

Sitzung vom 6. November 1905.

3. Herr J. Block:

Über das Vorkommen von Kupfererzen und Scheelit im Eruptivgestein von Predazzo und anderen Orten, sowie über den Marmor Süd-Tirols.

Die Umgegend von Predazzo zählt zu den geologisch bemerkenswertesten Gebieten Europas, weil sie in der geschichtlichen Entwicklung verschiedener Fragen der Geologie eine sehr wichtige Rolle spielt und auch hinsichtlich der Entstehung und Beurteilung des Marmors, der unter den krystallinischen Gesteinen der Alpen ohne Zweifel zu den allerinteressantesten Vorkommnissen gehört, sehr lehrreich ist. Ganz besonders waren es die in kurzen Abhandlungen niedergelegten, genialen Beobachtungen L. v. Buchs, welche als eine der wichtigsten Phasen für die geologische Kenntnis der Alpen überhaupt zu bezeichnen sind, die dieses Gebiet zu einem klassischen Boden für die Geologie machten.

Predazzo liegt an der Vereinigungsstelle des Avisio und des Travignolo in einem Zentrum von Eruptionen, wie man es kaum anderswo findet. Die kleine Talebene von Predazzo wird nordöstlich vom Monte Mulatto, südöstlich vom Monte Malgola und westlich von der Forcella umragt.

Man hält es für höchst wahrscheinlich, dass die gesamten Eruptivgesteine, welche sich in überaus zahlreichen Eruptionen massenhaft ergossen haben, einer geologischen Periode angehören und wenigstens jünger als die untere Trias sind. v. Richthofen, welcher im benachbarten Fassatal nur submarine Ausbrüche fand, schliesst solche bei Predazzo aus¹⁾.

Als die wichtigsten Eruptivgesteine des Gebietes von Predazzo, die sich in das auflagernde Triassystem hineingedrängt

1) F. v. Richthofen: Geognostische Beschreibung der Umgegend von Predazzo, Sanct Cassian und der Seisser Alpe in Süd-Tirol, Gotha 1860 S. 259.

haben, sind jüngere und ältere¹⁾ Granite, verschiedene Monzonite, Porphyrite und Malaphyre, wozu die typischen Abänderungen des Mulattophyr und Uralitporphyr gehören, zu bezeichnen.

Bezüglich des Alters der Eruptivgesteine bestehen noch grosse Meinungsverschiedenheiten. Der Melaphyr, den man früher als das jüngste Glied betrachtete, gilt heute in seiner Hauptmasse als das älteste. In neuerer Zeit sucht man die basischen Eruptivgesteine, die früher schon als Melaphyre und dann von vielen Petrographen als Porphyrite bezeichnet waren, wieder den Melaphyren einzureihen²⁾.

Die basischeren Melaphyre und Augitporphyrite haben nur 43—48% SiO₂, die saureren Plagioklasporphyrite 50—55% SiO₂. Brögger hat auf die grosse Ähnlichkeit zwischen Melaphyr und Monzonit in chemischer Beziehung hingewiesen und den Syenit, Diorit, Diabas, Gabbro und Hypersthenit dieses Gebietes wesentlich auf Grund ihres Kieselsäuregehaltes über und unter 50% in die zwei Typen Monzonit und Pyroxenit vereinigt³⁾.

Der **Monte Mulatto**, welcher eine Höhe von 2151 m erreicht, erhebt sich mit steilen, bewaldeten Wänden aus den beiden Tälern des Travignolo und des Avisio. Er ist aus Granit, Porphyrit, Melaphyr und Monzonit gebildet, welcher an manchen Stellen von Nephelinsyenit, Nephelinsyenitporphyr, Syenitporphyr und Theralith⁴⁾ durchbrochen ist.

