

# **Chemisch-genetische Betrachtungen über Dolomit.**

(Mit besonderer Berücksichtigung der Dolomit-Vorkommnisse Südost-Tirols.)

Von **Dr. C. Doelter** und **Dr. R. Hoernes.**

---

## **Einleitung.**

Wohl kein einfaches Gestein ist in der Weise von Seite der Geologen, Petrographen und Chemiker zum Gegenstand der verschiedensten Theorien der Entstehung und Umwandlung gemacht worden, als der Dolomit. Nachdem wir in der folgenden Arbeit einen eigenen Abschnitt der Besprechung der einschlägigen Literatur widmen wollen, sei es gestattet, an dieser Stelle hierüber zu schweigen, zumal es ja allgemein bekannt ist, welche widersprechenden Ansichten von Leopold v. Buch's Untersuchungen der Südtiroler Dolomit-Vorkommnisse an bis auf unsere Zeit in Beziehung auf die Fragen: was Dolomit und dolomitischer Kalkstein sei, und auf welche Weise die Ablagerung des Dolomites zu erklären wäre, ausgesprochen wurden. Da namentlich die Südtiroler Dolomit-Vorkommnisse Anstoss zur Entstehung der gewagtesten und unglaublichsten Hypothesen gaben, sei es gestattet, geradezu an dieselben anzuknüpfen. Noch ein weiterer Umstand gab uns Anlass, auf dieses Gebiet Rücksicht zu nehmen, die Thatsache nämlich, dass dasselbe in viel höherem Grade, als es wirklich der Fall ist, als aus Dolomit aufgebaut betrachtet wird. Mehrere touristische Beschreibungen haben durch allzuweite Ausdehnung des Begriffes Dolomit, sowie durch Unkenntniss und Unverständniss der wirklich geologischen Untersuchungen es herbeigeführt, dass nicht blos in der touristischen Literatur, sondern auch in wissenschaftlichen und namentlich geographischen Werken der Name Dolomit-Alpen oder kurz Dolomite für die ganze Gebirgswelt zwischen dem Pusterthal und der venetianischen Ebene in Aufnahme kam. Ungeachtet nur wenige Berge dieser Gegend, wie Schlern, Rosengarten, Langkofel, aus der Corallenfacies der Wengener- und Cassianer-Schichten aufgebaut, ganz oder vorwaltend

aus Dolomit bestehen, wurde der Name Dolomit zu einem geographischen Begriff, der trotz seiner sachlichen und sprachlichen Unrichtigkeit vielleicht nicht mehr aus der touristischen Literatur auszumerzen sein wird. Trotzdem kann nicht geläugnet werden, dass gerade diese Gegend ein ausgezeichnetes Beispiel für das Vorkommen einzelner, enormer Dolomitmassen bietet, an welchen wir denn auch in vortrefflicher Weise die geologischen Probleme der Dolomitbildung studiren können. Wenn irgendwo, so ist in diesen grossartigen Kalk- und Dolomitmassen das „Dolomit-Räthsel“ zu lösen, welches bereits so viele Forscher beschäftigt. <sup>1)</sup>

Wenn nun allerdings zugegeben werden muss, dass auch heute noch nicht vollkommene Klarheit über die fraglichen Punkte herrscht, so sprechen doch alle Thatsachen dafür, dass, wie wir am Schlusse unserer Betrachtungen näher erörtern wollen, das richtige zwischen den zahlreichen einander widersprechenden Hypothesen liege, dass viele derselben für einzelne Fälle richtig seien, aber nicht jene allgemeine Geltung haben, die für sie von ihren Autoren in Anspruch genommen wird, und dass es vor Allem die vielfach als allgemeine Gesetze aufgestellten Resultate von Versuchen seien, die im Kleinen, im chemischen Laboratorium ausgeführt, allzuweitgehenden Theorien über Metamorphismus, über „Dolomitisation des Kalksteines“ das Leben gegeben haben; — Theorien, denen gegenüber von anderer Seite die ebenso hypothetische Ansicht von der gleich ursprünglichen Ablagerung des Dolomites ausgesprochen wurde. Nur im Einklang mit den geologischen Untersuchungen und unter genauer Würdigung der Dolomit-Vorkommnisse in der Natur selbst, ist es möglich mit Zugrundelegung der chemischen Gesetze den Schlüssel zu finden für jene Frage, über welche bereits so viel geschrieben wurde, — ohne dass heute eine allgemein gültige Beantwortung derselben vorliegt.

Es ist selbstverständlich, dass auch durch die vorliegende kritische Zusammenstellung der bisherigen Erfahrungen und die Ableitung der daraus sich ergebenden Schlüsse, nicht die Bildung aller Dolomite erklärt werden kann, es soll vielmehr nur ein neuer Beitrag geliefert werden zur weiteren Untersuchung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse, indem die Unrichtigkeit gewisser Theorien nachgewiesen und die Entstehung dolomitischer Gesteine auf natürliche Weise erklärt

---

<sup>1)</sup> Es schien daher gerade in Bezug auf diese Gegend wünschenswerth, die aus den chemischen Untersuchungen über Dolomite im Allgemeinen erzielten Resultate auf die geologischen Erfahrungen in einem bestimmten Gebiete anzuwenden. Hiezu gab der Umstand, dass Herr Dr. C. Doelter sich bereits geraume Zeit mit dem Studium der Dolomitbildung beschäftigt und die bisherigen Theorien zum Gegenstand einer kritischen Untersuchung sowie selbst eine grosse Anzahl von Analysen dolomitischer Gesteine aus der fraglichen Gegend gemacht hatte, während er mit zahlreichen andern wissenschaftlichen Untersuchungen beschäftigt, nicht Gelegenheit fand, die begonnene Arbeit zu vollenden, dem Gefertigten erwünschten Anlass, durch seine Mitwirkung die Arbeit zum Schlusse zu bringen und dadurch einen Beitrag zur Kenntniss der Dolomitbildung zu liefern, welcher Thätigkeit sich derselbe um so lieber unterzog, als er selbst Gelegenheit hatte, aus Anlass der Aufnahmen der geologischen Reichsanstalt die Dolomitvorkommnisse Südost-Tirols in den Jahren 1874 und 1875 näher kennen zu lernen. Die Resultate, welche dabei erzielt wurden, sind durch gemeinsame Discussion vorbereitet und geprüft worden.

werden soll. Gleich hier möge bemerkt sein, dass die Entstehung des Dolomites in verschiedenen Gegenden auf sehr verschiedene Weise erfolgt sein mag, und dass lediglich genaue geologische Beobachtung uns die bezügliche Erklärung für den speciellen Fall zu liefern im Stande ist. Wir werden uns daher vorzugsweise dem Eingangs bezeichneten Gebiet der südtiroler Dolomit-Vorkommnisse zuwenden, um schliesslich jene Schlüsse zu ziehen, die aus den nachgewiesenen chemischen Gesetzen und aus dem geologischen Auftreten des Dolomites in dieser Gegend in Bezug auf dessen Entstehungsweise abgeleitet werden können.

Es zerfällt daher unsere Arbeit in folgende Abschnitte:

1. Literatur-Uebersicht.
2. Wesen des Dolomites in petrographischer und chemischer Beziehung.
3. Künstliche Dolomitbildung und Hypothesen über die Genesis des Dolomites.
4. Untersuchungen Dr. C. Doelter's über die chemische Zusammensetzung der dolomitischen Gesteine Südost-Tirols.
5. Genesis des Dolomites mit besonderer Rücksicht auf das in den vorhergehenden Abschnitten behandelte Gebiet.

## I. Literaturübersicht.

Die nachfolgende chronologisch geordnete Liste der wichtigsten Publicationen kann wohl keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit machen, doch wurde bei ihrer Ausarbeitung der Berücksichtigung aller auf das chemische Verhalten und die Genesis des Dolomites Bezug habenden Arbeiten, von denen wohl keine wichtigere übergangen wurde, das Hauptaugenmerk zugewendet.

Wir hätten diese Liste noch bedeutend erweitern können, hätten wir in der oben angedeuteten Richtung minder wichtige Veröffentlichungen ebenfalls anführen wollen, doch zeigt schon die Zahl der in das Verzeichniss aufgenommenen, wie rege das Interesse an der Frage über die Entstehung des Dolomites seit Dolomieu und Buch bis auf unsere Tage gewesen ist.

- Dolomieu, 1791, *Journal de Physique*, XXXIX. 3.  
 Arduino, 1799, *Osservazioni chimiche sopra alcuni fossili. Venezia.*  
 Heim, 1806, *geol. Beschr. d. thür. Waldgebirges*, II. Abth., 5, p. 99—121.  
 L. v. Buch, 1822, über den Dolomit als Gebirgsart, *Abh. der Akad. der Wissensch. zu Berlin.*  
 — 1822, *Anal. de chem. et de phys.*, XXIII.  
 — 1824, *Leonhards mineral. Taschenbuch*. 251, 272, 292.  
 Zeuschner, 1829, über den Dolomit im Thal von Fassa, *Leonh. mineral. Taschenb.* p. 401.  
 Collegno, 1834, Dolomit durch schwefelsaure Magnesia, *Bull. d. l. soc. géol.* VI. p. 110.  
 E. de Beaumont, 1836, Volumverminderung bei der Dolomitbildung, *Bull. d. l. soc. géol.*, VIII. p. 174.  
 Girardin, 1838, ursprünglicher Dolomit von St. Alyre, *N. Jahrb. f. Min.* p. 62.  
 Leube, 1840, ursprünglicher Dolomit v. Dächingen, *N. Jahrb. f. Min.* p. 372.  
 Wissmann, *Beitr. z. Geognosie des südöstlichen Tirols* (in den Münsterschen Beiträgen).

- Daubeny, Dolomit-Zersetzung in Südtirol. L'Institut X. année, Nr. 419 bis 426, p. 4.
- Virlet. Bull. d. l. soc. géol. (2) III.
- Coquand, 1843, Dolomite des Neocom, N.-Jahrb. f. Min. p. 852.
- Dana und Jackson, 1843, Magnesiagehalt der Corallen, Am. Journ. of sc. a. arts, 120 und 141.
- Klipstein, 1843, Karsten. Dechens Archiv, XVII. p. 268.
- Petzholdt, 1843, Beitr. zur Geognosie von Tirol. Leipzig, p. 231.
- Blum, 1844, die Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart, p. 360.
- Grandjean. 1844, Dolomit durch atm. Gewässer, N. Jahrb. f. Min. 584.
- Studer, 1844, Physik Geogr. I. p. 146.
- F. Sandberger, 1845, N. Jahrb. f. Min. 577.
- Frapolli, 1847, Dolomit durch Chlormagnesiumdämpfe. Bull. d. l. soc. géol. (2) IV. 857.
- Haidinger, 1847, Dolomit durch schwefels. Magnesia, N. Jahrb. f. Min. 862.
- v. Morlot, 1847, über Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein. Naturwissensch. Abh. von Haidinger, I. p. 305.
- 1847, über den Dolomit. Bericht über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften. Wien.
- 1847, N. Jahrb. f. Min. p. 862.
- F. Sandberger. 1847, Uebersicht der geol. Verh. d. Herzogth. Nassau, 30.
- Haidinger, 1848, Dolomit durch schwefels. Magnesia, Poggendorf Ann. LXXIV., p. 591.
- Karsten, 1848, über die gegenseitigen Beziehungen, in welchen Anhydrit, Steinsalz und Dolomit in ihrem natürlichen Vorkommen zu einander stehen; erläutert durch die Verhältnisse, in welchen die Gypsmassen zu Lüneburg, Segeberg und Lüththeen zu Tage kommen. Karsten Archiv Bd. 22., dgl. Abh. d. Wissensch. Berlin. v. Morlot. 1848. Comptes rendus, XXVI. p. 311.
- Breithaupt. 1849, die Paragenesis der Mineralien, Freiberg, p. 46.
- Favre, 1849. (Comptes rendus, XXVIII., p. 364) sur l'origine des Dolomies en Tirol, Bibl. univers. de Genève. t. x. p. 177, Abgedr. im Bull. d. l. soc. géol. (2) VI., p. 318—322, auch N. Jahrb. 742.
- Forchhammer, 1849, Danske Vidensk Selsk. Forhandl. p. 83.
- Nauck, 1849, Dolomit durch kohlensaure Magnesia, Poggendorf Ann. 75, pag. 129.
- Forchhammer, 1850, Journal für prakt. Chemie, XI, IV., p. 52.
- Hubert, 1850, Analyse von 24 Kalken aus Süd-Tirol, Jahrb. der geol. Reichs-Anstalt, I., p. 729.
- Pfaff, 1850, Dolomit des-fränkischen Jura, Poggendorf, Ann. LXXXII., p. 465 und 600.
- J. Durocher, 1851, Production artificielle de la Dolomie sous l'influence de vapeurs magnésifères (Comptes rendus) dgl. l'Institut XIX, und N. Jahrb. f. Min. 1852, p. 326; 1853, p. 701.
- Damour, 1852, Magnesiagehalt der Corallen, N. Jahrb. f. Min. 860.
- Forchhammer, 1852, N. Jahrb. f. Min. p. 854.
- Fournet, 1852, Dolomite Tirols, N. Jahrb. f. Min. p. 354.
- Ludwig und Theobald, 1852, über die Mitwirkung der Pflanzen bei der Ablagerung des Kalkes, Poggendorf, Ann. Bd. 87, p. 91.
- Hausmann, 1853, über das Vorkommen des Dolomites am Hainberge bei Göttingen, aus den Nachr. v. d. Univ. zu Göttingen.
- Johnston, 1853, ursprüngl. Dolomit von Neesham, Liebig und Kopp's Jahresber. p. 929.
- Boué, 1854, über die Dolomite, talkhaltigen Gesteine, die Trümmerkalke etc. Sitz.-Ber. der k. Akad. der Wissensch.
- Delanoue. 1854, urspr. Dolomit, Comptes rendus XXXIX., p. 492.
- Göbel, 1854, Dolomit und Kalksteine des Obersilur Livlands und Esthlands. Dorpat.
- Hausmann, 1854, Dolomitbildung, N. Jahrb. f. Min. p. 483.
- G. Bischof, 1855, Lehrb. der chem. u. phys. Geol. 1. Aufl. II. 1099—1212.
- Liebe, 1855, urspr. Bild. d. Dolomit, Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. VII., pag. 435.
- Sterry Hunt, 1855, Bull. d. l. géol. (2) XII., p. 1029.
- Volger, 1855, die Mineralien der Talkglimmerfamilie. Zürich.

- v. Waltershausen, 1855. Dolomit des Binnenthal, Poggendorf, Ann. XCIV. p. 115; N. Jahrb. f. Min. p. 738.  
 Daubrée, 1857, Ann. d. Ch. Ph. XXVIII. p. 170.  
 Senarmont, 1858, Ann. d. Chm. Phys. XXVIII.  
 Hunt, 1859, Dolomitbildung, Ann. Journ. of sc. (2) XXVIII., p. 170, 365.  
 Würtemberger, 1859, Dolomitgeschiebe, N. Jahrb. f. Min. p. 153.  
 Daubrée, 1860, études et expériences synthétiques sur le Metamorphisme, Paris.  
 G. Bischof, 1863, Lehrb. d. chem. u. phys. Geol., 2. Aufl. III. p. 52.  
 Schafhäütl, 1864, Zerlegung des dolom. Kalkst. N. Jahrb. f. Min. 812.  
 Th. Scherer, 1865, Beitr. z. Erkl. d. Dolomitbildung, Dresden.  
 Gorup — Besanez, 1871, Untersuchungen einiger Quellen aus dem Dolomit des fränkischen Jura, Ann. Chem. u. Pharm. VIII. Supplem.  
 Inostranzeff, 1872, Unt. v. Kalksteinen und Dolomiten a. B. z. K. d. Metamorphismus. Jahrb. d. geol. R.-A. (M. M.) p. 45.  
 Gümbel, 1871, directe Dolomitbildung im fränk. Jura, Abhandl. d. kgl. bair. Akad. I. Heft.  
 Boué, 1873, über die dolomitische Breccie der Alpen, besonders über die zu Gainfarn in Niederösterreich. Sitz.-Ber. d. k. Akad. der Wissenschaft.  
 Doelter, 1873, vorläufige Mittheilungen über Untersuchungen von Kalksteinen und Dolomiten aus Süd-Tirol, Verh. d. k. k. geol. Reichs-Anstalt, p. 166.

