die Galmei-Erze dieser Lagerstätte, die bald den Typus breccienartiger Zellenkalke, bald den mit krystallinischen Zellen zeigen. Aber nicht allein der Habitus im Allgemeinen ist's, der die grosse Aehnlichkeit mit den Zellenkalken bedingt, auch die Structur und Anordnung der Zellen, ihre bilaterale Ausbildung zeigt unzweifelhaft, dass hier ganz dieselbe Art der Umbildung stattgefunden haben musste wie bei den Zellenkalken, deren krystallinische Zellen sich ebenfalls von den Spalten aus gewöhnlich nach zwei Seiten

¹⁾ Pošepny: Die Blei- und Galmei-Erzlagerstätte von Raibl in Kärnten. Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanst. 1873. 4. Heft.

gleichmässig ausgebildet hatten. An vielen Galmeistufen dieser Lagerstätte fand sich diese Erscheinung ganz deutlich ausgesprochen, aber eine Stufe von Zinkblüthe, die sich in der Sammlung des mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität befindet, bestätigt vollkommen die oben ausgesprochene Ansicht, den Galmei als metamorphische Bildung von Kalkstein und Dolomit zu betrachten, und zeigt auch auf eine unzweideutige Weise, dass der Process hiebei ganz derselbe sei wie bei der Zellenkalkbildung. Diese Zinkblüthe zeigt nämlich eine den Zellenkalken insofern auffallend ähnliche Structur, dass von einem frischen grauen Kalkstein, an dessen einer Seite sich das Zinksalz abgesetzt hat, freie Zellwände aus Zink-Carbonat hervorstehen, die sich in den frischen grauen Kalk verfolgen lassen, den sie als weisse Adern durchziehen und somit keinen Zweifel übrig lassen, dass in dem Kalkstein ursprünglich Spalten vorhanden waren, in welchen sich hier die Zinksalzlösung wie bei einzelnen Zellenkalken das krystallinische Kalk-Carbonat abgesetzt hat.

Nicht wesentlich anders als die Bildungsverhältnisse der Galmeilager von Tarnowitz und Raibl, sind auch die von Wiesloch am Westrande des Schwarzwaldes und die von Aachen. Dafür sprechen auch die zahlreichen Pseudomorphosen, die wohl nicht weniger als der Uebergang eines Gesteines in das andere den Umwandlungsprocess erläutern. So fand v. Monheim an einer Pseudomorphose von Zinkspath nach Kalkspath, von Nirm bei Aachen¹⁾, einen Umbildungsprocess ausgesprochen, der an den des Galmei aus Kalkstein sehr erinnert.

Diese Zinkspath-Pseudomorphosen waren entweder hohl oder es befanden sich in denselben Kryställchen derselben Masse. Dem Hauptbestandtheile nach waren sie kohlenensaures Zinkoxyd, enthielten aber auch noch kohlensaures Eisenoxydul und etwas kohlensauren Kalk und kohlen-saure Magnesia. Zwischen diesen hohlen Krystallen lagen einige Kalkspath-Krystalle von derselben Form wie die hohlen. Dieses berechnete Monheim zu dem Schlusse, dass jene hohlen Krystalle Zinkspath-Pseudomorphosen nach Kalkspath sind, die wohl auf diese Weise entstanden sein mochten, dass kohlen-säurehaltiges Wasser, welches kohlen-saures Zinkoxyd nebst etwas kohlen-saurem Eisenoxydul und wenig kohlen-saure Magnesia aufgelöst enthielt, zu diesen Kalkspath-Krystallen kam und den viel auflöslicheren kohlen-sauren Kalk aufzunehmen suchte. Dadurch musste sich das schwerer lösliche kohlen-saure Zinkoxyd ausscheiden und lagerte sich dasselbe, etwas von den anderen kohlen-sauren Salzen aufnehmend, auf dem isomorphen kohlen-sauren Kalk ab. Da nun das Kalk-Carbonat bei weitem löslicher ist als das Zink-Carbonat, so ist es begreiflich, dass aller kohlen-saure Kalk sich aus dem Inneren entfernt hatte.