Nach v. Richthofen besteht der ganze obere Teil des Monte Mulatto, etwa die Hälfte seiner Masse, aus schwarzen Porphyren, unter denen der Uralitporphyr und Mulattophyr von besonderem Interesse sind. Manche Melaphyrschichten von Süd-Tirol erinnern nach L. v. Buch sehr lebhaft an den sogenannten Grünporphyr, den *Serpentino verde antico*⁵⁾. Eine scharfe Grenze ist zwischen Monzonit und Melaphyr nicht

1) I. Romberg: Geologische petrographische Studien in den Gebieten von Predazzo und Monzoni. Sitzungsber. d. Königl. Preuss. Akademie d. Wissensch. Berlin 1903 S. 44. Im Melaphyr wurden an mehreren Stellen Granit-(Pegmatit-)Einschlüsse gefunden, wodurch die Anwesenheit eines älteren Granits in der Tiefe erwiesen ist.

2) O. v. Huber: Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine von Predazzo und des Monzoni. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Ges. 1899.

3) W. C. Brögger: Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo. Kristiania 1895.

4) I. A. Ippen: Über Melaphyre vom Cornon und theralitische Gesteine vom Viezzenatal bei Predazzo. Zentralbl. f. Min. Geologie u. Palaeontologie 1903.

5) v. Richthofen l. c. S. 141.

vorhanden. Es kommen zuweilen Kontaktgesteine vor, bei denen man schwer entscheiden kann, ob sie zum Porphyrit oder Monzonit gehören¹⁾. Auf dem Gipfel des Mulatto kommt Kersantit vor, welcher mit keinem der Melaphyre des Monte Mulatto irgendwelche strukturelle Ähnlichkeit hat²⁾.

Von Erzen kommen am Monte Mulatto sowie auch an der Malgola Kupferkies, Eisenkies und Magneteisen in grösseren Mengen vor. Schon L. v. Buch erwähnt die sehr fein eingesprengten Körnchen von Kupferkies, welche besonders mit dem Turmalin vorkommen und in den grobkörnigen Gängen an Grösse zunehmen. B. v. Cotta, Klipstein, Doelter bringen in ihren Arbeiten nur kurze Mitteilungen über diese interessanten Erzlagerstätten. An der Ostseite des Monte Mulatto, wo an einer Stelle ein grobkörniges, dunkles, monzonitisches Gestein ansteht³⁾, befindet sich in einer Höhe von etwa 1570 m ein altes Magnetit-Bergwerk.

Auf der Nordseite des Monte Mulatto beobachtet man oft Granitapophysen im Monzonit und der quarzführende Kontaktmelaphyr schliesst sich hier an die grosse Spalte an, welche den Berg in der Richtung von NW. nach SO. durchquert und den Melaphyr in einer Höhe von etwa 1600 m erreicht. Es finden sich von hier ab bis zum Kamm und jenseits desselben viele Versuchsbaue auf Kupferkies⁴⁾.

In der Grube Bedovina am Westabhang des Monte Mulatto ist eine 1,5 m mächtige, aus schmalen zum Teil parallelen, zum Teil sich durchkreuzenden Gangspalten bestehende Zertrümmerungszone im Melaphyr vorhanden⁵⁾. Die Gangspalten sind mit Kupferkies, Eisenkies und etwas Malachit ausgefüllt, in deren Begleitung sich Turmalin, Scheelit, Orthoklas, Quarz, Calcit, Apatit, Lievrit befinden.

Scheelit oder Tungstein CaWO_4 kommt im Innern von Turmalinnestern in den Turmalingranit-Steinbrüchen flussaufwärts von Predazzo am rechten Ufer des Avisio in Begleitung von Fluorit vor. Ein seltener Begleiter ist der Arsenikkies. Der Scheelit ist derb, fettglänzend und von hellerbsengelber

1) C. Doelter: Zur Altersfolge der Eruptivgesteine von Predazzo. Verhandl. d. K. K. Reichsanstalt 1903.

2) I. A. Ippen: Über einen Kersantit vom Mulatto. Zentralbl. f. Mineralogie etc. 1904 S. 417.

3) I. Romberg l. c. 1902 S. 759.

4) O. v. Haber l. c. S. 96.

5) A. Hofmann: Vorläufiger Bericht über turmalinführende Kupferkiese vom Monte Mulatto. Sitzungsber. der Kgl. böhm. Ges. d. Wissensch. Prag 1903 und Zeitschr. f. prakt. Geologie 1903.