## II. Wesen des Dolomites in petrographischer und chemischer Beziehung.

Wohl kein einfaches Gestein ist so schwer zu definiren als der Dolomit. In petrographischer Beziehung hat derselbe mit dem gemeinen Kalkstein einige Aehnlichkeit, doch unterscheidet sich der wahre Dolomit durch seinen krystallinischen Habitus. Vom krystallinischen Kalk ist Dolomit leicht durch seine Porosität zu unterscheiden, er bildet ein Aggregat von unzähligen kleinen Rhomboedern, die sich nur an einzelnen Stellen berühren, daher er porös und zuckerkörnig erscheint; seine Härte ist etwas bedeutender als die des Kalkes, sowie auch sein specifisches Gewicht grösser. Der Normaldolomit ist ein krystallinisches (phanero- oder kryptokrystallinisches) Gestein, die Schichtung ist bald wie beim Kalkstein vorhanden, bald gänzlich fehlend. Nach den Structurverhältnissen kann man körnigen, cavernösen und dichten Dolomit unterscheiden. Wie in chemischer Beziehung Uebergänge und Zwischenglieder zwischen Kalk und Dolomit vorhanden sind (dolomitische Kalksteine), so ist dies natürlich auch in petrographischer Hinsicht der Fall, daher die Schwierigkeit der Unterscheidung der Uebergangsglieder, während die Typen: reiner Kalk und Normaldolomit schon an dem äusseren Ansehen unschwer zu erkennen sind. Dem Dolomit beigemengt finden sich häufig: Quarz, Glimmer, Talk und Hornstein, viele andere Mineralien treten seltener und nur in einzelnen Fällen in dieser Art auf.

So schwierig die petrographische Definition des Dolomites ist, so schwierig ist auch die chemische. Man kann kühn behaupten, dass unter Dolomit kein Gestein von bestimmter chemischer Zusammensetzung verstanden werden kann, so verschieden sind die hier in Betracht kommenden Gesteine. Da es aber doch nothwendig ist, irgend eine Definition zu geben, so wollen wir zum Dolomite jene Gesteine rechnen, welche ein Gemenge von Kalk- und Magnesia-Carbonat sind. In dieser Definition sind allerdings die dolomitischen Kalksteine mit inbegriffen, da jedoch eine genaue Trennung von Dolomit und dolomitischem Kalk-

stein, wie sie z. B. von Forchhammer<sup>1)</sup> ausgeführt wurde, nicht zulässig ist, so müssen wir eben vor der Hand unsere mangelhafte Definition beibehalten, um so mehr, da wir hier ja alle diejenigen Carbonatgesteine betrachten wollen, welche einen constatirten Gehalt an Magnesia besitzen. (Dass natürlich solche Gesteine, welche nur 1 Proc. Magnesiicarbonat enthalten, hier nicht in Betracht kommen, ist selbstverständlich, da fast alle Kalke einen derartigen geringen Gehalt an Magnesiicarbonat besitzen und so als dolomitische Kalke betrachtet werden könnten.) Wir werden somit auf die schwierige Frage kommen, wo der Kalk aufhört und der dolomitische Kalk beginnt, und wo die Grenze zwischen Dolomit und dolomitischem Kalkstein sich findet.

Der Uebergang von echtem Dolomit zum reinen Kalkstein wird durch die verschiedenen Zwischenglieder vermittelt; ganz rein von Magnesiagehalt ist wohl kein Kalk, auch die körnigen Kalke enthalten  $\frac{1}{2}$  Proc. Magnesiicarbonat.

Vor allem wollen wir die verschiedenen Gruppen hier anführen, die man der chemischen Zusammensetzung nach unterschieden hat. Rammelsberg stellte bekanntlich drei Atomverhältnisse für Bitterspath und Dolomit auf:

1 Atom	Ca	$\text{CO}_3 =$	54·18	
1 "	Mg	$\text{CO}_3 =$	45·82	A)
			100·00	
3 Atome	Ca	$\text{CO}_3 =$	63·95	
2	Mg	$\text{CO}_3 =$	36·05	B)
			100·00	
2 Atome	Ca	$\text{CO}_3 =$	70·28	
1	Mg	$\text{CO}_3 =$	29·72	C)
			100·00	

Das Verhältniss A stellt das Normalverhältniss dar, das häufigste in der Natur vorkommende soll das zweite (B) sein, während das dritte (C) am seltensten vorkommt. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass nicht allgemein jene Gesteine, welche weniger als 29 Proc. kohlen saure Magnesia enthalten, als dolomitische Kalksteine betrachtet werden, so zählt z. B. Forchhammer alle Kalke, welche mehr als 13 Proc. Magnesiicarbonat enthalten, zu den Dolomiten. Wie bereits gesagt, lassen sich keine genauen Grenzen ziehen und es stellen die von Rammelsberg angegebenen Verhältnisse nur annähernde Mittel der verschiedenen Zusammensetzungen dar.

Viele Dolomite enthalten ausser Kieselsäure (Quarz) und Thonerde-Silicaten, welche in mechanischer Beimengung enthalten sind, auch andere Carbonate. Namentlich kommen kohlen saures Eisenoxydul und kohlen saures Manganoxydul hie und da vor. Rechnet man diese Carbonate zum Magnesiicarbonat hinzu, so soll nach Karsten und Bischof das Normalverhältniss in vielen Fällen hergestellt werden. Diess ist jedoch jedenfalls nicht immer der Fall, übrigens enthalten die wenigsten Dolomite solche bedeutende Beimengungen von Carbonaten.

<sup>1)</sup> Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1852, p. 854. — Erdmann, Journal für praktische Chemie, Bd. 49, p. 52.

Forchhammer stellte viele Analysen von Dolomiten und dolomitischen Kalksteinen an, er hält alles, was mehr als 13 Proc. Magnesiicarbonat enthält, für Dolomit, und diejenigen Kalksteine, welche mehr als 2 Proc. Magnesiicarbonat enthalten, für dolomitische Kalksteine.<sup>1)</sup> Interessant sind seine Untersuchungen über den Magnesiagehalt der Corallen, Bivalven, Serpeln etc. Fast alle Kalksteine, welche durch diese Thiere gebildet wurden, enthalten somit einen Gehalt von 2 Proc. Magnesiicarbonat; — bei den Serpeln und der Corallengattung Isis findet sich ein Gehalt an Magnesiicarbonat bis zu 7.6 Proc., somit können diese letzteren dolomitische Kalksteine bilden.

Wir gelangen nun zu einer wichtigen Frage: Ist der Dolomit ein Doppelsalz oder ist derselbe ein isomorphes Gemische von beiden Carbonaten? Diese Frage, welche vielfach behandelt wurde, ist sehr schwierig zu beantworten. Da Ca und Mg isomorphe kohlen saure Verbindungen bilden, so kann sehr gut die Magnesia den Kalk vertreten. Der krystallisirte Bitterspath ist wohl schwerlich immer ein Doppelsalz zu nennen, denn manche davon, von denen ganz gewiss nicht angenommen werden kann, dass sie ein Gemenge von Dolomit und Calcit sind, enthalten Verhältnisse, welche von dem für den Normaldolomit aufgestellten (*A*) bedeutend abweichen; so dass als sehr wahrscheinlich angenommen werden kann, dass Magnesia und Manganoxydul den Kalk vertreten können: so erklären sich ungezwungen die verschiedenen Verhältnisse der Zusammensetzung.

Von vorneherein ist übrigens gar kein Grund vorhanden, warum der Bitterspath ein Doppelsalz sein soll, vielleicht wird folgendes ein Kriterium zur Lösung der Frage abgeben können, ob es jedoch ein sicheres sei, wagen wir nicht zu entscheiden. Durch Versuche von Goup-Besanez<sup>2)</sup> ist es erwiesen, dass eine Lösung von Dolomit, welcher die Zusammensetzung *A* hat, sich im kohlen sauren Wasser als Doppelsalz zersetzt, das heisst: es bleibt nur ein Gemenge von Kalk- und Magnesiicarbonat übrig. Sollten die anderen Dolomite und Bitterspath, welche nicht diese Zusammensetzung haben, aber dennoch nicht Gemenge von Dolomit und Kalkstein sind, diesem Gesetz unterworfen sein, so müsste man sie auch als Doppelsalze betrachten, denn es ist nicht wahrscheinlich, dass isomorphe Mischungen sich durch Lösung in kohlen säurehaltigem Wasser so trennen lassen. Als ganz untrügliches Kriterium wollen wir dies selbstverständlich nicht betrachten, sondern uns darauf beschränken, die Aufmerksamkeit der Chemiker auf diesen Punkt zu lenken.

Bis jetzt sprechen alle Umstände dagegen, dass jeder Dolomit ein Doppelsalz sei. Liessen sich alle Dolomite und Bitterspath, welche nicht Gemenge von Dolomit und Calcit sind, in die drei Rammelsberg'schen Typen einreihen, so würden wir sie ohnweiters als Verbindungen von kohlen saurem Kalk und kohlen saurer Magnesia, als Doppelsalze betrachten. Dies ist jedoch bekanntlich nicht der Fall, so dass man sich nicht leicht denken kann, wie solche Dolomite als Doppelsalze zu betrachten seien.

<sup>1)</sup> Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1852, p. 854.

<sup>2)</sup> Annalen der Chemie und Pharmacie, VIII. Suppl.-Bd., 1872, p. 230.

Dass alle diejenigen Dolomite, deren Zusammensetzung sich den Aequivalentverhältnissen *B* und *C* nähert, nicht Gemenge von Calcit und Dolomit sind, ist wahrscheinlich und bei vielen krystallisirten Varietäten sogar gewiss; — viele aber sind sicher solche Gemenge. Karsten <sup>1)</sup> betrachtet alle solche Dolomite als Gemenge von Kalk und Dolomit; was diese Meinung bestärkt, ist der Umstand, dass in solchen Gesteinen der Kalk durch verdünnte Essigsäure bei 0° ausgezogen wird. Wenn dies bei allen solchen Dolomiten der Fall wäre, so würde man einfach alle dichten Dolomite, welche nicht das Verhältniss *A* zeigen, als Gemenge zu betrachten haben; nun verhält es sich aber nicht mit allen Dolomiten so.

Gepulverter Dolomit löst sich nicht in Essigsäure in der Kälte, enthält er aber beigemengten Kalk, so wird sich derselbe lösen. Diese Regel ist jedoch nicht absolut gültig, da auch etwas Dolomit durch Essigsäure gelöst wird. Nach Pfaff <sup>2)</sup> nämlich zeigen die Dolomite des fränkischen Jura ein eigenthümliches Verhalten; aus ihnen zieht die Essigsäure auch etwas Magnesia aus und der Rückstand hat nicht die Zusammensetzung des Normaldolomites. Nach ihm könnten diese Gesteine nur Gemenge von Dolomit, Calcit und Magnesit sein, wenn man sie überhaupt als Gemenge betrachten will. Dieses Verhältniss stimmt auch damit überein, dass die Dolomite des fränkischen Jura sich etwas anders gegen kohlenensäurehaltiges Wasser verhalten, als die übrigen. Dass überhaupt gepulverter Dolomit in Essigsäure bei 0° absolut unlöslich sein soll, bezweifeln wir, um so weniger wahrscheinlich ist es demnach, dass sich bei gewöhnlicher Temperatur (15° C.) nichts lösen soll.<sup>3)</sup> Dass aber Dolomite in der Kälte nicht mit Säure brausen, zeigt jedenfalls, dass sie nicht mechanische Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlenaurer Magnesia sind, denn sonst müsste ein Aufbrausen stattfinden, indem der Kalk allein von der Säure angegriffen würde.

Wir kommen nun zur Besprechung der Löslichkeitsverhältnisse der Dolomite und dolomitischen Kalksteine in kohlenensäurehaltigem Wasser. Destillirtes Wasser löst aus einem Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlenaurer Magnesia 28 Mal so viel von dem ersteren als von der letzteren auf. Behandelt man einen Dolomit von der Zusammensetzung *A* mit kohlenensäurehaltigem Wasser, so hat die Lösung dieselbe Zusammensetzung. Verfährt man jedoch auf gleiche Weise mit einem Dolomit von der Zusammensetzung *B* oder *C*, so löst sich viel mehr Kalk als Magnesia. Wie lässt sich dies erklären? Sollen wir in dieser Beziehung die Ansicht Volger's <sup>4)</sup>, welche die Erklärung in der verschiedenen Dichtigkeit sieht, gelten lassen? Wiewohl wir heute noch nicht mit vollkommener Bestimmtheit hierüber urtheilen können, scheint die Annahme, dass dies durch das Vorhandensein eines Gemenges von Dolomit und Calcit zu erklären sei, noch am ehesten richtig zu sein.

<sup>1)</sup> Archiv für Mineralogie, Bd. 22, p. 572.

<sup>2)</sup> Poggendorf, Annalen, Bd. 82.

<sup>3)</sup> Vergleiche die Resultate des diesbezüglich von uns angestellten Versuches. — Abschnitt V.

<sup>4)</sup> G. H. Volger, die Entwicklungsgeschichte der Mineralien der Talkglimmerfamilie und ihrer Verwandten, Zürich 1855, p. 149.

Dolomit ist sehr schwer löslich in kohlensaurem Wasser. Aus einem Gemenge von Calcit und Dolomit wird kohlensaures Wasser viel mehr Calcit ausziehen; wird aber aus jedem Dolomit, welcher nicht die Zusammensetzung *A* hat, Kohlensäure nur Kalk lösen, wie dies angenommen wurde?

Bischof<sup>1)</sup> behandelte dolomitische Kalksteine mit kohlensäurehaltigem Wasser, der Magnesiagehalt betrug bis 11 Proc. Aus diesen Kalksteinen wurde fast nur kohlensaurer Kalk ausgezogen; würde jedoch der Magnesiagehalt etwas mehr betragen haben, so wäre wahrscheinlich im Extract auch Magnesia enthalten gewesen, denn das behandelte Gestein bestand offenbar aus Kalk und Dolomit mit vorwaltendem Kalk.

Bischof dehnte aber den aus diesen Versuchen abgeleiteten Schluss auf alle Dolomite und dolomitischen Kalksteine aus, welche nicht die Zusammensetzung *A* haben, und baute hierauf eine Theorie der Dolomitbildung durch Auslaugung des kohlensauren Kalkes, welche wir später zu behandeln haben werden. In der letzten Zeit wurde Gorup-Besanez durch Analysen von Quellen aus dem fränkischen Jura veranlasst, das Bischof'sche Gesetz zu bestreiten. Von dem Satze ausgehend, dass bei einfachen Gesteinen in der Zusammensetzung der Quellenrückstände sich jene der Gebirgsarten, aus welchen die Quellen entspringen, spiegelt, beschloss er zu untersuchen, ob nicht der Dolomit, wenngleich nur aus einem Mineral gebildet und daher auch unter die einfachen Gesteine gerechnet, in dieser Beziehung von den anderen Gesteinen abweichen könnte. Durch die von ihm ausgeführten Analysen von Quellen aus dem Dolomitgebiete des fränkischen Jura kam er zu dem Schlusse, dass die Quellen Zusammensetzungen besitzen, welche sich in drei Typen, entsprechend jenen von Rammsberg für die Dolomite aufgestellten, einreihen lassen. Er zieht daraus den Schluss, dass, da die Zusammensetzung der Gesteine eine entsprechende sein müsse, die von Bischof aufgestellte Regel, als würde aus den sogenannten unfertigen Dolomiten nur Kalk ausgezogen, nicht richtig sei, indem diejenigen Quellen, welche der Zusammensetzung *B* und *C* entsprechen, eben aus solchen Gesteinen entspringen, die eine ähnliche Zusammensetzung besitzen. Dem kann allerdings der Einwurf gemacht werden, dass zur Bestätigung dieser Meinung auch Analysen der Felsarten, durch welche die Gewässer fließen, notwendig gewesen wären, und vor allem müsste man sich auch davon überzeugt haben, ob das Gestein auch wirklich homogen sei. In einem Gebirge wie der fränkische Jura, in welchem Kalkstein in dolomitischen Kalk und echten Dolomit übergeht, ist es wohl denkbar, dass eine Quelle nicht notwendig die Zusammensetzung des Gesteines, welches sie durchfließt, angeben muss. Gerade wenn das in Frage gestellte Gesetz bezweifelt wurde, mussten auch Analysen der Felsarten gemacht werden. Das Einfachste, was nun zu thun wäre, scheint wohl, die Versuche Bischof's mit Gesteinen des fränkischen Jura wieder aufzunehmen, und zwar mit solchen Gesteinen, welche nicht die Zusammensetzung *A* haben. Immerhin lassen uns die Gorup-Besanez'schen Arbeiten, wenngleich sie

<sup>1)</sup> Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, 1. Auflage, Bd. II., pag. 1100.

nicht beweisend sind, einige Zweifel über die Giltigkeit der Bischofschen Theorie. Indessen hat auch Bischof in letzter Zeit daran gezweifelt, ob nicht auch aus Dolomit Kalkstein mit geringerem Magnesia-gehalt entstehen könnte.

