

Separat-Abdruck

aus dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie.

Jahrg. 1899. Bd. I.

Ueber einen Dolomitirungsvorgang an südalpinem Conchodon-Dolomit.

Von

Dr. E. Philippi in Berlin.

Mit Taf. I.

Seit, vor nunmehr über 100 Jahren, der französische Gelehrte DOLOMIEU die Entdeckung machte, dass manche natürlich vorkommenden Carbonate, die man zuvor für Kalke gehalten hatte, einen hohen Magnesiagehalt besitzen, hat es nicht an Versuchen gemangelt, die Entstehung des nach seinem Entdecker „Dolomit“ genannten Gesteins zu erklären. Es kann meine Aufgabe nicht sein, alle die zum Theil sehr interessanten Hypothesen im Einzelnen zu besprechen, und ich muss mich darauf beschränken, die Richtungen im Allgemeinen zu verfolgen, die die Erklärungsversuche einschlugen. Die ersten, die sich mit dem Dolomitproblem beschäftigten, gingen von der Ansicht aus, dass Magnesiadämpfe, die mit eruptiven Magmen dem Innern der Erde entströmten, die benachbarten Kalksteine imprägnirt und in Dolomit umgewandelt haben sollten. Der Dolomit wäre also, nach unserer heutigen Ausdrucksweise, ein Contact-Mineral. Im Laufe der Zeit hat es sich jedoch gezeigt, dass das Vorkommen von Dolomit keineswegs auf die Nachbarschaft von Eruptivgesteinen beschränkt ist, und die Hypothese, die man nach ihrem Hauptvertreter die BUCH'sche nennen könnte, wurde fallen gelassen, obgleich das Experiment nachgewiesen hat, dass unter gegebenen Umständen eine derartige Umwandlung durch Magnesiadämpfe stattfinden kann. Andere Forscher glaubten, dass der Magnesiagehalt der Dolomite und dolomitischen Kalksteine durch

eine Einwirkung der im Meere gelösten Magnesiumsalze (Chlormagnesium und Magnesiumsulfat) auf den durch Organismen-thätigkeit abgeschiedenen, kohlen-sauren Kalk zu erklären sei. Ihre Experimente haben ergeben, dass eine Reaction in diesem Sinne erfolgen kann, aber nur bei höherer Temperatur. Unter normalen Bedingungen wirken die Magnesia-Salze des Meerwassers nicht auf kohlen-sauren Kalk ein. HOPPE-SEYLER'S Theorie, dass submarine, vulcanische Ergüsse nicht die zur Dolomitisirung nöthige Magnesia, sondern nur die für die Einwirkung der Magnesiumsalze nöthige Temperatur des Meerwassers lieferten, wurde ebenso wie die ältere Annahme v. BUCH'S aufgegeben.

Dass ein directes Auskrystallisiren von Dolomit aus Lösungen stattfinden kann, ist durch Beobachtungen, speciell an Quellabsätzen, nachgewiesen worden; es kann sich aber hier wohl nur um vereinzelte Fälle handeln, die ebenso wie die analoge Aragonitbildung ganz local sind und für die Lösung der Dolomitfrage kaum in Betracht kommen. Die marinen Dolomite dürfen in ihrer Entstehung nicht von den marinen Kalken getrennt werden, sind also wie diese ursprünglich organischen Ursprungs, wiewohl vielfach durch chemische Einflüsse umgewandelt.

Wie die Umwandlung organogener Kalke in Dolomit, ohne Mitwirkung vulcanischer Kräfte, sich vollzieht, darüber existiren hauptsächlich zwei Anschauungen: die eine sucht eine derartige Dolomitbildung durch Einwirkung magnesiicarbonathaltiger Gewässer auf kohlen-sauren Kalk zu erklären; es wird also kohlen-saure Magnesia zugeführt, kohlen-saurer Kalk fortgeführt, in gewissem Sinne eine Substitutions-Pseudomorphose. Es kann demnach chemisch reiner kohlen-saurer Kalk auf diesem Wege dolomitisirt werden. Dass derartige Dolomitisirung durch magnesiiahaltige Gewässer local vorkommt, ist bekannt; es liegt aber in der Natur der Sache, dass diese Hypothese kaum Anwendung finden kann, wo es sich um mächtige und weitausgedehnte Dolomitmassen handelt. Für diese Fälle hat man mit Vorliebe die sogenannte Auslaugungstheorie in Anwendung gebracht; dieselbe stützt sich auf die Thatsache, dass durch 10 000 Theile Wasser 10 Theile Calciumcarbonat, aber nur 3,1 Theile Dolomit gelöst werden. Tritt also ein