Eine noch interessantere Erscheinung als diese von Monheim beobachtete Pseudomorphose bot mir eine Zinkspath-Pseudomorphose von Derbyshire in England, die sich im k. k. mineralogischen Hof-Museum befindet. Es ist diese ein deutlich ausgebildetes, hohles Zink-

¹⁾ Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinland. 1849, 2., pag. 49.

spathskalenoöder, in dem noch das ursprünglich vorhandene Calcit-skalenoöder als Kern erhalten ist. Diese Umhüllungs-Pseudomorphose, die wohl auf diese Art, wie sie Monheim entwickelte, entstanden sein dürfte, zeigt an ihrer inneren ganz rauhen Fläche vielfach deutlich hervorstehende Zellen, die eine rhomboëdrische Form haben und sich in die an dem Calcitkern vorhandenen, der Spaltungsrichtung vollkommen entsprechenden Risse fortzusetzen scheinen. Offenbar hat sich hier die Zinkspathlösung zuerst in den feinen Klüften und Rissen des Calcits abgesetzt, hierauf das Skalenoöder ganz umhüllt und scheint dann die Verdrängung des Calcites nur eine kurze Zeit lang veranlasst zu haben, so dass der Calcitkern noch theilweise erhalten blieb und hiedurch den Zusammenhang der Umbildung ausser allem Zweifel setzt.

Ebenso wie diese Pseudomorphosen in ihrer Bildungsweise als Analogon für die Bildungsverhältnisse der Zellenkalke zu betrachten sind, können auch die von Blum ¹⁾ in den Galmei-Lagerstätten von Wiesloch beobachteten Pseudomorphosen den Process der Zellenkalkbildung bestätigen. Es kommen hier nämlich Zinkerze, Zinkspath und Zinkblüthe, in der oberen Abtheilung der Muschelkalkformation vor, zumeist zwischen Dolomit und dichten Kalkstein in unregelmässigen Lagen, doch auch besonders in ersterem nesterweise, gewöhnlich auch von Brauneisenstein begleitet. Das Gebirge ist sehr zerklüftet und es konnten die Gewässer dasselbe leicht durchdringen und auch im Stande sein, besonders da ihnen die Kohlensäure nicht fehlte, viele Veränderungen und Translocationen in diesem Gebirge, zumeist bei den in demselben vorkommenden kohlensauren Salzen hervorrufen. Dieses beweisen auch die Pseudomorphosen, die sich in Drusen von Erzen befanden, welche aus einem Gemenge von Zinkspath und Brauneisenstein bestehen. Die pseudomorphen Krystalle sind an der Oberfläche drusig, die Kanten und Ecken sind etwas zugerundet; inwendig erscheinen sie mehr oder weniger hohl, indem sie mit einem zelligen, porösen Aggregat von Zinkspath erfüllt sind.

Auch in den der Silurformation in Sardinien angehörenden Galmeilagern finden sich die oben angedeuteten Bildungsverhältnisse durch zahlreiche Pseudomorphosen deutlich ausgesprochen. In interessanter Weise zeigt eine im k. k. mineralogischen Hof-Museum befindliche Zinkspath-Pseudomorphose nach Calcit — eine klingende Scholle bildend — von Giovanedda bei Iglesias in den mitunter 10 Centimeter langen, hohlen Skalenoödern eine ausgezeichnet feine zellige Structur, wobei die hervorstehenden Zellen deutlich den Spaltungsrichtungen des ursprünglich vorhanden gewesenenen Calcites entsprachen. Was also bei der Zellenkalkbildung die Spalten und Risse waren, das sind hier die der Spaltungsrichtung entsprechenden Sprünge des Calcites, — sie beide sind die Vorbedingungen einer zelligen Structur.