Somit ist noch nicht festgestellt, wie die Dolomite, welche die Zusammensetzung *B* und *C* haben, sich gegen kohlenensäurehaltiges Wasser verhalten. Dass hingegen aus solchen Gesteinen welche wesentlich Gemenge von Calcit und Dolomit sind, vorzugsweise kohlen-saurer Kalk ausgezogen wird, ist sowohl durch Versuche constatirt, als auch der Theorie entsprechend; dass aber auch hier etwas Dolomit gelöst werden kann, ehe noch aller kohlen-saure Kalk gelöst ist, scheint wohl keine Unmöglichkeit. <sup>1)</sup>

### III. Künstliche Dolomitbildung und Hypothesen über die Genesis des Dolomites.

Seitdem Hall durch sein bekanntes Experiment die Entstehung des körnigen Kalkes zu erklären versuchte, hat die Methode, durch Experiment die in der Natur stattgehabten Vorgänge nachzuweisen, Eingang in die Geologie gefunden. Dass dieser Weg gute Früchte gebracht hat, ist zweifellos, aber man hat ihn zu weit und in unrichtiger Weise verfolgt. So wurde er besonders von Seite der Chemiker angewandt, um auf Grund vereinzelter Versuche Theorien von Gesteins-entstehung aufzubauen, welche den in der Natur vorkommenden Verhältnissen durchaus nicht entsprechen.

Besonders bei unserem Gesteine trat dieser Fall ein, und es hat vielleicht das Experiment im Anfange der Untersuchungen über die Entstehung des Dolomites geradezu von der rechten Bahn abgelenkt. Der Fehler war, dass man irgend eine durch ein Experiment nachgewiesene Bildungsweise als die in der Natur einzig mögliche hinstellte, ohne auf die Wahrscheinlichkeit anderer Entstehungsarten und die geognostischen Verhältnisse Rücksicht zu nehmen. Erst später, als die Verhältnisse in der Natur selbst genauer untersucht und bekannt geworden waren, konnten diese Versuche von grösserem Nutzen sein. Von den Untersuchungen über die Löslichkeit des Dolomites und dolomiti-schen Kalksteins in kohlen-saurem Wasser war bereits die Rede, wir werden uns daher hier nur mehr mit jenen Versuchen zu beschäftigen haben, welche auf die Bildung des Dolomites oder Bitterspathes Bezug haben.

Der Erste, welcher die Bildung des Dolomites durch ein directes Experiment aufzuklären versuchte, war v. Morlot <sup>2)</sup>. Es hatte Haidinger <sup>3)</sup> aufmerksam gemacht durch das ziemlich häufige Zusammen-vorkommen von Gyps und Dolomit einen Zusammenhang zwischen der

<sup>1)</sup> Siehe: Abschnitt V unserer Arbeit.

<sup>2)</sup> V. Morlot: Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein. Naturw. Abhandl. von Haidinger, I, 1847, pag. 305.

<sup>3)</sup> Haidinger: Dolomit durch schwefelsaure Magnesia. Neues Jahrbuch für Mineralogie, 1847, pag. 862.

Bildung des Gypses und Dolomites vermuthet, welche Annahme v. Morlot durch ein Experiment begründen wollte. Bei gewöhnlichen Druck- und Temperaturverhältnissen findet jedoch ein Umsatz im entgegengesetzten Sinne statt, indem Dolomit, durch Gyps filtrirt, Bittersalz und Kalkspath liefert. Doch gelang es v. Morlot, durch Anwendung eines Druckes von 25 Atmosphären und einer Temperatur von 200° C., aus Bittersalz und Kalkspath in der That Gyps und Dolomit zu erhalten. Doch ist es keineswegs sichergestellt, dass es wirklich Dolomit gewesen oder nicht ein Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia. Auch für den Fall, dass es Morlot gelungen wäre, auf dem angedeuteten Wege wirklichen Dolomit zu erzeugen, so kann doch kaum angenommen werden, dass eine solche Bildung in der Natur selbst vorgegangen sei.

Marignac machte einen ähnlichen Versuch, indem er Chlormagnesium auf Kalk einwirken liess. Er bekam bei sechsständiger Einwirkung ein Gebilde, welches mehr Magnesia enthielt als ein eigentlicher Dolomit; bei einer Einwirkung von zweistündiger Dauer hingegen enthielt dasselbe weniger Magnesia als wirklichen Dolomit. Er erklärte so die Bildung von Dolomit und magnesiahaltigem Kalkstein, nur ist dann nicht abzusehen, warum sich in der Natur keine Dolomite befinden sollten, die mehr als 45 Proc. Magnesiicarbonat besitzen.

Bischof<sup>1)</sup> hat die Theorie, welche Favre auf den besprochenen Versuch gründete, zurückzuweisen gesucht.

Im Jahre 1851 wollte Durocher<sup>2)</sup> die Dolomitbildung durch Einwirkung von Chlormagnesiumdämpfen auf kohlensauren Kalk erklären, welche Dämpfe bei Eruptionen von Porphyrgesteinen emporgestiegen sein sollten. Es ist wohl möglich, dass in der Nähe von Vulkanen einzelne Kalkstücke so in Dolomit umgewandelt wurden, unmöglich kann man jedoch auf eine Verallgemeinerung dieser Idee eingehen, da einerseits nachgewiesen ist, dass in vulkanischen Gebieten Dolomit auf unverwandtem Kalk ruht, andererseits sehr viele Dolomite sich ferne von Eruptivgesteinen befinden.

So sind alle Theorien, welche auf derartige einzelne, willkürlich angestellte Experimente gegründet wurden, leicht zu widerlegen und wurden auch bereits von verschiedenen Autoren zurückgewiesen.

Alle späteren Versuche gingen den umgekehrten Weg; während man früher willkürliche Versuche anstellte und ihre Resultate höchst unpassend auf die Natur anwandte, suchte man später auf Beobachtungen in der Natur gegründete Theorien durch den chemischen Versuch zu bestätigen. Als die Theorie entstand, welche die Dolomitmetamorphose Lösungen von kohlensaurer Magnesia zuschrieb, da suchte man auch auf künstlichem Wege auf diese Weise Dolomit zu erzeugen. Die in dieser Richtung angestellten Versuche führten allerdings zu keinem Resultat, es beweist dies jedoch nichts gegen die Richtigkeit dieser Theorie, für welche, abgesehen, von den Thatsachen, die wir weiterhin zu besprechen haben werden, namentlich die Pseudomorphosen sprechen.

<sup>1)</sup> Bischof, l. c. 1. Aufl., Bd. 2, pag. 1125.

<sup>2)</sup> L'Institut 1851, 19. Bd. — Neues Jahrbuch 1852, pag. 328. — Comptes rendus de l'Acad. d. sc. 1851, 37. Bd. — Neues Jahrbuch 1853, pag. 702.

Bischof<sup>1)</sup> sagt, dass es ihm nicht gelungen sei, eine Zersetzung des Kalkcarbonats durch Magnesiicarbonat zu erreichen. Scheerer<sup>2)</sup> will hingegen eine solche erzielt haben. Wir wollen hier die Richtigkeit des Scheerer'schen Versuches zwar nicht bestreiten, können ihn aber, ehe er nicht von anderer Seite bestätigt wurde, nicht als sicher betrachten. Auch wäre es wünschenswerth gewesen, wenn Scheerer die näheren Umstände eines so wichtigen Versuches auseinandergesetzt hätte, da es ungeheuer schwierig ist, ein Gemenge von Kalk- und Magnesiicarbonat von wirklichem Dolomit zu unterscheiden, so ist es durchaus nicht festgestellt, dass bei Scheerer's Versuch sich wirklich Dolomit bildete.

Einen viel besseren Beweis für die in Frage stehende Theorie liefern uns die Pseudomorphosen. Diese sind im Allgemeinen für ähnliche Untersuchungen von grösserem Werthe, als im Laboratorium angestellte Experimente, da bei ihnen ein Factor thätig war, der dem Versuch fehlt — die Zeit. Dass Pseudomorphosen im Allgemeinen auf wässerigem Wege und nicht durch Dämpfe hervorgebracht wurden, wird wohl Jedermann klar sein, da Ausnahmen von dieser Regel nur etwa an den Kratern von Vulkanen vorkommen und die Bildungsweise der Dolomit-Pseudomorphosen entschieden nichts gemein hat mit den Verhältnissen, unter denen sich beispielsweise an Vulkanen Pseudomorphosen bildeten.

Die Pseudomorphosen von Dolomit nach Calcit wurden zuerst von Haidinger<sup>3)</sup> beschrieben. Er macht darauf aufmerksam, dass hier ein Theil des kohlensauren Kalkes durch Bittererde verdrängt wurde; über die Art und Weise der Umwandlung spricht er sich indessen nicht näher aus.

Blum<sup>4)</sup> beschrieb diese Pseudomorphosen genau, er zeigte, dass die Umwandlung von aussen nach innen stattfindet, dass oft im Innern die Krystalle hohl sind oder noch einen Kern aus Kalkspath enthalten. Was die Bildung derselben betrifft, so muss nach ihm kohlensaure Bittererde hinzu- und kohlensaure Kalkerde weggeführt worden sein. Er vermuthet, dass diese Umwandlung durch Gewässer hervorgebracht worden sei, weil diese Afterkrystalle sich eben meist auf Gängen finden.

Diese Pseudomorphosen sind offenbar dadurch entstanden, dass eine Zersetzung des Magnesiabicarbonates durch Kalkcarbonat stattfand. Was wir durch unsere im chemischen Laboratorium angestellten Versuche nicht erreichen können, das hat die Natur durch Hilfe eines mächtigen Factors — der Zeit — zu Stande gebracht.

Dolomit ist nirgends als Versteinerungsmittel beschrieben, nur Volger<sup>5)</sup> erwähnt von Helgoland eines solchen Vorkommens, glaubt aber, dass man es auch hier mit einer Pseudomorphose zu thun habe.

<sup>1)</sup> Bischof l. c. 2. Aufl., Bd. 3, pag. 89.

<sup>2)</sup> Dr. Th. Scheerer: Beiträge zur Erklärung der Dolomitbildung. Dresden 1865, pag. 13.

<sup>3)</sup> Poggendorf, Annalen, Bd. II, pag. 384.

<sup>4)</sup> Blum: Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, pag. 52, und 2. Nachtrag, pag. 22.

<sup>5)</sup> G. H. Volger: Die Entwicklungsgeschichte der Mineralien der Talkglimmerfamilie und ihrer Verwandten, pag. 117.

Hinlänglich bekannt ist übrigens wohl das Vorkommen von aus lauter Dolomit-Rhomboedern bestehenden Versteinerungen in verschiedenen dolomitischen Schichten der Alpen, doch scheint es wenigstens für einen Theil dieser Reste organischen Ursprungs wahrscheinlich, dass sie nicht sehr lange nach ihrer Einbettung in die Schichten, in denen wir sie heute meist als mit Dolomitkrystallen ausgekleidete Hohlräume im Gestein antreffen, in diesen Zustand versetzt wurden, so dass wir hier eigentlich nicht von einer Metamorphose sprechen können.

Wir wollen uns nunmehr der Besprechung jener Versuche zuwenden, welche über die directe Dolomitbildung angestellt wurden. Hier müssen wir vor allem der Forchhammer'schen Theorie <sup>1)</sup> gedenken. Derselbe glaubte, dass das im Quell- und Flusswasser enthaltene Kalkcarbonat die Magnesiasalze des Meerwassers zersetze und dass auf diesem Wege Dolomit gebildet werde. Er unternahm mehrere Experimente zur Begründung dieser Hypothese, erhielt jedoch selbst bei einer Temperatur von 100° C. nur 12·5 Proc. kohlen saure Magnesia im Niederschlag. Für Bischof <sup>2)</sup> ist diese hohe Temperatur ein Grund, um die ganze Theorie zu verwerfen. Uns scheint diess etwas zu weit gegangen, denn es wäre immerhin möglich, dass auf diesem Wege, allerdings bei einer Temperatur, die nicht den Siedepunkt erreichen darf, magnesiahaltige Kalksteine, welche keinen hohen Gehalt an Magnesia besitzen, gebildet worden seien. Dass auf diesem Wege grosse Dolomitmassen abgelagert worden sein können, scheint nicht sehr zweifelhaft; wir glauben es nicht geradezu verneinen zu dürfen und werden an anderer Stelle hierauf zurückkommen.

Wir müssen hier einiges über den directen Absatz von Dolomit in der Natur sprechen. Er ist innig an die Entstehung des Kalksteins geknüpft. Bischof <sup>3)</sup> zeigte, dass durch Verdunstung wohl schwerlich Dolomit entstehen kann. So setzen die Karlsbader Quellen, welche  $\frac{3}{6}$  Mal so viel kohlen saure Magnesia als kohlen sauren Kalk enthalten, in ihrem Absatz, dem Sprudelstein, nur kohlen sauren Kalk ab. Nur in Spalten und Drusenräumen, in welchen die Gewässer langsamer absinken und nach und nach austrocknen, können sich dolomitische Absätze bilden.

Karsten <sup>4)</sup> erwähnt Absätze mit Magnesiagehalt, welche, nach dem Verhalten gegen Essigsäure zu schliessen, keine chemischen Verbindungen des Magnesia- und Kalkcarbonats sind. Er glaubt, dass sich jedes Carbonat für sich aus der wässerigen Lösung abgeschieden habe.

Jedenfalls ist eine directe Entstehung von Dolomit aus Gewässern nicht für jene grossen Dolomitmassen denkbar, deren Bildung wir hier erörtern wollen.

Gorup-Besanez <sup>5)</sup> suchte aus Dolomitlösungen und aus dolomitischen Quellen des fränkischen Jura Bitterspath darzustellen. Seine Untersuchungen führten ihn jedoch nur zu dem Resultate, dass auf dem von ihm eingeschlagenen Wege und unter den Bedingungen, unter denen er das Experiment vornahm, Bitterspath sich nicht bilden konnte, indem

<sup>1)</sup> Danske videnske Selsk. Ferhandl. 1849. (Neues Jahrbuch 1852, pag. 854.)

<sup>2)</sup> Erdmann und Marchand, Journal, Bd. 49, pag. 52.

<sup>3)</sup> Bischof, l. c. 2. Aufl., 3. Bd., pag. 75.

<sup>4)</sup> Karsten. Archiv XXII, pag. 539.

<sup>5)</sup> Annalen für Chemie und Pharmacie, Suppl. VIII, 1872, pag. 235.

das Doppelsalz sich zersetzte und die zuerst sich abscheidenden Krystalle fast gar keine oder nur sehr wenig kohlensaure Magnesia enthielten, während die Lösung, welche beim Filtriren übrig blieb, fast nur aus kohlensaurer Magnesia bestand. Es wäre somit die Hypothese Bischof's, welcher den Bitterspath, den man in vielen Dolomiten trifft, als Absatz von Lösungen des Gesteins selbst ansieht, was seiner Meinung nach nur in jenen Dolomiten, die er fertige nennt, geschehen soll, als eine unrichtige zu bezeichnen. Durch diese Untersuchungen von Gorup-Besanez wird allerdings die Erklärung der Bitterspathbildung nicht wesentlich gefördert, doch zeigen sie wenigstens, dass die Bitterspathbildung nicht so einfach vor sich geht, wie Bischof glaubte. Dass übrigens auch „unfertige“ Dolomite Bitterspath enthalten können, ist an Handstücken solchen Dolomites von Süd-Tirol leicht zu zeigen.

Die Bitterspathbildung bleibt sonach noch ein Räthsel; es ist zwar klar, dass der Absatz von Bitterspath aus Lösungen erfolgt sei, wie jedoch, können wir heute noch nicht angeben.