dolomitischer Kalkstein mit ungesättigtem Wasser in Berührung, so wird so lange dreimal mehr Kalk als Dolomit gelöst, bis schliesslich ein reiner Normaldolomit übrig bleibt. Reiner kohlenaurer Kalk kann natürlich auf diesem Wege nicht dolomitisiert werden, jedoch kann selbstverständlich jeder, auch schwach dolomitische Kalk bei genügender Dauer des Processes in Normaldolomit übergeführt werden. Es liegt auf der Hand, dass dieser Dolomitirungs-Vorgang ganz allgemein, über weite Entfernungen und mit den verschiedensten Intensitäten stattfinden kann, nämlich überall da, wo nicht mit Calciumcarbonat gesättigte Tages- und Quellwasser auf dolomitischen Kalk einwirken; er muss aber — und das ist von sehr grosser Bedeutung — auch durch Meerwasser hervorgerufen werden, da in diesem kohlenaurer Kalk bei Weitem nicht bis zur Sättigung gelöst ist.

Ist die Annahme richtig, dass in dolomitischen Kalken vorzugsweise der Kalk gelöst, Magnesia aber angereichert wird, so müssen die Verwitterungsproducte solcher dolomitischer Kalke magnesiareicher sein als die frischen Gesteine, schliesslich, abgesehen von den thonigen, kieseligen etc. Beimengungen, sogar Normaldolomit werden. Dass dies in der That der Fall ist, ist durch die eingehenden Untersuchungen von HILTERMANN¹ an Gesteinen der deutschen Trias und ihren Verwitterungsproducten schlagend nachgewiesen. Ich gebe hier seine hauptsächlichsten Resultate wieder, weil sie für die Dolomitirungsfrage von ganz einschneidender Bedeutung sind. Er sagt S. 9: „Wenn ich zunächst die Analysen der Gesteine und Verwitterungsproducte der Wellen- und Schaumkalke in Erwähnung ziehe, so ist aus den analytischen Belegen ganz klar zu ersehen, dass die enorm hohen Procentgehalte an kohlensaurem Kalk bei der Verwitterung bis auf verhältnissmässig kleine Mengen ausgewaschen wurden, dass dagegen die Magnesiummengen bedeutend zugenommen haben. Es enthielt der Schaumkalk im verwitterten Zustande 7% Kalk und 4% Magnesia, während im Wellenkalk nur 4% Kalk und 2,46% Magnesia sich vorfanden. Auch die Analysen der Grenzdolomite entscheiden

¹ Die Verwitterungsproducte von Gesteinen der Triasformation Frankens. Inauguraldissertation. Erlangen 1889.

für die Richtigkeit oben ausgesprochener Behauptung. Das Gestein, welches 54,69% Kalk und 3,69% Magnesia enthält, ist als Verwitterungsproduct in Bezug auf Magnesia-Gehalt vollständig umgewandelt, denn der Boden des Grenzdolomits ergibt 11,96% Kalk und 5,83% Magnesia.“ Und etwas weiter heisst es: „Einen noch schlagenderen Beweis liefern die *Ceratites*-Bänke. Der halbzerfallene Schieferthon des *Ceratites nodosus* hat einen Gehalt von 12,26% Kalk und 9,25% Magnesia; 10,25% wäre Normaldolomit 1 : 1.“

Für diese Auslaugung dolomitischer Kalke, die von vielen Autoren beschrieben worden ist, hat LIEBE¹ schon vor mehr als 40 Jahren die Bezeichnung: „Secundäre Dolomitirung“ eingeführt. Ich komme auf diese secundären Dolomite, die sich in ihrem Habitus von den gleich zu besprechenden, primären meist erheblich unterscheiden, noch später zurück.

Auch das normale Meerwasser enthält Calciumcarbonat nicht bis zu seinem Sättigungsgrade gelöst; das geht unter Anderem bereits aus der Thatsache hervor, dass man Meerwasser sehr stark concentriren muss, ehe kohlenaurer Kalk ausfällt. Es ist daher zu vermuthen, dass Seewasser sich dolomitischem Kalk gegenüber ebenso verhält wie ungesättigte Tageswässer. Dass dies thatsächlich der Fall ist, und dass die sonst noch im Seewasser gelösten Salze den Auslaugungsprocess nicht zu stören vermögen, geht aus den äusserst interessanten und in ihrer Bedeutung noch lange nicht genug gewürdigten Beobachtungen von HÖGBOM (dies. Jahrb. 1894. I. 262) hervor. Dieser Forscher untersuchte quartäre Thonmergel in Schweden, deren Material durch Gletscherbäche aus dem Silurgebiet geführt und in grösserer oder geringerer Entfernung von der Küste im Quartärmeere abgesetzt wurde, auf ihren Kalk- und Magnesia-Gehalt. Er konnte dabei feststellen, dass diese Mergel desto reicher an Magnesia und ärmer an Kalk waren, je weiter sie von ihrem Ursprungsorte entfernt lagen, d. h. je länger sie im Meere suspendirt und vom Meerwasser ausgelaugt wurden. Auf die gleiche Ursache führt HÖGBOM die Erscheinung zurück, dass die Schalen der Organismen öfters keine Spur von Magnesia enthalten, wäh-