Sowie der Galmei bietet uns auch der Zellenquarz eine dem Zellenkalke analoge Bildungsweise und erscheint öfter in seiner Structur gleichsam als Abformung eines Zellenkalkes. Häufig findet sich auch

¹⁾ Zweiter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreiches. Heidelberg, 1852, pag. 112.

an den einzelnen Zellen anhaftend kohlenaurer Kalk, der, ebenso wie der Umstand, dass manchmal Zellenquarze, wie z. B. an der Weinzettelwand bei Schottwien an der Grenze zwischen Kalkstein und Phyllit, einem Kalkstein, in dessen Spalten und Rissen die Zellwände liegen, überlagert auftreten, beweist, dass in manchen Fällen, wo kieselsäurehaltige Gewässer in Kalksteinen circuliren, sich Zellenquarze nach ganz denselben Verhältnissen wie die Zellenkalke bilden können. Der chemische Process ist auch hier kein anderer als dass sich die in Lösung befindliche Kieselsäure in den Spalten der Kalksteine oder Dolomite absetzt und dann den dazwischenliegenden Kalkstein oder Dolomit verdrängt. Dass diese Verdrängung sehr leicht eintreten kann, beweist die grosse Anzahl von Verdrängungs-Pseudomorphosen des Quarzes nach den verschiedensten Mineralen.

Hatten uns Quarz und insbesondere Galmei in ihrem Auftreten sehr ähnliche ja oft mit den Zellenkalcken ganz analoge Bildungsverhältnisse gezeigt, so finden wir dieselben nicht weniger auch an den Brauneisensteinen ausgesprochen. Neben den zahlreichen Pseudomorphosen von Rotheisenerz und Limonit nach Kalkspath, bietet das Auftreten von Zellen im Galmei, die aus Limonit bestehen, der Ansicht Raum, dass wir auch hier in gewissen Fällen metamorphischen Bildungen nach ganz analogen Processen wie bei der Zellenkalkbildung begegnen, wobei sich hier die Limonitadern aus Siderit oder Ankerit gebildet hatten. In den Galmei-Erzlagerstätten von Boleslav in Polen finden sich ebenso wie an vielen anderen Lagerstätten häufig Stufen, wo die Zellen cavernöser Gebilde von Brauneisenstein gebildet werden und mitunter so vollkommen ausgebildet und regelmässig angeordnet sind, dass sie dem ganzen Gebilde, dessen Zellen Limonit, die zwischenliegende Masse aber Galmei ist, oft das Aussehen der typischsten Zellenkalke geben. In ganz analoger Weise finden sich auch die Brauneisensteine in den Galmei-Erzlagerstätten von Raibl. Auch hier bilden sie entweder für sich allein vollständig cavernöse Gebilde, oder in Verbindung mit Galmei und bieten dieselben Erscheinungen wie die eben erläuterten von Boleslav.

Alle im Vorhergehenden besprochenen analogen Bildungen waren an leicht lösliche Carbonate gebunden, indessen kennen wir Minerale, deren ausgezeichnet zellige Structur auch durch andere chemische Prozesse hervorgerufen wurde. Dahin gehören vorzugsweise die zelligen Markasite, bei denen die Anordnung der Zellen eine äusserst regelmässige ist und deren Bildungsweise nach den in den Zellen oft noch erhaltenen Bleiglanzbrocken unzweifelhaft in den Grundprincipien mit der Zellenkalkbildung übereinstimmt.

Eine Stufe eines zelligen Markasites von Freiberg in Sachsen, die sich im k. k. mineralogischen Hof-Museum befindet, zeigte deutlich, dass sich vorerst im Bleiglanz der noch theilweise die Zellen ausfüllt, feine Lamellen von Markasit nach der Spaltungsrichtung des Bleiglanzes gebildet hatten, von denen aus die weitere Auslaugung des Bleiglanzes und Substituierung des Markasites stattfand. Eine solche Stufe beschrieb auch Blum¹⁾ als Pseudomorphose von Strahlkies nach Bleiglanz. An

¹⁾ Die Pseudomorphosen des Mineralreiches. 3. Nachtrag. pag. 248.