Selbst über die Entstehung des Kalksteins war man bis in die letzte Zeit nicht vollkommen im Klaren, wengleich von den Meisten angenommen wurde, dass fast aller Kalk nur durch organische Thätigkeit, durch Thiere und Pflanzen, abgelagert worden sei. Heute gilt es als feststehende Thatsache, dass alle grösseren Massen von kohlensaurem Kalk (mit sehr geringen Ausnahmen) organischen Ursprungs sind. Bischof hat es durch Versuche nachgewiesen, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen kein directer Absatz von kohlensaurem Kalk aus den Gewässern stattfindet; die Organismen spielen bei demselben vielmehr eine vermittelnde Rolle. Dolomitischer Kalk ist ein Gemenge von Dolomit und Calcit, er liefert uns den directen Beweis für die Möglichkeit, dass Dolomit ebenso abgelagert werden kann, als Kalkstein, dass er ebenso wie dieser den Organismen seine Entstehung verdanke. Es scheint dabei wahrscheinlich, dass der relativ hohe Gehalt der Korallen und anderer Seethiere an kohlensaurer Magnesia die Ursache des Magnesia-gehaltes fast aller Kalksteine bildet, doch können wir an dieser Stelle hierauf nicht näher eingehen und beschränken uns darauf, auf die Bildung von dolomitischen Sedimenten durch Vermittlung der Organismen aufmerksam gemacht zu haben. In neuerer Zeit bauten Deville<sup>1)</sup> und Sterry Hunt<sup>2)</sup> Hypothesen über Dolomitbildung auf chemische Versuche; da jedoch ihre Ansichten auf die in der Natur herrschenden Verhältnisse unanwendbar sind und zur Erklärung der Dolomitbildung nichts beitragen, können wir sie gänzlich übergehen.<sup>3)</sup>

Betrachten wir die Resultate, welche die chemischen Experimente für die Untersuchung der Dolomitbildungsfrage geliefert haben, so sehen wir uns zu dem Schlusse berechtigt, dass alle jene Experimente, auf die man eine universelle Dolomitbildungstheorie bauen wollte, der Sache wenig genützt haben, da alle diese Theorien als mit den natürlichen Verhältnissen nicht übereinstimmend verworfen werden mussten; dass hingegen jene Experimente, die gemacht wurden, um eine auf Beob-

<sup>1)</sup> Jahresbericht für Chemie, 1858, pag. 756.

<sup>2)</sup> Jahresbericht für Chemie, 1858, pag. 122; 1859, pag. 827.

<sup>3)</sup> G. Bischof, l. c. 2. Aufl., 3. Bd., pag. 90.

achtung in der Natur gegründete Theorie durch chemischen Nachweis zu stützen, mehr Nutzen gehabt haben, als die ersterwähnten Versuche.

Wir wollen uns nunmehr der Besprechung der in neuerer Zeit über Dolomitbildung aufgestellten Hypothesen zuwenden, da die älteren plutonischen Ansichten, welche bereits von allen Seiten aufgegeben worden sind, füglich übergangen werden können. Wir begnügen uns, hier auf die betreffenden Zusammenstellungen in Bischof's und Naumann's Werken hinzuweisen<sup>1)</sup>, da uns eine eingehende Kritik der einzelnen Hypothesen zu weit führen würde. (Ueber Forchhammer's Ansicht wurde bereits oben, pag. 305, gesprochen.)

Bereits früher haben wir darauf hingewiesen, wie unrichtig es wäre, für ein Gestein wie der Dolomit eine einzige universelle Hypothese für seine Bildung aufzustellen, wie das von Manchen gethan wurde. Die Natur hat vielmehr in verschiedenen Gegenden verschiedene Wege eingeschlagen, und es müssen die einzelnen Vorkommen einem genauen Studium unterworfen werden, ehe man im Stande ist, diese oder jene Theorie auf dieselben anzuwenden. Dass es total falsch ist, aus einem einzigen chemischen Experimente die Genesis aller Dolomite ableiten zu wollen, haben wir bereits des Weiteren auseinandergesetzt. Gegenwärtig ist man auch von diesem Wege ganz abgekommen, und auch für die Zukunft wäre die grösste Vorsicht, verbunden mit der genauen Berücksichtigung der geognostischen Verhältnisse, geboten, um eine auf ein chemisches Experiment gegründete Hypothese auf ein locales Dolomitgebiet (keineswegs aber auf alle Dolomitvorkommen) anzuwenden. Wir dürfen uns überhaupt die grossen Schwierigkeiten nicht verhehlen, die uns entgegentreten, und wollen es gleich hier aussprechen, dass es auch uns nicht gelingen wird, das „Dolomiträthsel“ endgiltig zu lösen, unser Zweck ist nur, anderen Forschern Material zum weiteren Studium der Frage, speciell rücksichtlich der Süd-Tiroler Dolomite, an die Hand zu geben.

Ueberblicken wir die von verschiedenen Autoren in die Welt gesetzten Hypothesen über Dolomitbildung, so sehen wir, dass sich dieselben in zwei Gruppen bringen lassen, von denen die erste jene Theorien umfasst, welche sich auf eine directe Dolomitbildung beziehen, während jene der zweiten Gruppe eine metamorphische Dolomitbildung aus kohlensaurem Kalk beweisen wollen.

Gehen wir zuerst auf die nähere Besprechung der Theorie von der directen Dolomitbildung ein, so sehen wir, dass sie in der letzten Zeit allgemein hintangesetzt und fast von allen Autoren ihr die metamorphische Dolomitbildung vorgezogen wurde. Besonders von Seite der Chemiker, Bischof an der Spitze, wurde die erstere Theorie in den Hintergrund gedrängt, da man ungeheure Schwierigkeiten, ja sogar die Unmöglichkeit eines directen Dolomitabsatzes nachweisen wollte. Bischof wies durch Versuche die directe Dolomitbildung als Quellabsatz und auch als durch Verdunstung entstandenen Absatz aus dem Meere zurück. In gewissem Sinne hat nun Bischof und die ihm folgende Richtung

---

<sup>1)</sup> G. Bischof, l. c. 1. Aufl., 2. Bd., pag. 1099—1112. — Naumann, Lehrbuch der Geologie, 2. Aufl., 1. Bd., pag. 763.

gewiss Recht; es sind in der That die meisten und alle grösseren Dolomitvorkommen nicht Resultate von directem Absatz, aber, wie wir gleich bemerken wollen, auch nicht auf metamorphischem Wege in dem Sinne, wie es die meisten Umwandlungstheorien aussprechen, aus kohlen-saurem Kalk entstanden. Man kann den bezüglichen Bischof'schen Versuchen mit Fug und Recht, da es ja wirklich einzelne directe Dolomitabsätze gibt, vorwerfen, dass sie nicht unter den in der Natur vorhandenen Bedingungen angestellt wurden und allein darum ein ungünstiges Resultat ergaben. Wären im Laboratorium angestellte Versuche in dieser Richtung überhaupt beweisend, so könnte man auch die metamorphische Dolomitbildung durch Zufuhr von kohlen-saurer Magnesia, die heute von Vielen angenommen wird, in Abrede stellen, da es bis jetzt noch nie gelungen ist, auf diesem Wege wirklichen Dolomit darzustellen.

Wir wollen bei dem Interesse, welches die Frage der directen Dolomitbildung hat, die bekanntesten Beispiele derselben anführen. Solche unzweifelhaft durch directen Absatz gebildete Dolomitvorkommen sind der Absatz der Quelle von St. Alyre <sup>1)</sup> und die Süßwasserdolomite der Tertiärformation bei Dächingen unweit Ulm nach Leube. <sup>2)</sup> Coquand glaubt auch den Dolomiten der Departements des Bouches du Rhone, Var und Basses Alpes, welche dem Neocom angehören, eine directe Bildung als Quellabsätze zuschreiben zu müssen. <sup>3)</sup> Fr. Rosen hat auch für die Livländer Dolomite eine directe Bildung wahrscheinlich gemacht <sup>4)</sup> und Gümbel eine solche für Dolomite des fränkischen Jura nachzuweisen gesucht. <sup>5)</sup>

Früher galt, wie wir oben auseinandergesetzt haben, eine directe Dolomitbildung für unmöglich; man suchte alle Dolomite als durch Umwandlung von kohlen-saurem Kalk entstanden zu erklären, stellte verschiedene Hypothesen auf für diesen Metamorphismus und schrieb denselben universelle Gültigkeit zu, wodurch man dann genöthigt war, die in der Natur gegebenen Thatsachen zurechtzulegen und zu miss-deuten. Aufgabe jeder exacten Forschung ist es, keine Theorie — es sei denn, dass dieselbe von vornherein mit den physikalischen und chemischen Gesetzen oder mit den Verhältnissen in der Natur im Widerspruch stehe — ohneweiters zurückzuweisen, und so hätte denn auch die Möglichkeit der directen Dolomitbildung näher untersucht werden sollen. Die oben angeführten Beispiele zeigen, dass in kleinerem Mass-stabe diese Art der Bildung auf dem Wege des Quellabsatzes in der Natur wirklich vor sich gegangen sei, und es blieb nur zu untersuchen, ob ein directer Absatz von Dolomit aus dem Meerwasser möglich wäre. Wir sind hier genöthigt, auf die Entstehung des Kalksteins zurück-zukommen. Bischof hat gezeigt, dass der kohlen-saure Kalk nicht direct aus dem Meere abgesetzt, sondern vielmehr durch Vermittlung der organischen Bevölkerung des Meeres abgelagert worden sei. Diese Ansicht Bischof's hat bekanntlich auch zur Meinung, dass die krystal-

<sup>1)</sup> Girardin, Annales des Mines, 3. Serie XI. (Neues Jahrb. f. Min. 1858.)

<sup>2)</sup> Neues Jahrbuch, 1840.

<sup>3)</sup> Coquand, Neues Jahrbuch, 1843, pag. 852.

<sup>4)</sup> Siehe Zirkel, Petrographie, 1. Bd., pag. 243.

<sup>5)</sup> Abhandlungen der k. bayer. Akademie, Heft 1, 1871.

linischen Urkalke ebenfalls organischen Ursprungs seien, Anlass gegeben, eine Ansicht, die auch in anderer Beziehung Bestätigung findet. Bischof sagt ferner<sup>1)</sup>: „Alles, was auf die kohlen saure Kalkerde Bezug hat, hat auch Bezug auf die kohlen saure Talkerde, auch sie kann nur durch organische Thätigkeit abgeschieden werden, wie dieses der Magnesia-gehalt in den von Seethieren gebildeten Kalksteinen zeigt.“ Er lässt es hier unentschieden, ob die kohlen saure Magnesia in einem solchen Absatz als Gemenge mit kohlen saurem Kalk oder schon als Verbindung mit diesem, als Dolomit ausgeschieden werde. Immerhin muss dieser Dolomit mit sehr grossen Mengen von kohlen saurem Kalk vermengt sein, und Bischof hält deshalb, weil eine Verbindung von  $\text{Ca C}$  und  $\text{Mg C}$  nicht zum Bau von Seethiergehäusen dienen konnte, die Entstehung von Dolomit auf diesem Wege für unwahrscheinlich. Trotzdem müssen wir es als wahrscheinlich bezeichnen, dass dolomitischer Kalkstein sich in ähnlicher Weise wie Kalkstein, durch Einwirkung der Meeresorganismen, abgelagert habe und dass er nicht einer späteren Metamorphose des kohlen sauren Kalkes seine Entstehung verdanke; dass aber Normaldolomit sich auf diese Weise gebildet hat, glauben wir nicht.

Wenn wir die Thatsachen aufsuchen, welche die Geognosten veranlasst haben, eine solche Metamorphose anzunehmen, so finden wir erstens das krystallinische Aussehen des Dolomites und die häufig in demselben vorkommenden Hohlräume und Drusen, zweitens der Mangel an Versteinerungen und Schichtflächen. Es sind dies nun allerdings Thatsachen, welche uns beweisen, dass bei der Dolomitbildung etwas andere Verhältnisse gewaltet haben mögen, als bei dem Absatz von gewöhnlichem Kalkstein; allein sie beweisen keineswegs eine metamorphische Dolomitbildung. Es muss übrigens auch bemerkt werden, dass sehr häufig die Dolomite auch Versteinerungen führen, wie das namentlich in dem früher für versteinungsleer geltenden sogenannten Schlern-dolomit Süd-Tirols der Fall ist, und dass viele Dolomite Schichtung zeigen. Dass durch das in den Spalten des Gesteins circulirende Wasser sowohl die Schichtung undeutlich gemacht, als auch die Versteinerungen zerstört und Hohlräume gebildet werden, ist klar. In dem Sinne kann man für die krystallinischen Dolomite von einer Umwandlung sprechen; bei den dichten Dolomiten hingegen hat auch in dieser Richtung keine Verwandlung stattgefunden und es fehlen alle Anhaltspunkte für ihre Erklärung als metamorphosirte Kalksteine.

Delanoue<sup>2)</sup> machte im Jahre 1854 darauf aufmerksam, dass eben so gut als dichte Dolomite sich in der Natur finden, auch solche Dolomite vorkommen, welche, obwohl Versteinerungen und deutliche horizontale Schichtung ihren Ursprung documentiren, doch jene Hohlräume enthalten, die gewöhnlich für den Dolomit charakteristisch sind. Er verweist auf den schwarzen devonischen Kalk von Maubeuge, welcher durch Eruptivgesteine oder heisse Quellen eine veränderte Farbe und dolomitische Structur erhalten hat, aber nicht mehr Magnesia enthält als der unveränderte Kalk. Er hält daher eher eine physikalische als eine chemische Veränderung in dieser Hinsicht für möglich.

<sup>1)</sup> Bischof, l. c. 1. Aufl., 2. Bd., pag. 1135.

<sup>2)</sup> L'Institut, 1854, XXII., pag. 322.

Volger<sup>1)</sup> macht auf die Sinteranalysen von Ludwig<sup>2)</sup> aufmerksam, welche in den Absätzen des Nauheimer Soolsprudels bis zu 11 $\frac{1}{2}$  Proc. kohlen-saure Magnesia nachweisen, und bemerkt, dass durch diese Analysen die Möglichkeit eines beträchtlichen Magnesiagehaltes in einem directen Sediment nachgewiesen sei. Zu ermitteln wäre, ob das Magnesiicarbonat hier als Beimengung des Kalkcarbonats oder als Doppelsalz enthalten ist.

Bischof, der Hauptgegner der directen Dolomitbildung, meint, dass der grosse Magnesiagehalt des Dolomites nicht ursprünglich sein konnte, sondern dass er durch Zuführung von kohlen-saurer Magnesia oder Auslaugung von kohlen-saurem Kalk entstanden sei.<sup>3)</sup> Wir glauben jedoch dargethan zu haben, dass von chemischer Seite weder für noch gegen die Abscheidung von Dolomit durch Thätigkeit der Meeresorganismen, in analoger Weise, wie es bei der Kalksteinbildung der Fall ist, ein sicherer Beweis geführt werden kann.

Wenden wir uns nunmehr zur Besprechung jener Theorien, welche den Dolomit als entstanden aus einem ursprünglich mehr oder weniger reinen, später metamorphisch umgewandelten Kalkstein darstellen. Gegen die Theorie von der Dolomitisation durch vulkanische Dämpfe von Magnesium, wie sie zuerst von Arduino<sup>4)</sup> 1779 für Dolomite im Vicentinischen und von Heim<sup>5)</sup> für den Thüringer Zechstein-Dolomit ausgesprochen wurde, ist schon sehr vieles geschrieben worden, und da diese Theorie schon längst verlassen wurde, scheint es überflüssig, nochmals auf sie zurückzukommen; wir werden jedoch bei Besprechung der Dolomitvorkommnisse Süd-Tirols einige Bemerkungen gegen die Dolomitisation durch Vulkanismus machen können. Auch Durocher's<sup>6)</sup> Theorie, welche Chlormagnesium-Dämpfe als dolomitisirendes Mittel annahm, scheint uns keiner näheren Besprechung, die uns unnöthig aufhalten würde, werth. Uebrigens sei bemerkt, dass allerdings in einzelnen vulkanischen Gegenden Kalk stellenweise auf diese Art in Dolomit sich umgewandelt haben kann; doch dürften dergleichen Vorkommen sehr vereinzelt und nur auf sehr kurze Strecken beschränkt sein, während jene Theorien gerade auf die grossen Dolomitmassen, für die sie aufgestellt wurden, keine Anwendung zulassen.