¹ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1857. S. 434.

rend der sie umgebende Detritus-Kalk mehr oder minder reich an Magnesia ist, was bereits vor langer Zeit LIEBE (l. c. S. 432) ebenfalls beobachten konnte. Solche Dolomite oder dolomitische Kalke wurden im Wesentlichen mit ihrem heutigen Magnesia-Gehalte bereits abgelagert, ich nenne sie daher im Gegensatz zu den vorigen die primären. Sie entstanden durch die auslaugende Thätigkeit des Seewassers aus, unter Umständen sehr schwach, magnesiahaltigem Detritus, speciell wohl am leichtesten da, wo bereits gebildete, magnesiahaltige Kalke zerstört und deren Material umgelagert wurde.

Es fragt sich nun, ob die Trennung der Dolomite in primäre und secundäre nicht eine rein akademische ist, und ob sie sich überhaupt in der Natur durchführen lässt. In der Mehrzahl der Fälle, in denen uns Dolomite begegnen, können dieselben wohl nach ihrer Entstehungsursache getrennt werden. Für die Zechstein-Dolomite der Umgegend von Gera hat LIEBE diese Trennung bereits im Jahre 1855 durchgeführt, wobei er allerdings die Entstehung der primären Dolomite auf anderem Wege zu erklären versuchte. Überall da, wo der Dolomit nur als Überzug oder auf Spalten schwach dolomitischer Kalke als lockeres, oft poröses Gestein auftritt, wofür ich später einige Beispiele anführen werde, dürfte er mit Sicherheit als secundär anzusprechen sein. Hingegen halte ich die Mehrzahl der wohlgeschichteten Dolomite, die im Innern wesentlich dieselbe Zusammensetzung besitzen wie im Ausgehenden, die nicht porös sind, ganz besonders aber die dolomitischen Mergel für primär. Letztere Gesteine treten häufig in Formationen auf, in denen das organische Leben schwach entwickelt, oft gleich Null ist, in denen sich also die Gesteine nicht aus den frischen Schalen, sondern aus angeschwemmtem Detritus aufbauen müssen, während die secundären Dolomite mit Vorliebe auf Riffkalken entstehen. Naturgemäss können diese beiden Dolomitisirungsursachen ineinandergreifen, so z. B. ein primär stark dolomitisches Gestein später noch einmal ausgelaugt werden, oder der Detritus eines secundär ausgelaugten Dolomits wieder im Meere zur Ablagerung kommen.

Die primäre Dolomitisirung entzieht sich fast immer unserer Beobachtung, und nur selten gelingt es, wie in dem von

HÖGBOM beobachteten Falle, das Ausgangsmaterial und den Weg festzustellen, den der Detritus bis zu seiner endgültigen Ablagerung auf dem Meeresboden zurückgelegt hat. Die secundäre Dolomitisirung vollzieht sich an vielen Stellen vor unseren Augen.

Jedoch wissen wir auch dort über die Art und Weise, wie die *Magnesia* ursprünglich in den dolomitischen Kalken vertheilt ist, und wie sich die Auslaugung und die meist damit verbundene Umkrystallisirung vollzieht, bisher noch recht wenig. Es liegt z. Th. wohl daran, dass die Übergänge aus dem einen in das andere Gestein oft unmerklich sind, dass man, da ja alle Kalke krystallin sind, nur schwer zwischen ursprünglichem und neugebildetem unterscheiden kann, hauptsächlich wohl aber daran, dass das Mikroskop, dem die petrographische Untersuchung so viel verdankt, bei der Unterscheidung von Kalk und Dolomit bis vor ziemlich kurzer Zeit im Allgemeinen versagt hat. Es wurde wohl angegeben, dass die Kalkspathkörner unregelmässige Gestalt besitzen und von Zwillingslamellen durchzogen werden, der Dolomit hingegen meist in ringsum ausgebildeten Krystallen auftritt, allein es fanden sich so viel Abweichungen von dieser Regel, dass auf diese Merkmale keine sichere Unterscheidungsmethode basirt werden konnte. In neuerer Zeit wurden hingegen, besonders durch LINCK und LEMBERG, einige Methoden bekannt gegeben, aus dolomitischem Kalk den Kalkspath zu entfernen oder zu färben, welche erlauben, die beiden Mineralien mit genügender Sicherheit zu unterscheiden. Eine mit Hülfe einer LEMBERG'schen Färbemethode durchgeführte petrographisch-chemische Untersuchung eines dazu ausserordentlich geeigneten Materials bildet den Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes.