der ursprünglichen Lamelle hatten sich bei dem weiteren Prozesse zu beiden Seiten oft Kryställchen angesetzt und so erscheinen die Zellen, ebenso wie bei dem Zellenkalk mit krystallinischen Wänden, durch diese Lamelle gleichsam in zwei Theile getheilt und beweisen, dass hier die Umbildung von den centralen Theilen der Zellwände ausging. Die Anordnung der Zellen ist genau nach der Spaltungsrichtung des Bleiglanzes, öfter finden sich auch Zellwände, welche Gleitflächen entsprechen. Manchmal ersetzt auch Quarz den Markasit und bildet, an den Seiten mit Markasit-Kryställchen bedeckt, nach ganz derselben regelmässigen Anordnungsweise Zellen.

Wohl noch andere Minerale liessen sich anführen, die ganz ähnliche Verhältnisse in ihrem Auftreten zeigen, es dürften jedoch schon die analogen Bildungsverhältnisse der angeführten Minerale genügen, um zu zeigen, dass der oben erläuterte Process der Zellenkalkbildung auch auf anderen Gebieten des Mineralreichs seine Bestätigung findet.

Schlussfolgerungen.

Nach der Erläuterung der verschiedenen Prozesse, die bei der Entstehungsweise zelliger Gebilde stattfinden, gelangen wir nun zu folgenden, die Zellenkalkbildung charakterisirenden Sätzen:

I. Die Zellenkalke sind, ebenso wie alle anderen metamorphischen Bildungen, secundäre Gebilde, die überall entstehen können, wo Kalksteine den Einflüssen atmosphärischer Gewässer ausgesetzt erscheinen, und sind für keine Formation charakteristisch.

II. Nach dem Aussehen und der Bildungsweise zerfallen die Zellenkalke in zwei Gruppen, und zwar in solche mit krystallinischen, ebenflächigen, und solche mit ganz unebenflächigen, von dichtem Kalk-Carbonat gebildeten Zellen.

III. Die Bildung der Zellenkalke wird stets durch Einwirkung kohlen säurehaltiger Gewässer veranlasst, indem entweder in den Spalten und Rissen der Kalksteine sich krystallinische Zellwände bilden und dann der dazwischenliegende dichte Kalkstein ausgelaugt wird, oder indem das in den circulirenden Gewässern aufgelöste Kalk-Carbonat durch seinen Absatz einzelne Trümmer einer Kalkstein-Breccie verbindet, die dann früher, weil schon länger den Einwirkungen kohlen säurehaltiger Gewässer ausgesetzt, dem Auslaugungsprocess unterliegen, als das sie verbindende dichte Kalk-Carbonat.

IV. Die die Zellen ausfüllende pulverförmige Masse kann, der chemischen Zusammensetzung des ursprünglichen Kalksteines entsprechend, auch ein normaler Dolomit oder selbst ein Mergel sein.

V. Bei der Bildung der Zellenkalke steht die Menge des ausgelaugten Kalkspathes zu der des Dolomites stets in einem bestimmten Verhältniss; in unserem Falle im Verhältniss 11 : 1.

VI. Niemals wird aus einem Zellenkalke, durch weitere Einwirkung der Gewässer, wieder ein dichter Kalkstein.

Diese die Bildungsweise vollkommen charakterisirenden Sätze finden auch, wie wir oben gesehen hatten, an zahlreichen analogen Bildungen, wie Galmei, Kieselzinkerz, Zinkblüthe, Limonit, Quarz, Markasit u. A., die oft in ihrem Aussehen metamorphischen Zellenkalken gleichen, ihre vollste Bestätigung.

Zum Schlusse dieser Arbeit erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Director Dr. Gustav Tschermak, der mich zu dieser Arbeit anregte, mich hiebei durch viele Unterweisungen bereitwilligst unterstützte und mir die für diese Arbeit nöthigen Behelfe zugänglich machte, meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Wien, Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Universitäts-Institutes.