Wir glauben daher sofort auf die Theorien von der Dolomitisation des Kalksteins durch Gewässer eingehen zu dürfen. Chlormagnesium, schwefelsaure Magnesia und kohlen-saure Magnesia können in dieser Weise bei einer Umwandlung des kohlen-sauren Kalkes thätig sein.

Jene Hypothesen, welche Chlormagnesium oder schwefelsaure Magnesia als Ursache der Umwandlung ansehen, waren zumeist auf chemische Experimente gegründet.

<sup>1)</sup> Poggendorf, Annalen, 87. Bd., pag. 91.

<sup>2)</sup> L. c. pag. 148.

<sup>3)</sup> L. c. 1. Aufl., 2. Bd., pag. 1159.

<sup>4)</sup> Osservazione chimiche sopra alcuni fossili, Venezia, 1779.

<sup>5)</sup> Geologische Beschreibung des thür. Waldgebirges, 2. Th., pag. 599—1806; siehe auch Naumann; Geognosie, 1. Aufl., 1. Bd.

<sup>6)</sup> L'Institut, 1851, XIX und Neues Jahrb. 1853, pag. 328; 1853, pag. 702.

Collegno <sup>1)</sup> und v. Alberti kamen, aufmerksam gemacht durch das Zusammenvorkommen von Gyps und Dolomit, auf den Gedanken, dass beide sich zugleich aus kohlensaurem Kalk durch Einwirkung von Gewässern, die schwefelsaure Magnesia enthielten, gebildet haben. Ihre Ansichten wurden von Haidinger <sup>2)</sup> und v. Morlot <sup>3)</sup> weiter verfolgt, und der Letztere glaubte, auf ein Experiment gestützt, diese Hypothese auf alle Dolomite anwenden zu können. Wie bereits oben auseinandergesetzt, waren jedoch die Verhältnisse, unter denen dieses Experiment ausgeführt wurde, nicht jenen in der Natur entsprechend, auch bleibt zweifelhaft, ob wirklich Dolomit gebildet wurde.

Marignac erhielt durch einen ähnlichen Versuch, indem er Chlormagnesium auf Kalkstein einwirken liess, Dolomit unter ähnlichen Verhältnissen wie v. Morlot. Favre <sup>4)</sup> glaubte, dass in Südtirol alle Bedingungen in der Natur vorhanden gewesen seien, um auf diesem Wege Dolomit zu liefern. Bischof <sup>5)</sup> wollte die Unrichtigkeit dieser Anschauungen darthun. Das Zusammenvorkommen von Gyps und Dolomit kann nicht wohl geleugnet werden und war daher die Vermuthung Haidingers eine naheliegende. Da aber bei einem chemischen Versuch zwischen Bittersalz und Kalk keine Umsetzung vor sich geht, sondern im Gegentheil zwischen Dolomit und Gyps; und die Umkehrung der Verwandtschaften nur unter Verhältnissen stattfindet, die in der Natur undenkbar sind, müssen wir uns das Zusammenvorkommen von Dolomit und Gyps auf eine andere und ungezwungene Weise erklären.

Wir kommen nun zur Besprechung der Ansicht, die in der letzten Zeit am häufigsten über die Bildung des Dolomit geäußert wurde, und auch am meisten Anklang gefunden hat, welche dahin geht, dass die Umwandlung des Kalksteins durch Gewässer, welche kohlensaure Magnesia enthalten, erfolgt sei. Auch hier giebt es verschiedene Wege, welche wir zu besprechen haben werden.

Dana und Jackson <sup>6)</sup> vermutheten die Ursache der Umwandlung des Kalksteins in Dolomit in magnesiahaltigen Quellen. Blum <sup>7)</sup> hat in demselben Jahre für die Pseudomorphosen von Dolomit nach Calcit den wässerigen Weg angenommen, doch wagte er es nicht weiter zu gehen und auch für das Gestein den gleichartigen Ursprung anzunehmen. Nauck <sup>8)</sup>, welcher das Specksteinlager von Göpfersgrün beschrieb, fand daselbst Pseudomorphosen in doppelter Richtung — Umwandlungs- und Verdrängungspseudomorphosen vor. Nauck glaubte, dass wie dort die

<sup>1)</sup> Bulletin de la société géologique, 1834, pag. 110.

<sup>2)</sup> Poggendorf Annalen, 74. Bd., pag. 591.

<sup>3)</sup> Naturwissenschaftliche Abhandlungen von Haidinger — Neues Jahrbuch, 1847, pag. 862 — Comptes rendus, 1848, 26, pag. 311.

<sup>4)</sup> Comptes rendus, 1849, 28, pag. 364. — Neues Jahrb. 1849, pag. 742. — Bulletin de la société géologique. 1849, pag. 309.

<sup>5)</sup> Bischof, l. c. 1. Aufl., 2. Bd., pag. 1108.

<sup>6)</sup> Americ. Journ. of Scienc. a. Arts, 1843, pag. 120 und 141.

<sup>7)</sup> Blum, Pseudomorphosen des Mineralreiches, 1843.

<sup>8)</sup> Poggendorf, Annalen, 75. Bd., pag. 129.

Kalkspathskalenoeder durch Gewässer mit kohlenaurer Magnesia in Dolomit umgewandelt wurden, auch der dortige dichte Kalk in Dolomit verwandelt worden sei; es scheint allerdings wahrscheinlich, dass hier in der That eine Umwandlung durch Quellwasser stattgefunden hat, welches Kieselsäure und Magnesia enthielt, so dass sich Quarz, Bitterspath und Speckstein bildeten. Nauþk glaubte den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Quellwässer zu verschiedenen Zeiten einen verschiedenen chemischen Gehalt gehabt hätten, es ist dies nicht unwichtig und wir werden an geeigneter Stelle hierauf zurückkommen.

Hausmann<sup>1)</sup> nahm für den Dolomit des Haimberges bei Göttingen, in dem sich Trochiten befinden, die zum Theil aus Bitterspath, zum Theil auch noch aus Kalkspath bestehen, dieselbe Bildungsweise an. Auch Pfaff<sup>2)</sup> äusserte sich bezüglich des fränkischen Jura dahin, dass eine solche Bildungsweise die wahrscheinlichste sei. Hingegen nahm Gumbel<sup>3)</sup>, wie bereits erwähnt, gerade für die Dolomite des fränkischen Jura die directe Bildung in Anspruch.

Wir betrachten nun allerdings eine solche Umwandlung von kohlensaurem Kalk durch Gewässer, welche kohlenaurer Magnesia enthalten, nicht nur als in der Natur möglich, sondern glauben auch, dass solche Umwandlungen von Kalkstein zu Dolomit gewiss vielfach stattgefunden haben; was wir aber entschieden in Abrede stellen, das ist, dass diese Umwandlung bei allen oder den meisten Dolomiten stattgefunden habe. Es wäre eben so falsch diese Hypothese auf alle Dolomite auszudehnen, als sie überhaupt auf grosse Dolomitmassen anzuwenden. Nur im Kleinen kann eine solche Metamorphose stattgefunden haben; über einen grösseren Raum können wir uns die Wirkung von Quellwasser nicht ausgedehnt denken. Hinsichtlich der Süd-Tiroler Dolomite werden wir Gelegenheit haben, jene Thatsachen anzuführen, die überhaupt gegen solchen Metamorphismus und namentlich gegen die Einwirkung von Quellen oder vulkanischen Dämpfen sprechen.

Man hat als Beweis für diese Umwandlung durch Gewässer, die kohlenaurer Magnesia enthalten, auch die Porosität vieler Dolomite angeführt, welche daher rühren soll, dass bei Zuführung von Magnesiacarbonat und Wegnahme von Kalkcarbonat eine Volumsverminderung eintreten muss, die Elie de Beaumont<sup>4)</sup> dahin berechnete, dass bei der Umwandlung von dichtem Kalk in Dolomit auf diesem Wege 12 Proc. des Volums verloren gehen. v. Morlot bestimmte an einem Dolomit direct die leeren Räume auf 12·9 Proc.

Eine andere Umwandlungstheorie wurde dahin aufgestellt, dass aus magnesiähaltigem Kalkstein durch Einwirkung von kohlenaurer Magnesiahaltigem Wasser kohlenaurer Kalk allein ausgelaut werde, bis Dolomit zurückbleibe. In dieser Richtung hat sich zuerst Grandjean<sup>5)</sup> im Jahre 1844 mit Hinsicht auf die Dolomite des Lahnthals geäussert,

<sup>1)</sup> Neues Jahrbuch, 1854, pag. 480.

<sup>2)</sup> Poggendorf Annalen, 87. Bd., pag. 606; 82. Bd., pag. 465.

<sup>3)</sup> Abhandlungen der k. bayer. Akademie, 1861, Heft 1.

<sup>4)</sup> Bulletin de la société geologique, 1856. pag. 174.

<sup>5)</sup> Neues Jahrbuch, 1844, pag. 543.

während fast zugleich auch Volger<sup>1)</sup> für die Dolomite des fränkischen Jura eine solche Bildungsweise in Anspruch nahm. Es gründet sich diese Theorie auf die merkwürdige, von uns bereits eingehend besprochene Thatsache, dass, trotzdem das Magnesiicarbonat für sich bei weitem löslicher ist als das Kalkcarbonat, aus einem Gemenge beider viel mehr oder nur Kalk durch kohlenensäurehaltiges Wasser gelöst wird. Grandjean suchte nun diese Thatsache auf die Bildungsweise der Dolomite des Lahnthales, welche mit den Brauneisensteinlagern daselbst in Verbindung stehen, anzuwenden; er suchte zu zeigen, dass dort, wo die Atmosphärien Zutritt haben, eine Umwandlung des Kalksteins in Dolomit stattfindet. Dass hier der Magnesiagehalt ursprünglich schon im Gesteine steckt, zeigt nach ihm der Umstand, dass die tieferen Kalkbänke gar nicht von der Umwandlung betroffen sind und dass von diesem Kalk ausgeführte Bauten (z. B. die Burg Dehren) da, und nur da im Laufe der Zeit dolomitisirt wurden, wo durch die Verwitterung die Bausteine vom umhüllenden Mörtel befreit und den Atmosphärien preisgegeben wurden.

Bischof suchte sodann diese Ansichten durch chemische Experimente zu begründen, er stellte mit solchen Kalken, die bis 11 Proc. kohlen-saure Magnesia enthielten, Auslaugungsversuche durch kohlen-säurehaltiges Wasser an, und fand wirklich, dass nur kohlen-saurer Kalk gelöst wurde. Wir haben bereits im zweiten Abschnitt darauf hingewiesen, dass das, was Bischof hier beobachtete, nicht unter allen Verhältnissen stattfindet, dass keineswegs aus einem magnesiahaltigem Kalkstein, stets nur Kalk gelöst werde, da selbst Dolomit, wenngleich etwas schwieriger, in kohlen-säurehaltigem Wasser löslich ist. Wir wollen nicht in Abrede stellen, dass auf diesem Wege eine Concentration möglich ist, glauben aber nicht, dass dieselbe stets bis zur Bildung von Normal-Dolomit gehen muss, da wahrscheinlich schon vorher auch kohlen-saure Magnesia gelöst wurde.

Wir wollen auch darauf aufmerksam machen, dass wahrscheinlich in diesen, durch Auslaugung dolomitisirten Kalksteinen mit schon ursprünglich hohem Magnesiagehalt, dieser letztere als Dolomit enthalten war, dass also auch der Dolomitisation durch Auslaugung in gewissem Sinne schon ursprüngliche Dolomitbildung zu Grunde liegt, die, wie wir bereits bemerkt, durch die Meeresthiere in ähnlicher Weise erfolgt, als der Absatz des Kalksteins (gewisse Corallen enthalten nach Forchhammer bis 7·65 Proc. kohlen-saure Magnesia<sup>2)</sup>, wahrscheinlich bereits Dolomit). Doch kann für jeden Fall eine solche Dolomitbildung durch Auslaugung, sich nur auf einen sehr kleinen Raum ausdehnen, da die Nebenbedingungen, wie sie von Bischof<sup>3)</sup> geschildert werden, mehr für vereinzelte, kleinere Vorkommen, als für grosse Gebirgsmassen passen.

<sup>1)</sup> G. H. Volger: Die Entwicklungsgeschichte der Mineralien der Talkglimmerfamilie etc. pag. 149. — Neues Jahrbuch, 1845, pag. 790.

<sup>2)</sup> Forchhammer: Danske Vidensk. Selsk. Ferhandl., 1849. — Neues Jahrb. 1852, pag. 814.

<sup>3)</sup> Bischof, l. c. 1. Aufl., 3. Bd., pag. 84.

Ein weiterer Umstand spricht sehr überzeugend gegen die Anwendung dieser Theorie in grösserem Masse. Nehmen wir einen Kalkstein, welcher 12 Proc. kohlensaure Magnesia und circa 85 Proc. kohlensauren Kalk enthält; nach der Auslaugung sollte das Gestein nach v. Morlot's Untersuchung 13 Proc. oder höchstens 15 Proc. seines Volums an Hohlräumen besitzen. Würde jedoch das Gestein nach der Auslaugung 40 Proc. Magnesia und 60 Proc. Kalkcarbonat enthalten (Normaldolomit soll 45 Proc. Magnesiicarbonat besitzen) so müsste eine unverhältnissmässig grosse Masse von kohlensaurem Kalk gelöst und weggeführt worden sein. Die Hohlräume würden eine enorme Ausdehnung erreichen. Es scheint uns daher schon aus diesem Grunde unwahrscheinlich, dass durch Auslaugung von kohlensaurem Kalk der Rest einen höheren Magnesiagehalt als 20—30 Proc. besitzen könnte. Dass Bischof auch in der Beziehung irrte, wenn er die Ansicht aussprach: „ein unfertiger Dolomit könne keinen Bitterspath enthalten“ wurde bereits bemerkt.

Bei dem Umstande übrigens, als diese Dolomitisation von magnesiähaltigem Kalkstein durch Auslaugung ohnehin nur auf vereinzelte kleinere Vorkommen Anwendung zur Erklärung ihrer Bildung finden kann, können wir von ihrer weiteren Besprechung absehen.

#### IV. Chemische Untersuchungen über Kalke und Dolomite Südost-Tirols.

Bevor wir zur Anführung der einzelnen Analysen schreiten, wollen wir eine kurze Besprechung des Vorkommens der Dolomitmassen in der zu behandelnden Gegend einschalten, deren Zweck selbstverständlich nicht eine allzu ausführliche Schilderung ihres Auftretens in geologischer Beziehung sein kann. Eine solche würde nicht dem Zwecke unserer Untersuchungen entsprechen, da wir nicht die geologische Entstehung des Dolomites, welche bekanntlich Richthofen bezüglich der gewaltigen Massen des Schlern, Langkofel und Rosengarten aus der einstigen Thätigkeit riffbauender Corallen ableitete, untersuchen, und etwa diese vielfach angezweifelte Hypothese begründen und durch neue, seither bekanntgewordene Thatsachen beweisen wollen. Wenn in den folgenden Zeilen häufig von den süd-tiroler Dolomitvorkommnissen als einstigen Corallenriffen die Rede ist, so sei bemerkt, dass wir für die Richthofen'sche Anschauung, für die sich später Stur und auch Mojsisovics ausgesprochen haben, an dieser Stelle keine Argumente vorbringen wollen; dass es sogar für unsere Untersuchungen von untergeordnetem Werthe ist, ob diese Dolomitmassen der Thätigkeit riffbauender Corallen oder anderer Lebewesen ihren Ursprung verdanken, desgleichen ob sie im Seichtwasser oder in grösserer Meerestiefe gebildet wurden. Wir wollen uns vielmehr auf die Erörterung der Frage beschränken, wie es komme, dass diese einstigen Riffe (oder welcherlei Ablagerungen sie einst gewesen sein mögen) heute als Dolomitmassen von colossaler Mächtigkeit dem Alpenwanderer entgegen treten, dessen staunende

Bewunderung sie durch ihre schroff abstürzenden Wände, zackigen Gipfel und gewaltigen Massen erregen.