Bis jetzt war es nicht gelungen, den Übergang schwach dolomitischer Gesteine in Normal-Dolomite im Handstück nachzuweisen. Durch einen glücklichen Zufall bin ich in Besitz von Material, das dem südalpinen *Conchodon*-Dolomit entstammt, gelangt, an dem sich die secundäre Dolomitisirung in allen Stadien verfolgen lässt.

Geologische Stellung und Habitus des *Conchodon*-Dolomits.

Der südalpine *Conchodon*-Dolomit, so von STOPPANI nach seinem Leitfossil, *Conchodon infraliasicus*, benannt, wird, wenigstens von den deutschen Geologen, meist noch zur Trias gerechnet und dem nordalpinen, oberen Dachsteinkalk gleichgestellt. Er liegt zwischen den Rhätischen Mergeln und Kalken mit der Azzarola-Fauna und den schwarzen Liaskalken, die in ihren tiefsten Lagen die Arieten-Fauna beherbergen; es ist demgemäss nicht ausgeschlossen, dass der *Conchodon*-Dolomit in seinen hangendsten Schichten noch die untersten Liasschichten (Pylonoten- und Angulatenstufe) vertritt. Dank seiner Lage zwischen den leichter verwitternden Kalken und Mergeln im Hangenden und Liegenden tritt dieser Dolomit in der Landschaft meist als steile Mauer hervor und stellt einen sehr leicht zu verfolgenden Horizont dar.

Ich hatte Gelegenheit, bei meiner Aufnahme der Umgebung von Lecco¹ und des Resegone-Massivs mich häufiger mit dem *Conchodon*-Dolomit zu beschäftigen und einige Beobachtungen zu machen, die für die Frage der secundären Dolomitisirung nicht ohne Bedeutung sind. Schon bei den ersten Vorarbeiten fiel mir auf, dass das *Conchodon*-Niveau von zwei durchaus verschiedenen Gesteinstypen repräsentirt wird: in dem einen Falle durch einen hochkrystallinen, hellgelblichen, leicht zu Sand zerfallenden Dolomit, in dem anderen durch einen ganz dichten, dunkelbraunen bis fast schwarzen, dolomitischen Kalk. Man ist heutzutage in solchen Fällen, besonders in den Alpen, leicht mit dem Begriff Facies bei der Hand, und so erklärte ich mir die Verschiedenheit der beiden Gesteinstypen durch die Annahme einer Faciesdifferenzierung. Im Laufe meiner weiteren Aufnahmearbeit kamen mir hin und wieder Zweifel über die Richtigkeit dieser Auffassung, besonders als ich sah, dass die beiden Facies an manchen Punkten ziemlich rasch miteinander abwechselten, allein völlige Klarheit über das Verhältniss der beiden Gesteinstypen zu einander verschaffte mir erst eine Beobach-

¹ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897. S. 378.

tung, die ich nach Abschluss der eigentlichen Aufnahme machte.

Am Passo di Pallio, der die Thäler von Morterone und Imagna miteinander verbindet und über dessen Einschnitt die in meinem Berichte öfters erwähnte Diagonalverschiebung von Morterone verläuft, fand ich nämlich beide Gesteinstypen in unmittelbarster Nachbarschaft nebeneinander anstehend. Auf der Höhe des Passes findet man nur den dunkelrauchbraunen, von vielen Spathadern durchsetzten und oft etwas brecciösen, dolomitischen Kalk. Wenige Schritte unterhalb der Passhöhe, nach Süden gegen die Hütten von Pallio zu, trifft man jedoch nur die grobkörnigen, hellgelben Dolomite. Ein solches Verhältniss konnte kaum mehr durch Faciesdifferenzirungen erklärt werden. Nach einigem Suchen fand ich dann auch einen Aufschluss, der mir über die Beziehungen der beiden Gesteine zueinander völlige Klarheit brachte. Bereits im Bezirk der hellen Dolomite war eine Grube ausgeworfen, wahrscheinlich zur Gewinnung des hellen Dolomitsandes, den die Bauern zum Scheuern ihrer Kupfergeräte benützen; in ihr liess sich mit wünschenswerther Klarheit beobachten, dass die mächtigen Bänke von dolomitischem Kalk nur aussen in den lichten Dolomit umgewandelt waren, im Innern aber noch die dunkle Farbe und dichte Beschaffenheit behalten hatten; der Dolomit bildete also gewissermaassen nur eine, allerdings sehr dicke Verwitterungsrinde. Nach Lage der Dinge war es also klar, dass der grobkrySTALLINE Dolomit keine ursprüngliche Facies, sondern nur ein Umsetzungsproduct, entstanden aus den dichten, dunklen Gesteinen, war. Wie ich später fand, ist CURIONI die enge Verknüpfung der hellen, hochkrySTALLINEN Gesteine mit dichten, dunklen, dolomitischen Kalken nicht entgangen, denn er sagt in seiner *Geologia applicata delle provincie lombarde* I. p. 255: „Accade non di rado, di raccogliere campioni costituiti metà di dolomia bianchiccia o candida, subcristallina e metà di detta calcaria grigia; ciò dimostra anche litologicamente la connessione tra questa dolomia e il lias.“