Der Gebirgsbau ist in unserem Gebiete ziemlich einfach, die Schichten liegen meist nahe horizontal oder doch wenig geneigt und Störungen sind ausser mehr oder minder grossen Verwerfungen nirgends zu sehen. Die Faltungen, welche früher hie und da angegeben wurden, beschränken sich auf höchst untergeordnete Störungen in den dünn-geschichteten Werfener-Schichten und Wengenermergeln oder auf die missdeuteten Erscheinungen, die mit den grösseren Verwerfungen und mit dem Absitzen der Thalwände zusammenhängen. Es sei bemerkt, dass die Eruption der vulkanischen Gesteine von Fleims und Fassa weder mit der Bildung der Verwerfungsspalten in nachweisbarem Zusammenhange stand, noch auch hehend auf die Sedimentärgesteine der Triasperiode einwirkte,<sup>1)</sup> selbstverständlich abgesehen von Dislocationen im kleinsten Massstabe, die sich in nächster Nähe von Gängen und Eruptionstellen finden.

Fassen wir nun die in grösserer Mächtigkeit auftretenden Kalk- und Dolomithorizonte näher ins Auge, so sehen wir, dass in der zu besprechenden Gegend drei Etagen der Trias und rhätischen Formation in dieser Beziehung bemerkenswerth sind, nämlich:

1. Muschelkalk (Mendola-Dolomit) bildet meist eine durchlaufende, mehrere hundert Fuss mächtige Bank, vorwaltend von Dolomit, seltener von Kalk gebildet. Die organischen Reste dieser unteren Dolomitetage sind meistens Foraminiferen: Diploporen (Gyroporellen).

2. Dolomit der Wengener- und Cassianer-Schichten (Schlerndolomit), oft auf dem dolomitisch entwickelten Muschelkalk so aufsetzend, dass nur eine Zone von Hornsteinknollen das Durchstreichen des Buchensteinerkalkes verräth (so unter dem Schlern, Langkofel, Geisslerspitz, Peitlerkofel etc.) oder in verschiedener Höhe aufsetzend und abschneidend. Die Mächtigkeit kann dort, wo beide Etagen durch Dolomit vertreten sind, bis 4000 Fuss betragen (Absturz der Langkofelwand zur Seisseralp). Wohl zu bemerken ist, dass auch in diesem Horizont Kalk und dolomitischer Kalk neben Dolomit vorkömmt, wie dies aus zahlreichen Analysen hervorgeht, und dass gerade eine ungeheure Masse, der Stock der Marmolata, vorwaltend aus Kalk der Wengenerschichten gebildet wird. Der letztere Umstand wird wegen der Lage der Marmolata in unmittelbarer Nähe der Eruptionstellen des Augitporphyrs von besonderem Werth für die Abweisung gewisser Theorien. Bemerkenswerth ist, dass die organischen Reste des Dolomites der Cassianer- und Wengener-Schichten vorwaltend aus Corallen und nicht aus Foraminiferen bestehen.

3. Dachsteinkalk oder Hauptdolomit bildet einen sehr mächtigen Complex von wohlgeschichteten, meist röthlichen Kalken, die durch Megalodonten charakterisirt werden. Selten treten dolomitische Kalksteine, echte Dolomite hingegen selten und da nur in vereinzelt,

---

<sup>1)</sup> R. Hoernes: Einwirkung des geologischen Baues auf die Terraingestaltung. Zeitschr. d. deutschen u. österreich. Alpenvereines, 1875.

localen Vorkommnissen in dieser Stufe auf, und zwar sind es diejenigen Lagen des Dachsteinkalkes, welche unmittelbar auf den Raibler-Schichten ruhen, sowie die obersten Schichten der rhätischen Formation unter den liassischen Ablagerungen, welche einen etwas grösseren Gehalt an kohlsaurem Magnesia besitzen. Der Dachsteinkalk bildet den grössten Theil der hohen Berge um Ampezzo, während die westlich gelegenen Riffe vom Dolomit der Wengener- und Cassianer-Schichten gebildet werden. Es erscheint daher nicht gerechtfertigt, die Ampezzaner-Alpen als Dolomitberge oder „Dolomite“ zu bezeichnen.<sup>1)</sup>

Dolomit tritt also in dem von uns betrachteten Gebiete zunächst im oberen Muschelkalk und sodann in weit grösserer Mächtigkeit in den Wengener- und Cassianerschichten auf, er bildet in den letzteren die einstigen Corallenriffe des Schlern, Langkofel, Rosengarten etc. Einzelne dieser Riffe sind aber, wie z. B. die Marmolata, in viel geringerem Grade dolomitisch als die übrigen. Während dieser Umstand einerseits ein zu lösendes Räthsel darbietet, giebt er andererseits den Schlüssel zur Erklärung der Dolomitbildung, oder doch wenigstens ein Mittel, um die Unrichtigkeit einiger Theorien zu erproben.

Wir lassen nunmehr die Analysen der Gesteinsproben folgen, welche von Dr. Doelter an Ort und Stelle gesammelt und theils im Laboratorium der Universität Heidelberg, theils in jenem des Herrn Prof. Ludwig in Wien, theils auch im Laboratorium unserer Anstalt analysirt wurden.<sup>2)</sup>

Die einzelnen Analysen wurden nach den Stufen, denen die betreffenden Gesteinsproben entstammten in drei Gruppen geordnet, deren erste die Gesteine des Muschelkalkes (Mendoladolomites bei Richthofen) umfasst, während die zweite von jenen der Wengener- und Cassianerschichten (Schlerndolomit) und die dritte von den Gesteinen des Dachsteinkalkes gebildet wird.

#### a) Analysen von Gesteinen des Muschelkalkes (Mendoladolomites z. Th.).

Es sei bemerkt, dass die Stufe des Muschelkalkes in der von uns zu betrachtenden Gegend von zwei verschiedenen Ablagerungen gebildet wird, einem bituminösen, rauchgrauen bis dunklen Kalk, der in der Regel die untere Partie des Complexes bildet, und von Richthofen als Virgloriakalk bezeichnet wurde, und einer mehr dolomitisch entwickelten oberen Abtheilung, welche dem grössten Theil von Richthofens: Mendoladolomit entspricht.

<sup>1)</sup> R. Hoernes: Einwirkung des geologischen Baues auf die Terraingestaltung etc. Zeitschr. d. deutschen u. österreich. Alpenvereines, 1875.

<sup>2)</sup> Es sei bemerkt, dass in den verschiedenen Analysen der Eisengehalt in verschiedener Weise (als FeO und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) angegeben wurde. Wir hielten es bei der geringen Bedeutung, welche der Gehalt an Eisen für unsere Untersuchung hat, für unnöthig, die Angaben der einzelnen Herren, denen wir die anzuführenden Analysen verdanken, einer Umrechnung zu unterziehen.

Von den unten angeführten fünf Analysen betrifft die erste ein Gestein des unteren Muschelkalkes (Virgloriakalk), während die übrigen (Nr. 2—5) an Gesteinsproben aus oberem Muschelkalk (Mendoladolomit) angestellt wurden.

Nr. 1. Dunkler Kalkstein des unteren Muschelkalkes (Virgloriakalk) vom Eingang des Val Sorda bei Forno in der Nähe der Melaphyrdurchbrüche (auf der Richthofen'schen Karte als Schlerndolomit eingezeichnet).

Sehr bituminöser, rauchgrauer, fast dichter Kalk mit undeutlichen Petrefakten, analysirt von Bonné in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	43·86
CaO	=	54·85
MgO	=	0·79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0·43
Unlöslicher Rückstand	=	0·35
		100·28

Das Gestein erweist sich sonach als ein Kalkstein mit einem sehr geringen Gehalt an Magnesiicarbonat.

Nr. 2. Dolomit des Muschelkalkes (Mendoladolomit) vom Fuss der Marmolata am Fedaja-See.

Dem Aussehen nach kein Normaldolomit, nach der unten angeführten Analyse von Doelter jedoch demselben in der chemischen Zusammensetzung sehr nahe stehend.

CO <sub>2</sub>	=	46·10
CaO	=	31·41
MgO	=	19·22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1·22
Unlöslicher Rückstand	=	1·02
		98·97

Die chemische Zusammensetzung dieses Gesteins nähert sich sonach jener des Normaldolomites.

Nr. 3. Dolomit des Muschelkalkes (Mendoladolomit von der Alpe Fedaja, an dem der Marmolata gegenüberliegenden Hügel, gegen den Calvarienberg zu, südlich vom Sasso di Mezzodi).

Das Gestein brauste nicht mit Säuren. Analysirt von Herrn Sachs in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	47·29
CaO	=	30·22
MgO	=	19·79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1·81
Unlöslicher Rückstand	=	0·79
		99·90

Die Zusammensetzung dieses Gesteins nähert sich sonach jener des Normaldolomites, es stimmt übrigens die angeführte Analyse nahe

überein mit jener, welche Doelter an einem Gesteinsstück vom Fuss der Mormolata am Fedaja-See anstellte. (Vergl. Nr. 2.)

Nr. 4. Dolomit des Muschelkalkes (Mendoladolomit) vom Col Rodella bei Campitello.

Sehr kieselsäurereicher, dichter, etwas bituminöser Dolomit, welcher mit Bitterspath-Rhomboedern ausgefüllte Hohlräume besitzt,<sup>1)</sup> analysirt von Herrn C. Epp in Heidelberg.

	CO <sub>2</sub>	=	45·65
	CaO	=	30·78
	MgO	=	17·95
	FeO	=	0·62
Unlöslicher Rückstand	=	<u>4·27</u>	
			99·27

Die Zusammensetzung kömmt sonach jener des Normaldolomites ziemlich nahe.

Nr. 5. Mendoladolomit von der Schlernwand in der Schlucht von Ratzes, etwa 50' über dem Bachbette.

Das Gestein zeigt ein, mit seiner chemischen Zusammensetzung nicht übereinstimmendes Aussehen, seine Farbe ist rauchgrau. Analysirt von Dr. C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig.

	CO <sub>2</sub>	=	46·82
	CaO	=	29·01
	MgO	=	21·29
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2·32
Unlöslicher Rückstand	=	—	(Spur)
			99·44

Der hohe Gehalt an Magnesiicarbonat, sowie der geringe unlösliche Rückstand, von dem nur eine Spur wahrgenommen wurde, erscheinen namentlich bei dem äusseren Aussehen des Gesteines bemerkenswerth.

#### b) Analysen von Gesteinen der Wengener- und Cassianer-Schichten (Schlerndolomit bei Richthofen).

Wie aus den nachstehenden Analysen ersichtlich, sind auch in der Etage des Schlerndolomites<sup>1)</sup> dolomitische Kalksteine, die oft sogar an Magnesiicarbonat sehr arm genannt werden müssen, weiter verbreitet, als in der Regel angenommen wird. Es sei in dieser Beziehung namentlich

<sup>1)</sup> Die Trennung des Richthofen'schen Complexes Schlerndolomit in Wengener- und Cassianer-Schichten, welche sich in dem von uns behandelten Gebiete stellenweise mit grosser Schärfe durchführen lässt und paläontologisch von grossem Werthe ist, scheint für unsere Untersuchung von untergeordneter Bedeutung zu sein. Auch der Uebersicht halber verzichten wir auf dieselbe.

auf den Stock der *Marmolata* aufmerksam gemacht, der vorwaltend aus magnesiaarmen Gesteinen besteht.

Anhangsweise wurde unter Nr. 16 die Analyse eines aus den Raibler-Schichten stammenden Kalkes vom Schlernplateau aufgenommen.

Nr. 6. Dolomit der Wengener-Schichten (Schlerndolomit) von der *Malga di Val Sorda*.

Weisser, wenig eisenhaltiger, zuckerkörniger, sehr poröser Dolomit mit zahlreichen Bitterspathdrusen, analysirt von C. Epp in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	47.32
CaO	=	31.01
MgO	=	20.14
FeO	=	0.55
Unlöslicher Rückstand	=	0.25
		99.57

Mit Säuren nicht brausender Normaldolomit.

Nr. 7 Den Wengener Schichten angehöriger Kalkstein (Etage des Schlerndolomites) von der *Marmolata*, etwa 200' über dem Fedajasee gesammelt.

Das ziemlich poröse Gestein ist von rauchgrauer bis grauweißer Farbe, besitzt hin und wieder Calcitadern und braust stark mit Säuren, analysirt von Dr. Stoy in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	43.72
CaO	=	54.58
MgO	=	0.11
FeO	=	1.03
Unlöslicher Rückstand	=	0.06
		99.50

Das Gestein ist sonach als ziemlich reiner Kalk mit einem geringen Gehalt an kohlen-saurer Magnesia zu bezeichnen.

Nr. 8. Dolomitischer Kalkstein der Wengener-Schichten (Schlern-dolomit) von der *Marmolata*.

Helles, röthlichgraues Gestein, mit zahlreichen Calcitadern, analysirt von R. Hoernes im Laboratorium der k. k. geol. Reichsanstalt.

CO <sub>2</sub>	=	44.62
CaO	=	47.50
MgO	=	6.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0.64
Unlöslicher Rückstand	=	0.03
		99.43

Das Gestein erwies sich sonach als ein dolomitischer Kalkstein, und wurde zum Gegenstand zweier Versuche über die Löslichkeitsverhältnisse (bei Behandlung mit kohlen-säurehaltigem Wasser und Essig-

säure) gewählt, worauf wir in Abschnitt V ausführlich zurückkommen werden.

Nr. 9. Dolomit der Wengener-Schichten von Schloss Wolkenstein im langen Thal bei Gröden (Schlerndolomit).

Das Gestein ist schon dem Aussehen nach, als Normaldolomit zu erkennen und erwies sich auch bei der von Doelter ausgeführten Analyse als solcher.

CO <sub>2</sub>	=	46·60
CaO	=	30·66
MgO	=	21·35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0·33
Unlöslicher Rückstand	=	0·11
		99·05

Es ist demnach das Gestein als Normaldolomit zu bezeichnen.

Nr. 10. Dolomitischer Kalk der Wengener-Schichten (Schlern-dolomit) vom Puezberg an dessen Abhang gegen Schloss Wolkenstein.

Körniges, gelbweisses, ziemlich poröses, thoniges Gestein, analysirt von H. Kreke in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	37·64
CaO	=	47·63
MgO	=	2·76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1·59
Unlöslicher Rückstand	=	11·13
		100·75

Unreiner, thoniger, magnesiahaltiger Kalkstein.

Nr. 11. Dolomit der Wengener- oder Cassianer-Schichten (Schlern-dolomit) vom Puezberg, nördlich vom Grödner-Jöchl, westlich von St. Leonhard.

Das Gestein braust nicht mit Säuren; analysirt von Langsdorff.

CO <sub>2</sub>	=	48·36
CaO	=	30·20
MgO	=	19·50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1·51
Unlöslicher Rückstand	=	0·95
		100·52

Die chemische Zusammensetzung dieses Gesteins nähert sich sonach sehr jener des Normaldolomites.

Nr. 12. Schlerndolomit vom Mte. Guerdenazza bei St. Leonhard (Abteithal). Analysirt von Dr. C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	45·39
CaO	=	33·03
MgO	=	19·73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0·97
Unlöslicher Rückstand	=	1·04
		100·16

Die Zusammensetzung dieses Gesteins nähert sich sonach jener des Normaldolomites.

Nr. 13. Dolomitischer Kalkstein der Cassianer Schichten (Schlern-dolomit) von der Seisseralp (Rosszähne).

Rauchgraues, etwas unreines, fast dichtes Gestein mit einer Spur von Bitumen, analysirt von Bausenberger in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	43·15
CaO	=	51·43
MgO	=	2·44
FeO	=	1·03
Unlöslicher Rückstand	=	1·48
		99·53

Schwach dolomitischer Kalkstein.

Nr. 14. Schlerndolomit vom Schlern, etwa 1000' über dem Schlernbache.

Dichter Dolomit, braust sehr wenig mit HCl, analysirt von C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	47·47
CaO	=	33·20
MgO	=	16·15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2·14
Unlöslicher Rückstand	=	0·71
		99·67

Nr. 15. Schlerndolomit vom Schlern, etwa 80 Fuss unter dessen Spitze.

Auch dem äusseren Ansehen nach Normaldolomit, analysirt von C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	46·50
CaO	=	29·93
MgO	=	21·34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Unlöslicher Rückstand	} =	1·33
		99·10

Das Gestein kann somit als echter Normaldolomit bezeichnet werden.

Nr. 16. Dolomitischer Kalk der Raibler-Schichten vom Schlern-plateau.