Wie aber aus dem angegebenen Citat hervorgeht, sieht er die hellen Dolomite nicht als hervorgegangen aus den dunklen, dolomitischen Kalken an, sondern hält beide Gesteine

für gleichwerthig und primär und schliesst aus ihrem Mit-einandervorkommen nur auf die enge Verbindung von Lias und Trias.

Die Untersuchung des vom Passo di Pallio mitgebrachten Materials wurde in folgender Weise durchgeführt. Aus einem besonders geeigneten, grösseren Handstücke liess ich in der mechanischen Werkstätte von FUESS einige planparallele Platten von gleichem Umfang herausschneiden, von denen einige zu Schlifren weiterverarbeitet wurden, während eine andere der chemischen Untersuchung diene. Dies Verfahren machte es möglich, die zur chemischen Untersuchung gelangten Stückchen der Platte auf den Schlifren zu markiren und so chemische und mikroskopische Untersuchung in möglichste Übereinstimmung miteinander zu bringen.

Auf den von FUESS mit grosser Sorgfalt angefertigten Platten erscheint der innerste Theil der Hauptsache nach vollständig dicht und besitzt eine dunkelrauchgraue Färbung. Helle „Einsprenglinge“ sind zum Theil unregelmässig in der dichten Grundmasse vertheilt, theils ordnen sie sich in Schnüren an. Nach aussen zu nehmen diese Einsprenglinge an Grösse zu, bis sie schliesslich die dunkele Grundmasse vollständig verdrängen. Die äussere Hülle besteht aus einer hochkrystallinen, weissgelben Substanz, in der von der ursprünglichen dunkelen Grundmasse nichts mehr zu sehen ist. Nur die äussersten Theile dieser krystallinen Hülle sind locker und porös und haben die Neigung, in Grus zu zerfallen; im Innern ist dieses hochkrystalline Gestein fest, ohne Poren und Höhlungen.

Zur chemischen Untersuchung gelangten folgende Stückchen: I. Ein Stück des inneren Kerns, in dessen dichter Grundmasse nur spärliche, helle Einsprenglinge vorhanden waren. II. Ein Stück aus der Mitte, in welchem die Verdrängung der dunkelen, dichten Substanz durch die helle, krystalline stattfindet. Die krystallinen Partien überwiegen jedoch bereits bedeutend die dichten. III. Ein Stück aus der äusseren, hellen, holokrystallinen Rinde. IV. Loser Sand, der von selbst abbröckelte oder beim Reiben mit dem Finger abfiel.

Die Analysen, die in dem chemischen Laboratorium der

Herren Dr. FERNANDEZ-KRUG und Dr. HAMPE in Berlin ausgeführt wurden, ergaben nun folgendes Resultat:

	I.	II.	III.	IV.
Rückstand	0,81	0,16	0,28	0,16
Ca O	54,15	35,86	31,38	31,33
Mg O	1,38	17,38	21,04	20,90

Das Ergebniss ist also folgendes: der Rückstand, in dem Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Spuren von Kalk nachgewiesen wurden, ist in allen Fällen gering und scheint nur gewissen, zufälligen Schwankungen unterworfen zu sein. Der dunkle Kern ist ein schwach dolomitischer Kalk, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, dass die dichte Grundmasse aus reinem Calciumcarbonat bestehe, und der geringe Magnesiumgehalt ausschliesslich den hellen Einsprenglingen zukommt. Probe I enthält darnach neben 92,87 % reinem Calciumcarbonat 5,56 % Dolomit. Probe II enthält nur noch 15,52 CaCO₃ neben 87,02 Dolomit. In Probe III und IV ist das Verhältniss von CaO zu MgO nahezu dasselbe. Mit einem Durchschnitt von 31,35 CaO und 20,98 MgO ist die Zusammensetzung der äusseren Rinde nahezu gleich der des Normaldolomits, der auf 30,43 CaO 21,74 MgO aufweist; in der Rinde wäre also ein reiner Normaldolomit anzunehmen, der nur durch geringe Mengen von Calciumcarbonat verunreinigt ist. Dass wir thatsächlich das Recht haben, die geringen Mengen von MgO in Probe I ausschliesslich in den „Einsprenglingen“ zu vermuthen, andererseits das CaO in Probe III und IV nur als zufällige Verunreinigung des Normaldolomits anzusehen, mit anderen Worten, in der dunkelen Grundmasse reinen Kalk, in den Einsprenglingen und hellen, krystallinen Theilen reinen Dolomit zu sehen, das bestätigt uns die mikrochemische Untersuchung der Dünnschliffe in vollstem Maasse.

Ein Schliff durch die ganze Breite des Handstücks wurde mit der von LEMBERG¹ angegebenen Lösung von Aluminiumchlorid und Blauholz 15—20 Minuten lang behandelt. Darauf erschienen die dichten, dunkelen Theile lebhaft violett gefärbt, während die Einsprenglinge und die helle, krystalline Sub-

¹ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1888. S. 357—359.

stanz fast farblos geblieben waren. Innerhalb der hochkrystallinen Rinde tritt Kalkspath nur in Spaltenausfüllungen und in winzigen Körnchen zwischen den grossen Dolomitkrystallen auf.

U. d. M. löst sich die dichte Grundmasse in äusserst kleine, unregelmässig begrenzte Kryställchen auf, die Zwillingstreifung nicht mehr erkennen lassen. Die dolomitischen Einsprenglinge besitzen fast alle, soweit sie noch durch Grundmasse von einander getrennt werden, scharfe rhombische Umrisse. In den holokrystallinen Theilen der Rinde sind die Umrisse der zum Theil sehr grossen Dolomitkrystalle unregelmässig.

Fassen wir die Resultate noch einmal zusammen: Kohlensaurer Kalk und Dolomit scheinen sich in dem untersuchten Stücke nirgends chemisch zu mischen. Der innere Kern des Handstücks besteht aus reinem kohlen sauren Kalk, der spärliche Einsprenglinge von Dolomit enthält, die Rinde aus reinem Dolomit, der kohlen sauren Kalk nur als zufällige, mechanische Beimengungen enthält. In den mittleren Theilen des Stückes existirt eine Zone, in der die dichte Grundmasse nach aussen zu allmählich von den krystallinen Dolomiteinsprenglingen verdrängt wird.

Schwieriger, als diese Thatsachen zu constatiren, ist es, ihre Gründe im Einzelnen aufzuklären. Als sicher erwiesen erscheint mir vorläufig nur, dass die grobkrystallinen Dolomite aus den dichten, schwach dolomitischen Kalken entstehen, auf welche Weise und unter welchen Bedingungen, bedarf noch des Nachweises.

Es wird sich vor allen Dingen fragen, ob die Anreicherung von Dolomit und die Verdrängung des kohlen sauren Kalks in der äusseren Rinde ausschliesslich durch einen Auslaugungsprocess bedingt ist oder ob neben der Wegführung des Kalks gleichzeitig eine Zuführung von Magnesia stattgefunden hat. Der *Conchodon*-Dolomit liegt an der Grenze von Trias und Lias, die Gesteine des jüngeren Mesozoicum, die ihn unter normalen Verhältnissen überlagern, sind, soweit mir bekannt, nicht oder nur ganz schwach dolomitisch, und die aus ihnen etwa durchsickernden Gewässer werden ihm kaum nennenswerthe Mengen von Magnesia zuführen. Bei

inverser Lagerung, wie sie ja in der Umgebung von Lecco an manchen Stellen vorkommt, könnte man die gewaltigen Dolomitmassen des Hauptdolomits und theilweise auch des Esino-Horizontes für die Umwandlung des in Rede stehenden Gesteins verantwortlich machen. Allein man darf nicht vergessen, dass zwischen dem Hauptdolomit und dem *Conchodon*-Horizont, dessen Dolomitirung in Frage kommt, ein mächtiges Gebirge von Mergeln und Thonen sich einschaltet, das aller Voraussicht nach völlig undurchlässig ist. Krystalline Massengesteine, deren Magnesiasilicate in Frage kommen könnten, fehlen in der Nähe gänzlich. Man wird also bei Alledem annehmen müssen, dass bei dem hier untersuchten Fall von Dolomitirung *Magnesia* nur durch Auslaugung eines schwachdolomitischen Kalksteins, nicht durch Zuführung von auswärts, angereichert wurde.