Röthliches Gestein, analysirt von Dr. C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	43·95
CaO	=	46·51
MgO	=	6·65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0·99
Unlöslicher Rückstand	=	1·57
		99·67

## c) Analysen von Gesteinen des Dachsteinkalkes.

Wie bereits an anderem Orte bemerkt, wird die gewaltige Mächtigkeit des Dachsteinkalkes in Südost-Tirol vorwiegend von mehr weniger reinen Kalken oder dolomitischen Kalksteinen gebildet. Dass stellenweise auch magnesiareichere Gesteinsvarietäten auftreten, deren Zusammensetzung sogar jener des Normaldolomites nahekömmt, zeigen uns die Analysen Nr. 17 und 20. Allerdings kommen solche Gesteine mehr local und in sehr geringer Mächtigkeit vor; es wurden jedoch gerade diese selteneren Vorkommen zum Gegenstand zweier Analysen gemacht; während die Hauptmasse des Dachsteinkalkes ähnliche Zusammensetzungen zeigt, wie jene Gesteinsprobe vom Vallon blanc (Analyse Nr. 19), welche nur 0.69 Proc. MgO enthielt.

Nr. 17. Am Sellaberg (Pordoi-massiv) kommen nebeneinander Normaldolomit und dolomitischer Kalk vor; die nachstehende Analyse bezieht sich auf ein Stück des ersteren (Normaldolomit), welches mit Säure nicht brauste, während der mitvorkommende Kalk mit derselben ein Aufbrausen wahrnehmen liess.

Feinkörniger, eisenhaltiger, wenig poröser Dolomit vom Monte Sella, analysirt von Herrn Roeder in Heidelberg.

CO <sub>2</sub>	=	45.39
CaO	=	31.53
MgO	=	20.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	1.04
Unlöslicher Rückstand	=	0.19
H <sub>2</sub> O	=	0.95
		99.23

Das Gestein erwies sich sonach als Normaldolomit.

Nr. 18. Dolomitischer Kalk aus der Stufe des Dachsteinkalkes von der Pordoi-Spitze.

Dichtes, stellenweise mit Säuren brausendes Gestein, analysirt von Dr. C. Doelter im Laboratorium des Herrn Professors Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	43.91
CaO	=	48.82
MgO	=	5.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	0.85
Unlöslicher Rückstand	=	0.67
		99.96

Das Gestein muss sonach als dolomitischer Kalk bezeichnet werden.

Nr. 19. Schwach dolomitischer Kalkstein des Dachsteinkalkes vom Fuss des Vallon blanc.

Dichtes Gestein, das sich auch noch im Mikroskop als kryptokrystallinisch erwies; analysirt von Dr. Doelter im Heidelberger Universitäts-Laboratorium.

CO <sub>2</sub>	=	44·03
CaO	=	55·19
MgO	=	0·69
FeO	=	0·28
Unlöslicher Rückstand	=	0·27
		100·46

Das Gestein erwies sich sonach als ein sehr reiner Kalk mit einem schwachen Gehalt an kohlensaurer Magnesia.

Nr. 20. Dem Horizont des Dachsteinkalkes angehöriges Gestein von der Fanis-Alpe.

Obleich dem äusseren Ansehen nach kalkähnlich, von grauer Farbe und dicht, braust dieses Gestein fast gar nicht mit Säuren, was durch seine chemische Zusammensetzung, wie nachstehend angeführte Analyse zeigt, begründet ist; analysirt von Dr. C. Doelter im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig in Wien.

CO <sub>2</sub>	=	45·99
CaO	=	31·21
MgO	=	19·53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	=	2·04
Unlöslicher Rückstand	=	0·98
		99·75

Die chemische Zusammensetzung dieses Gesteins nähert sich sonach jener des Normaldolomites.

## V. Genesis des Dolomites (mit besonderer Rücksicht auf Südost-Tirol).

Die Genesis der Südtiroler Dolomite hat schon viele ausgezeichnete Forscher beschäftigt, seitdem L. v. Buch im Jahre 1822 seine kühne Theorie aufstellte. Die verschiedensten Hypothesen wurden angenommen und wieder verlassen, plutonische und neptunische Kräfte rief man zur Erklärung herbei; es ist jedoch bis jetzt nicht gelungen, das Räthsel zu lösen, und eine vollständige, endgiltige Aufklärung über die Genesis des Dolomites ist vor der Hand nicht zu erwarten.

Wenn wir daher hier über dieselbe, gestützt auf geognostische Untersuchungen sowohl, als auch auf petrographisch-chemische Studien, einige Betrachtungen anstellen wollen, so kann dies offenbar nicht in der Absicht geschehen, daraus eine endgiltige Theorie für die Genesis der Tiroler Dolomite ableiten zu wollen; es ist vielmehr nur unser Zweck, Materialien für spätere Untersuchungen zu liefern, sowie einige der früher aufgestellten Hypothesen gründlich zu prüfen und zu unter-

suchen, ob dieselben nicht mit den beobachteten geognostischen Verhältnissen im Widerspruch stehen.

Wir lassen vorher noch eine kurze historische Uebersicht der verschiedenen Hypothesen folgen, welche auf die Genesis der Südtiroler Dolomitvorkommen angewendet wurden.

Im Jahre 1822 <sup>1)</sup> glaubte L. v. Buch den Schlüssel zum Räthsel der Dolomitbildung darin gefunden zu haben, dass der in der Nähe des Dolomites vorkommende Augitporphyr (Melaphyr) das Kalkgebirge in die Höhe gehoben, vielfach zerrissen und zerklüftet und mit Hilfe von Magnesiadämpfen in Dolomit umgewandelt habe. Diese Theorie wurde geognostisch von Wagner, Petzholdt u. A. widerlegt; es genügt auf die ruhig und ungestört unter den Dolomitmassen lagernden Sedimentärschichten hinzuweisen, um die Unmöglichkeit einer Hebung des Dolomites durch die Eruptivgesteine darzuthun. In chemischer Beziehung musste die Theorie schon wegen der Annahme von Magnesiadämpfen verlassen werden. Immerhin bleibt dem grossen Geologen das Verdienst, auf die Möglichkeit hingewiesen zu haben, dass vulkanische Erscheinungen Gesteinsmetamorphosen in grösserem Umfange herbeiführen können. Uebrigens muss bemerkt werden, dass Heim <sup>2)</sup> und Arduino <sup>3)</sup> schon vorher die Idee einer Umwandlung auf ähnliche Weise geäussert hatten.

Die Theorie B. v. Buch's wurde zuerst mit grosser Begeisterung aufgenommen. Coquand <sup>4)</sup> der dieselbe Gegend bereiste, erklärte sich für dieselbe, hingegen glaubte Fournet <sup>5)</sup> die Umwandlung, welche auch er für eine plutonische hält, nicht dem Augitporphyr, sondern den Syeniten zuschreiben zu müssen.

Frapolli <sup>6)</sup> glaubte, dass die Metamorphose durch Dämpfe von Chlormagnesium vor sich gegangen sei, was Durocher <sup>7)</sup> durch seine bereits besprochenen Versuche bestätigen wollte. Dagegen hielten Leymerie und Virlet die Dolomite für eruptive Bildungen. <sup>8)</sup>

Petzholdt <sup>9)</sup> und Wismann <sup>10)</sup> entschieden sich zuerst für eine directe Ablagerung des Dolomites als Sediment, dagegen hatte schon im Jahre 1847 Favre <sup>11)</sup> die von Haidinger und Morlot zuerst ausgesprochene Theorie, nach welcher Magnesiumsalze die Umwandlung des Kalkes in Dolomit auf wässrigem Wege bewirkt hätten, auf die Südtiroler Dolomitvorkommnisse anwenden wollen, und zwar gestützt

<sup>1)</sup> L. v. Buch in Leonhard's Taschenbuch 1824.

<sup>2)</sup> Geognostische Beschreibung des Thüringer Waldes.

<sup>3)</sup> Osservazioni chimiche etc.

<sup>4)</sup> N. J. f. Min. 1843. pag. 852.

<sup>5)</sup> N. J. f. Min. 1845. pag. 102.

<sup>6)</sup> Bull. d. l. soc. geol. 1847, pag. 857.

<sup>7)</sup> Neues Jahrb. f. Min. 1852, pag. 328, PInst. 1851, XIX; Neues Jahrb. f. Min. 1853, pag. 702, Compt. rend. 1851, XXXIII.

<sup>8)</sup> Bull. d. l. soc. geol. (2) III. 1841—1842.

<sup>9)</sup> Beiträge zur Geognosie Tyrols 1843, pag. 231.

<sup>10)</sup> Beiträge zur Geognosie des südöstlichen Tyrols.

<sup>11)</sup> Compt. rend. 1849, pag. 364.

auf ein Experiment Marignac's, welches bereits Gegenstand der Besprechung war.

Bischof behandelt in seinem Lehrbuch der Geologie <sup>1)</sup> diese Hypothese ausführlicher und verwirft sie gänzlich. Wir haben schon im dritten Abschnitt unserer Arbeit, diese Ansichten besprochen.

Die Idee der Umwandlung des Kalkes in Dolomit durch Gewässer, welche kohlen saure Magnesia enthielten, wurde zuerst durch Nauck <sup>2)</sup> ausgesprochen, nachdem schon Blum <sup>3)</sup> für die Pseudomorphosen von Bitterspath nach Calcit eine solche Bildungsweise in Anspruch genommen hatte.

Richthofen, welcher die Genesis der Südtiroler Dolomite in seinem ausgezeichneten Werke über die Umgebung von Predazzo, St. Cassian und Seisser Alp näher betrachtet, nimmt die Umwandlungstheorie als die wahrscheinlichste an, nachdem er die verschiedenen für die Genesis des Dolomites aufgestellten Theorien besprochen und als Resultat der grossen durch Leopold v. Buch herbeigeführten Controverse den Satz hingestellt hatte, dass der Dolomit in verschiedenen Gegenden und in verschiedenen Formationen auf verschiedene Weise gebildet wurde, dass aber dabei plutonische Vorgänge gar nicht mitwirkten, sondern alles sich auf ursprüngliche Ablagerung, chemische Umwandlung und Hinzuführung neuer Stoffe durch Wasser beschränkt. <sup>4)</sup>

Die geistvolle Hypothese Richthofens, welche die Massen des Schlerndolomites als Resultat der Thätigkeit riffbauender Corallen betrachtet, kann (wie bereits bemerkt) hier nicht Gegenstand einer eingehenden Besprechung sein, es sei diesbezüglich nur auf die neueren Arbeiten Mojsisovics' (Ueber die Ausdehnung und Structur der Südosttirolischen Dolomitstöcke — von Dr. E. v. Mojsisovics — Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. 71. Bd. 1875) hingewiesen. Richthofen's Theorie der Dolomitbildung hängt eng mit seiner Anschauung der Dolomitmassen als einstige Riffe zusammen. Ausgehend von dem geringen Magnesiagehalt der kalkigen Secretionen der lebenden Corallen, glaubt Richthofen, dass man nach allen, über die Accomodation der Thiere an die Lebensbedingungen bekannten Gesetze zu der Annahme berechtigt sei, dass in einem Meerbusen, in welchem Augitporphyr-Tuffe sich in grossem Massstab zersetzten, in welchem daher lösliche Magnesiaverbindungen eine Hauptrolle spielen mussten, der Magnesiagehalt der Corallensecretionen sein Maximum erreichte. Da jedoch auf diese Art noch kein echter Dolomit gebildet werden konnte, nahm Richthofen noch die Auslaugung von Kalk zu Hilfe, wodurch das schwerer lösliche Doppelcarbonat in reiner Gestalt zurückbleiben konnte. Wegen gewisser Anzeichen, die eher eine stattgehabte Vergrösserung, als eine Vermin-

---

<sup>1)</sup> G. Bischof, Lehrb. d. Geologie. 1. Aufl. 2. Bd. 1108.

<sup>2)</sup> Poggendorf. Annalen. 75. Bd., pag. 129.

<sup>3)</sup> Pseudomorphosen, pag. 551.

<sup>4)</sup> Richthofen, Geogn. Besch. d. Umgeb. v. Predazzo, St. Cassian u. d. Seisser Alpe, pag. 294.

derung der Masse wahrscheinlich machen, glaubt Richthöfen ausser der Abfuhr von Kalk noch eine Zufuhr von Magnesia annehmen zu müssen. Allerdings gibt er zu, dass es sich kaum feststellen lassen dürfte, ob die Zersetzung der Augitporphyrgänge, welche in den Dolomit eindringen, zur Bildung des letzteren ausreichte, und dass folglich die Quelle der Magnesia eine nicht ganz zu hebende Schwierigkeit bilde.

Wir halten, abgesehen von anderen, gegen Richthöfen's Ansichten vorzubringenden Einwänden, schon den bedeutend grösseren Magnesiagehalt der Corallsecretionen für eine gewagte Annahme. Auch die Zersetzung der Augitporphyrgänge kann nicht die Ursache eines sehr hohen Magnesiagehaltes der in den Spalten des Gesteines circulirenden und dolomitisirenden Gewässer gewesen sein. Wir müssen den dahin abzielenden Ausführungen Richthöfen's gegenüber bemerken, dass erstens der Dolomit weit über das Gebiet des Melaphyrs oder Augitporphyrs hinausreicht, und vorwaltend an ein bestimmtes Niveau gebunden ist, dass zweitens dort, wo Contact zwischen Melaphyr und Kalk beobachtet wurden, andere Umwandlungen sich zeigen, und dass endlich der grosse Kalkstock der Marmolata trotz zahlreicher, durchsetzender Melaphyrgänge nicht in Dolomit umgewandelt erscheint. Hingegen müssen wir Richthöfen in der Hinsicht auf den von ihm ausgesprochenen Satz: dass die Verwandlung eines Corallriffs in Dolomit vollständig im Bereiche möglicher chemischer Vorgänge liege, vollkommen beipflichten, vorausgesetzt, dass unter jener „Umwandlung“ nicht eine lange nach der Secretion und dem Aufbau der Gebirgsmasse erfolgte Dolomitisation des Kalksteins verstanden wird.

Th. Scheerer hat in seinen „Beiträgen zur Dolomitbildung“ die Richthöfen'sche Hypothese noch ausführlicher, und wie uns dünkt, mit einer sehr bemerkenswerthen Modification dargelegt, mindestens scheint uns der Satz: „dass magnesiahaltiges Meerwasser bereits während des allmäligen Bodensinkens und des dadurch veranlassten Aufwürmens von Corallenbauten unausgesetzt seinen dolomitisirenden Einfluss auf letztere ausübte,“<sup>1)</sup> alle Beachtung zu verdienen, Scheerer bezeichnet jedoch diese Hypothese als unzureichend. Er leitet die Dolomitisation von magnesiahaltigem Quellwasser ab, das sich mit dem kalkhaltigen Meerwasser mischte, und nimmt als Ursache des hohen Magnesiagehaltes der Quellen, die Zersetzung krystallinischer Gesteine an. (Die meisten Tagewässer führen in Folge derselben kohlensäure Magnesia.) Ueber das Auftreten dieser Quellen und die damit in Verbindung stehenden chemischen und physikalischen Vorgänge äussert er etwas weniger plausible Ansichten. Indem er zugleich den Mangel an Schichtung erklären will, sagt er:<sup>2)</sup> „Es widerstreitet nicht jeder Wahrscheinlichkeit, dass jene kohlensäurereichen, magnesiahaltigen Quellenströme an den Orten, wo sie am gewaltsamsten und mächtigsten empordrangen, theils keinen schichtenförmigen Absatz des Niederschlages zulassen, theils ihn,

<sup>1)</sup> Dr. Th. Scheerer, Beiträge zur Erklärung der Dolomitbildung, Dresden, 1865, pag. 25.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 34.

wenn er vorhanden war, wieder zerstörten. Die ununterbrochene und energische Thätigkeit der Quellwässer verhinderte die Verstopfung ihrer zahlreichen, sich mäandrisch verzweigenden Ausmündungscanäle, und der höher und höher anwachsende dolomitische Niederschlag hatte nur eine weitere Verzweigung der letzteren zur Folge. Aber nicht bloß kohlenensäure-reiches und magnesiahaltiges Wasser quoll an den Orten der intensivsten Wirkung unausgesetzt durch den krystallinischen, dolomitischen Schlamm, sondern in den oberen Theilen desselben fand aus naheliegenden Gründen eine fortwährende Entwicklung von gasförmiger Kohlensäure statt. Solche chemisch und physisch wirkende Vorgänge mussten schliesslich die Erzeugung einer von mäandrischen Hohlräumen durchzogenen, drusig-krystallinischen Dolomitmasse hervorrufen, wie sie uns der typische Dolomit des Schlern vor Augen führt.“

Es scheint uns, als hätte es dieser Annahmen nicht bedurft, um den Mangel an Schichtung und die Hohlräume des Dolomites zu erklären, zumal viele mehr weniger reine Kalksteine beide Erscheinungen ebenfalls zeigen, und — die Richtigkeit der Richthofen'schen Theorie bezüglich der Entstehung aus Corallenriffen vorausgesetzt — die an den Corallenriffen der gegenwärtigen Meere in dieser Beziehung zu beobachtenden Verhältnisse, den Mangel an Schichtung und die porös-krystallinische Structur der Dolomitmassen hinlänglich erklären.