In anderen analogen Fällen von secundärer Dolomitirung ist dieser Vorgang noch klarer. Die obersten Schichten der massigen Jurakalke in der schwäbischen Alb (Weiss e nach QUENSTEDT) sind, genau wie in unserem Falle, hochkrystallin geworden und an vielen Punkten dolomitisirt¹. In Spalten reicht die Dolomitirung noch tief in die Massenkalke herein, die unveränderten Kerne sind dicht und werden in der Localliteratur als „Marmor“ von dem krystallinen „Zuckerkorn“ unterschieden. Auf der Hochfläche der schwäbischen Alb ist eine Zuführung von *Magnesia* durch Quellen etc. undenkbar; wer dies merkwürdige Plateau einmal durchwandert hat, weiss, dass das Regenwasser rasch versinkt, um erst tief unten in den Thälern in starken Quellen wieder zu Tage zu treten. Die Anreicherung von *Magnesia* und die Bildung von Normaldolomiten, wie sie an vielen Stellen der schwäbischen Alb stattgefunden hat, kann also nur dadurch erklärt werden, dass dolomitische Kalke durch die Tagesgewässer ausgelaugt und umkrystallisirt wurden.

Auch für Stringocephalenkalk und Zechstein, an denen secundäre Dolomitirung in vielen Fällen nachgewiesen wurde,

¹ Es finden sich allerdings auch zahlreich krystalline Kalke mit geringem Magnesiagehalt, die wie die Dolomite durch Umkrystallisiren aus den dichten Kalken entstanden sind.

ist wohl meist nur ein Auslaugungsprocess anzunehmen. Ein schlagendes Beispiel für meine Ansicht führt GRANDJEAN¹ an. Der Stringocephalenkalk des Lahnthals wird nur an der Oberfläche umgewandelt, wie dies auch bei den Jurakalken der Alb zu beobachten ist. Bauten, die von dem nicht umgewandelten Stringocephalenkalk aufgeführt wurden, wie z. B. die Burg Dehren, wurden im Laufe der Zeit dolomitisirt, und zwar nur da, wo die Verwitterung den umhüllenden Mörtel losgelöst und das Gestein den Atmosphäriken preisgegeben hatte. Das beweist zugleich, dass die secundäre Dolomitisirung sehr rasch vor sich gehen kann, was ich auch in dem von mir beschriebenen Falle annehmen möchte.

Nicht ganz leicht ist die Frage zu lösen, warum bei dem *Conchodon*-Gestein der Umgebung von Lecco in dem einen Falle eine völlige Dolomitisirung eintritt, während dicht daneben das ursprüngliche Gestein gar nicht verändert wird. Man könnte einwenden, dass das eine Mal ein schwach dolomitischer Kalk vorhanden ist, den die Atmosphäriken durch Auslaugen in einen Normaldolomit zu verwandeln vermögen, während das andere Mal ein ganz reiner Kalk vorliegt, der nur aufgelöst, aber nicht umgewandelt werden kann. Ich habe leider nicht genug Gesteinsproben mitgebracht, um diese Vermuthung an der Hand von Analysen widerlegen zu können. Aber auch so erscheint mir die Annahme unwahrscheinlich, dass ein Schichtensystem von vielleicht 100 m Mächtigkeit an dem einen Punkte aus ganz reinen Kalken bestehen soll, die nicht dolomitisirungsfähig sind, während dicht daneben durch die ganze Mächtigkeit ein Dolomitgehalt verbreitet ist, der im Laufe der Zeit eine Umwandlung in Normaldolomit erlaubt. Ich glaube, dass man für diese eigenthümlichen Thatsachen nach anderen Gründen zu suchen hat, und dass man sich vor allen Dingen genauer ansehen muss, an welchen Punkten ein und derselbe Horizont in kalkiger, und an welchen er in dolomitischer Facies ansetzt.

Auf der Höhe des Passo di Pallio ist das *Conchodon*-Gestein nicht umgewandelt, wenig unterhalb derselben bereits fast vollständig dolomitisirt; die nackten, nahezu senkrechten

¹ Vergl. ZIRKEL, Petrographie. 2. Aufl. 3. S. 508.

Felsen, mit denen die Höhen zwischen Maggianico und Belledo zur Ebene abfallen, zeigen nur an wenigen Stellen Spuren von Dolomitisirung, während auf den flacheren, von Busch und Wiese bedeckten Abhängen des Albenza-Kammes das *Conchodon*-Gestein ausserordentlich stark umgewandelt ist. Diese Beobachtungen lassen mich vermuthen, dass der dolomitische Kalk der *Conchodon*-Schichten im Allgemeinen nicht oder nur wenig umgewandelt wird, wo er nur vom kohlen säurearmen Regenwasser und Schnee benetzt wird, dass aber die Auslaugung und Umkrystallisirung dort eintritt, wo er mit Wasser in Berührung tritt, das Kohlensäure und Humussäuren aufgenommen hat. Speciell in den Humussäuren, nach SENFT den kräftigsten Agentien, die die Tagesgewässer enthalten, möchte ich den wichtigsten Factor für die Umwandlung des schwach dolomitischen Kalksteins in Dolomit erblicken. Dass übrigens Regenwasser allein in anderen Fällen ebenfalls die Umwandlung hervorrufen kann, dürfte das von GRANDJEAN citirte Beispiel der Burg Dehren beweisen.

Leider habe ich zu spät die Beziehungen zwischen den hellen Dolomiten und den dunkelen Kalken des *Conchodon*-Horizontes erkannt; die wenigen Beobachtungen, die ich darüber anstellen konnte, genügen wohl kaum, um mit völliger Sicherheit Gesetze für diesen merkwürdigen Dolomitisirungsvorgang aufzustellen. Es muss späteren Arbeiten vorbehalten bleiben, die *Conchodon*-Schichten über weite Strecken zu verfolgen, und ich glaube, dass es leicht sein wird, eine Fülle interessanter Beobachtungen anzustellen, nachdem durch diese Arbeit das Verhältniss zwischen den beiden so verschiedenen Gesteinstypen eines Horizontes klargestellt ist.

Es ist bemerkenswerth, dass die sogen. secundäre Dolomitisirung am schönsten an Gesteinen beobachtet worden ist, die als Korallen- oder Bryozoenriffe angesehen werden, oder die mit Riffkalken in engster Berührung stehen. Ich kenne derartige Auslaugungs- und Umkrystallisirungsprocesse des anstehenden, noch nicht zerfallenen Gesteins theils aus eigener Anschauung, theils aus der Literatur bisher nur bei Stringocephalenkalk, Zechstein, südalpinem *Conchodon*-Dolomit und den obersten Etagen des weissen Jura; vielleicht gehört aber auch die Dolomitisirung moderner Korallenriffe, die DANA mit-

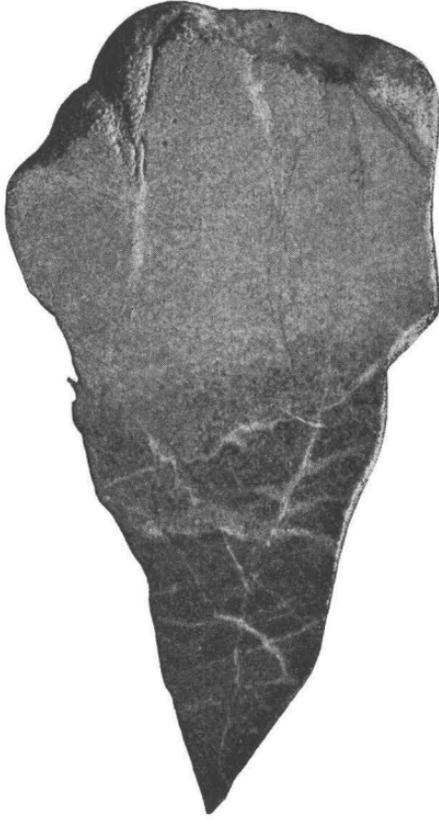
theilt, soweit nicht Meerwasser bereits die Dolomitirung bewirkte, hierher. Ich glaube, dass man zur Erklärung dieser Thatsache zweierlei in Betracht zu ziehen hat. In erster Linie besitzen Korallen schon einen ursprünglichen, nicht unbedeutenden Betrag an $MgCO_3$, Korallengesteine müssen also von vornherein schon mehr oder minder dolomitische Kalke sein. Dann aber sind diese Gesteine meist sehr arm an thonigen Bestandtheilen, da ja bekanntlich Korallenriffe nur in sehr reinem Meerwasser entstehen können. Die säurehaltigen Tagesgewässer können in solche Kalke leichter eindringen und leichter einen Auslaugungs- und Umkrystallisationsprocess vollziehen, als in thonigen Kalkgesteinen, wo die einzelnen Kalkkrystalle durch mehr oder minder dicke Thonkrusten eingehüllt sind und dadurch dem Einflusse der atmosphärischen Gewässer entzogen werden.

Die mikroskopische Untersuchung, die ich anstellte, hat ergeben, dass Dolomit und Kalk sich in dem untersuchten Stücke wohl mechanisch mengen, nicht aber chemisch mischen. Bekanntlich fordert dies auch die neuere krystallographische Forschung, welche nachgewiesen hat, dass Dolomit und Kalkspath nicht isomorph sind, wie man früher annahm, sondern dass ersterer, im Gegensatz zum hexagonal-rhomboëdrischen Kalkspath, tetartoëdrisch ist.

Erklärung zu Tafel I.

Obere Figur. Handstück von *Conchodon*-Dolomit. Die dunkelen Theile sind kalkig, die hellen dolomitisch.

Untere Figur. Dünnschliff von *Conchodon*-Dolomit. Die Dolomitrhomboëder liegen in einer feinkrystallinen, kalkigen Grundmasse. Vergrößerung 1 : 20.



E. PHILIPPI. Dolomitisierung von *Conchodon*-Dolomit.