---

Wir haben also gesehen, dass die von Richthofen, Scheerer und Anderen angenommenen Theorien, obgleich der Hauptsache nach nicht unrichtig, dennoch nicht ganz die Bildung unserer Dolomitmassen erklären können. Welches werden nun die Resultate sein, welche sich uns durch die Untersuchungen auf chemischem und geologischem Wege ergeben?

Wir haben gesehen, dass vor Allem mehrere Typen zu unterscheiden sind: 1. Normaldolomit; 2. zwischen Dolomit und dolomitischem Kalkstein stehende Gesteine; 3. dolomitischer Kalkstein; und dass sowohl hinsichtlich der Verbreitung, als auch der über ihre Bildung geltenden Gesetze sich diese Gesteinstypen verschieden verhalten. Es ist klar, dass hiedurch das Problem der Bildung dieser Gesteine ein mehr complicirtes wird, allein die Natur befolgt eben nicht immer die einfachsten Wege bei ihren grossartigen Bildungen und Erscheinungen.

Wir haben uns zunächst mit der Frage zu beschäftigen, ob die dolomitischen Kalksteine Gemenge oder Verbindungen von Dolomit und Calcit seien. Die mikroskopische Untersuchung hat uns bei dieser Unterscheidung wegen der zu kryptokrystallinischen Textur nur wenig Resultate gegeben, trotzdem scheint es, als ob sowohl Gemenge von Calcit und

Dolomit, als auch chemische Verbindungen von Kalk- und Magnesiacarbonat vorkommen.

Um die wichtige Frage zu lösen, in welcher Weise die Magnesia im dolomitischen Kalkstein enthalten ist, schlugen wir den Weg des chemischen Experimentes ein, indem wir Wiederholungen der von Bischof und Pfaff angestellten Versuche über die Löslichkeitsverhältnisse am dolomitischen Kalkstein versuchten.

Bekanntlich wurde angenommen, dass durch Essigsäure nur Kalk ausgezogen wird, Pfaff wies jedoch für die dolomitischen Kalksteine des fränkischen Jura ein entgegengesetztes Verhältniss nach.<sup>1)</sup> Bischof behauptete auch, dass durch Behandlung des dolomitischen Kalksteins mit kohlenensäurehaltigem Wasser nur kohlenaurer Kalk ausgezogen werde und baute hierauf seine Dolomitisationstheorie durch Auslaugung des Kalkes aus magnesiahaltigem Kalkstein.<sup>2)</sup> Es genügt wohl dieser Hinweis, um die Wichtigkeit der Wiederholung dieser Versuche, wie wir sie im Laboratorium der k. k. geologischen Reichsanstalt durchführten, zu zeigen.

Zu den Versuchen über die Löslichkeitsverhältnisse des Dolomites wurde ein dolomitischer Kalkstein mit ziemlich grossem Magnesiagehalt verwendet, welcher aus dem Niveau der Wengener-Schichten (Schlern-dolomit) von der Marmolata stammt. Die unter Nr. 8 angeführte Analyse zeigt folgende Prozentzahlen für Kohlensäure, Kalk und Magnesia :

CO <sub>2</sub>	=	44·62
CaO	=	47·50
MgO	=	6·64
oder		
Ca CO <sub>3</sub>	=	84·82
Mg CO <sub>3</sub>	=	13·94

Es wurden nun 2·125 Gramm des Gesteines (selbstverständlich nach sorgfältiger Aussonderung der weissen Calcitadern, welche dasselbe durchsetzen) in gepulvertem Zustand der Einwirkung eines Kohlensäurestromes ausgesetzt. Nach Verlauf von 48 Stunden wurde der Versuch unterbrochen und es zeigte sich, dass 0·1523 Ca O (= 0·272 Ca CO<sub>3</sub>) sowie eine starke Spur von Magnesia gelöst wurden.

Zeigt schon dieser Versuch, dass auch ein wenngleich geringer Theil des Magnesiicarbonates bei der Einwirkung von kohlenensäurehaltigem Wasser auf dolomitischen Kalkstein gelöst wird, und muss es als sehr wahrscheinlich bezeichnet werden, dass bei längerem Einwirken der Kohlensäure, oder bei der Behandlung solcher Gesteine, welche mehr Magnesia enthalten, eine bedeutendere Menge von kohlenaurer Magnesia gelöst werden würde, so spricht der zweite Versuch, bei welchem verdünnte Essigsäure angewendet wurde, noch weniger für Bischof's Ansichten.

<sup>1)</sup> Vergleiche den II. Abschnitt unserer Arbeit pag. 300.

<sup>2)</sup> Ebendasselbst pag. 301.

Es wurden 2·355 Gramm desselben Gesteinpulvers, welches zur Analyse und zum ersten Versuche verwendet worden war, der Einwirkung von  $C_2 H_4 O_3$  unterworfen und als der Versuch nach 48stündiger Dauer unterbrochen wurde, zeigten sich als gelöst:

$$\begin{array}{rcl} 0\cdot9507 \text{ Gramm Ca O} & = & 1\cdot698 \text{ Gramm Ca CO}_3 \\ \text{und } 0\cdot0746 \text{ „ Mg O} & = & 0\cdot1566 \text{ „ Mg CO}_3 \end{array}$$

Es zeigt sich sonach, dass eine relativ sehr bedeutende Menge von kohlenaurer Magnesia gelöst wurde. Nach der Analyse verhält sich der Gehalt von Mg O im Gesteine zu jenem von Ca O wie 1 : 7·15, während sich die gelöste Menge von Mg O zu der gelösten Menge Ca O wie 1 : 12·74 verhält.

Es zeigt also dieser Versuch, dass wir es hier wahrscheinlich mit einem Gemische von Kalk- und Magnesiicarbonat, und nicht mit einem Gemenge von Calcit und Dolomit zu thun haben, wengleich auch, wie bekannt, etwas Dolomit von Essigsäure gelöst wird, da die gelöste Menge von Magnesiicarbonat eine zu bedeutende war. Auch scheint es uns, wengleich der diesbezügliche Versuch mit kohlenäurehäftigem Wasser in keiner Weise als beweisend betrachtet werden darf, als ob sowohl das Resultat dieses Versuches als auch des zweiten mit Essigsäure angestellten nicht geeignet sei, die Bischof'sche Hypothese von der Dolomitisation magnesiahäftigen Kalksteins durch Auslaugung wahrscheinlich zu machen.

Die Verbreitung der drei oben angeführten Gesteinstypen ist eine sehr verschiedene, während echte Normaldolomite verhältnissmässig seltener und meist in geringeren Massen auftreten, sind dolomitische Kalksteine viel häufiger. Dolomitische Kalksteine, welche einen geringen Gehalt an Magnesia besitzen, treten auch in grossen Massen sehr häufig auf (abgesehen davon, dass fast alle Kalksteine etwas kohlenaurer Magnesia enthalten) und wir müssen ihre Bildung namentlich nach den Forchhammer'schen Untersuchungen in dieser Hinsicht und ebenso ursprünglich durch marine Organismen abgelagert erklären, wie die Kalksteine überhaupt. Die Erklärung der Bildungsweise der dolomitischen Kalksteine mit einem geringen Magnesiagehalt bildet demnach keine Schwierigkeit. Durch spätere Auslaugung kann auch der Magnesiicarbonatgehalt um einige Procente erhöht worden sein.

Wie bereits bemerkt, treten im Allgemeinen Gesteine, deren Zusammensetzung sich jener des Normaldolomites nähert und Normaldolomit selbst verhältnissmässig seltener und gewöhnlich nicht in grösseren Massen auf. Normaldolomit bildet in anderen Gegenden meist in der Gestalt von einzelnen Bänken oder Gängen kleinere Massen in dolomitischem Kalkstein, in Südost-Tirol hingegen finden sich auch grössere Massen, wie z. B. der Schlern grösstentheils aus Normaldolomit bestehend. Rücksichtlich der Bildung derselben müssen wir wohl annehmen, dass dieselben nicht schon ursprünglich durch organische Thätigkeit als Normaldolomit abgelagert wurden. Wie oben bereits bemerkt, scheint auch eine Bildung des Normaldolomites lediglich durch Auslaugung von Kalk

aus dolomitischem Kalkstein nicht wahrscheinlich, so wenig als wir annehmen dürfen, dass grosse Massen von Normaldolomit durch Zuführung von kohlenaurer Magnesia durch Circulationswasser gebildet worden seien. Durch die Einwirkung von Magnesiicarbonat führenden Gewässern können wir uns wohl die in Spalten und Drusen im dolomitischen Kalkstein sich findenden Dolomitrhomboeder gebildet denken, nicht aber grössere Gebirgsmassen. Wir dürfen die chemischen Wirkungen des Circulationswassers nicht überschätzen. Einen nicht uninteressanten Vergleich können wir in dieser Beziehung gerade in Südost-Tirol mit den diesbezüglichen am Melaphyr zu beobachtenden Verhältnissen ziehen. Auch im Melaphyr beobachten wir Zersetzung durch die Atmosphärien und Meteorwässer, Umwandlungen in Nestern und Spalten, Neubildungen von Quarz, Calcit, Zeolithen etc., doch müssen wir, da frisches, unversehrtes und unverwandelttes Gestein auch in den Melaphyrmassen vorherrscht, die Ansicht, dass die an einzelnen Stellen vorsichgegangenen chemischen Umbildungen nur einen verhältnissmässig geringen Theil der Melaphyrmassen angegriffen haben, aussprechen. Gleiches gilt wohl auch von den Süd-Tiroler Dolomitmassen und man muss sich daher hüten, chemische Umwandlungen von ganzen Gebirgsmassen durch Quellwässer anzunehmen. So viele Wahrscheinlichkeit auch das Entstehen kleinerer Gesteinspartien von Normaldolomit durch spätere Zufuhr von kohlenaurer Magnesia hat, so wenig können wir uns für eine ähnliche Metamorphose von ganzen Gebirgsmassen, lange nach deren Ablagerung, aussprechen.

Die Bildung der in grösserer Mächtigkeit auftretenden Massen von Normaldolomit in Südost-Tirol ist wohl enge mit der Entstehung jener daselbst ziemlich verbreiteten Gesteine verknüpft, deren Zusammensetzung sich jener des Normaldolomites mehr oder weniger nähert. Bei der Mächtigkeit und dem verhältnissmässig häufigen Auftreten solcher Gesteine muss man wohl einen Zusammenhang mit den geologischen Verhältnissen der Gegend voraussetzen. Die zahlreichen Silicatgesteine derselben mussten bei ihrer Zersetzung eine reiche Quelle von Magnesiumsalzen werden. Es ist vorauszusetzen, dass das Triasmeer keinen Mangel an Zufluss von magnesiahaltigen Flüssen hatte. Die in das Meerwasser gelangenden Magnesiumsalze (vor allem Chlormagnesium) erzeugten durch Umsatz mit dem durch organische Thätigkeit erzeugten Kalkstein dessen höheren Gehalt an Magnesiicarbonat, abgesehen davon, dass wahrscheinlich schon der Gehalt der durch die Organismen (vorwiegend wohl riffbauende Corallen) erzeugten Secretionen an kohlenaurer Magnesia ein relativ hoher war. Schon der Umstand, dass der mächtige Complex des Dachsteinkalkes vorwiegend aus reinerem Kalk und dolomitischem Kalk besteht, zwingt zu der Annahme, dass die Umwandlung des Kalkes der Wengener- und Cassianer-Schichten zu Dolomit vor der Ablagerung des Dachsteinkalkes erfolgt sein müsse, da sonst wohl auch der letztere in Dolomit umgewandelt erscheinen würde. Bei Berücksichtigung aller Verhältnisse scheint es (da die directe Ablagerung von Dolomit, wie sie von Vielen angenommen wurde, nicht sehr wahrscheinlich erscheint und wir eben so wenig einen sehr hohen Gehalt von Magnesiicarbonat in den unmittelbaren Secretionen

der Organismen annehmen dürfen), dass die Umwandlung des magnesia-hältigen Kalksteins in Dolomit in keiner sehr fernen Zeit von dem Absatz des Sedimentes selbst stattfand; dass wir vielmehr allen Grund haben, in einem zeitlich nicht weit verschiedenen Vorgang die Erklärung der Dolomitisation zu suchen, und dass die Annahme, es habe die Dolomitisation bereits während des Aufbaues dieser Gebilde stattgefunden, durchaus nicht den topographisch-geologischen Thatsachen widerstreitet.

Es wäre dann schliesslich noch die Frage zu lösen, woher der an verschiedenen Punkten so ungleich verschiedene Magnesiagehalt der Gesteine in einem und demselben Horizont stammt, woher es beispielsweise rühre, dass in der Etage der Wengener-Schichten am Schlern vorwaltend Normaldolomit und rücksichtlich der chemischen Zusammensetzung dem Normaldolomit ähnliche Gesteine auftreten, während der „Schlerndolomit“ an der Marmolata durch Kalkstein, der stellenweise nur schwach dolomitisch genannt werden kann, weil sein Gehalt an Magnesiacarbonat ein ziemlich geringer ist, vertreten wird.

Ohne eine Beantwortung dieser schwierigen Frage zu versuchen — wie wir denn schliesslich noch einmal betonen wollen, dass wir keineswegs in allen Beziehungen die Frage nach der Dolomitbildungsweise für abgeschlossen halten und vielmehr nur rücksichtlich der für dieselbe so wichtigen und interessanten Dolomitvorkommen Südost-Tirols einen Beitrag zu deren fernerer Untersuchung geben wollten — sei bemerkt, dass durch Circulationswasser stellenweise Auslaugungen und Umsetzungen vor sich gegangen sind, die viele locale Verschiedenheiten im Magnesiagehalt bewirkt haben mögen. Vorgänge in dieser Beziehung, Auslaugungen an der einen und Absatz an der anderen Stelle finden, wie in den Kalkgebirgen überhaupt, auch in den Dolomitmassen Südtirols vielfach statt und mögen bis auf den heutigen Tag fort dauern.

Auch die Quelle des erhöhten Magnesiagehaltes im Triasmeer können wir eben so wenig als die berühmten Forscher, die uns vorausgegangen, definitiv lösen.

Wenngleich wir annehmen müssen, dass der hohe Gehalt der Flüsse an Magnesia, bedingt durch die Gegenwart grosser Massive von Silicatgesteinen, sehr wesentlich dazu beigetragen hat, so ist immerhin eine andere Quelle der Magnesia nicht ausgeschlossen und nicht unwahrscheinlich. Diese Frage, welche indess nicht nur in unserem Gebiete zu lösen ist, bleibt uns, wie so viele andere der genetischen Geologie, noch in ein tiefes Dunkel gehüllt.

So können wir demnach als Resultate unserer Untersuchungen folgende Sätze betrachten:

1. Zahlreiche und mächtige, schwach dolomitische Kalkmassen sind unmittelbar durch die Thätigkeit der Organismen im Meere abgelagert worden.

2. Einzelne, kleinere Vorkommen von Normaldolomit wurden durch spätere Metamorphose, durch Einführung von kohlen-saurer Magnesia gebildet.

3. Der grösste Theil der an Magnesia mehr oder weniger reichen Dolomite wurde aus den kalkigen Secretionen der Meeresorganismen durch Einwirkung der im Meerwasser enthaltenen Magnesia-salze (vorwaltend wohl Chlormagnesium) während und kurz nach der Ablagerung gebildet. Spätere locale Differenzirung im Magnesiagehalt wurde durch Circulationswasser bewirkt, welches stellenweise Auslaugung und Concentration herbeiführte.

---