Farbe¹⁾. Das gemeinsame Auftreten von Eisenkies und Kupferkies mit Turmalin, Scheelit etc. im Granit und Porphyrit des Mulatto ist zuerst von W. C. Brögger als eine pneumatolytische Bildung infolge der Graniteruption erklärt worden. Diese Mineralbildung spielte sich nach I. Romberg auf Verwerfungsklüften ab, die mit der Porphyrit-Monzonit-Grenze zusammenfallen, wo auch die Eruption fast aller jüngeren Gesteine erfolgte²⁾. Die Erzgänge des Monte Mulatto sind genetisch mit den Zinnsteingängen nahe verwandt.

Die **Kupfererze** des Monte Mulatto enthalten ebenso wie diejenigen vom Rammelsberg bei Goslar 2–3% Kupfer. Die Kupferkiese in den Kulmschiefern der berühmten **Rio Tinto-Gruben** in der Provinz Huelva in Spanien, welche mit Einschluss der portugiesischen Gruben im Jahre 1903 mit $\frac{1}{9}$ der Weltproduktion an Kupfer beteiligt waren und 51000 Tonnen Kupfer lieferten, enthalten durchschnittlich auch nur 2–3% Kupfer.

Der verdienstvolle spanische Geologe Gonzalo y Taryn führt ebenso wie de Launay, I. H. L. Vogt, R. Beck und B. Lotti die Entstehung der südspanischen Kupfererze auf eine unmittelbare Folge der Porphyrinjektion und auf eine Imprägnation aus dem Eruptivmagma zurück³⁾, während F. Römer und andere deutsche Geologen, diese Kieslager als sedimentäre Bildungen betrachten, welche unabhängig von der Eruption der Porphyre entstanden und gleichaltrig mit den umgebenden Schiefen sind⁴⁾.

Die Erzlagerstätten bei Klausen in Südtirol, die schon vor Jahrhunderten im Betriebe waren⁵⁾ und eigentliche Zerrüttungszonen darstellen, treten sowohl im Diorit als auch im sogenannten, aus etwa 60% Orthoklas und 40% Quarz bestehenden Feldstein auf und führen in letzterem vorherrschend Kupferkies und Schwefelkies, zu welchen sich im Diorit silberhaltiger Bleiglanz und Blende gesellen.

1) F. Becke. *Tschermaks Mineralog. u. Petrograph. Mitteilungen.* 1895 S. 277. 2) I. Romberg l. c. 1902 S. 758.

3) I. Block: Über eine Reise in Südfrankreich u. Spanien mit besonderer Berücksichtigung einiger Produkte Spaniens. Mit Ergänzungen versehener Separatabdruck aus der Festschrift zur Feier des 70. Geburtstages von I. I. Rein, Dr. phil. Geh. Reg. Rat, ord. Professor der Geographie an der Universität Bonn. Bonn 1905.

4) Ferd. Römer: Kulmschichten mit *Posidonomya Becheri* in Portugal u. in der Provinz Huelva. *Z. d. D. geolog. Ges.* 1876 u. 1872 S. 589 und I. Rein: *Geographische u. Naturwissenschaftl. Abhandlungen über Spanien.* Leipzig 1892.

5) M. v. Volkskron: *Beitrag zur Geschichte des Tiroler Erz-Bergbaues in den Jahren 1595–1617.* Innsbruck 1899 S. 46.

Der Feldstein ist seiner Zusammensetzung und seiner Struktur nach ein Eruptivgestein und gehört zu den von Turmalin begleiteten Granitapliten, die auch bei Predazzo oft vorkommen und woran in vielen Fällen Erzlagerstätten der verschiedensten Art gebunden sind. Im Gefolge des Aplits sind die Erze emporgedrungen, aber die Erzbildung im Nebengestein und in den zuerst erkalteten Injektionszonen hat einen anderen Charakter als im Aplit selbst¹⁾.

In Cinque-valle bei Roncegno im Val Sugana in Süd-Tirol kommt am Sasso d'argento Wolframit, Scheelit mit Kupferkies, Pyrit, Arsenikkies und Weissbleierz im Grünstein bezw. im Olivin-Gabbro vor²⁾.

Das gemeinsame Vorkommen von Scheelit mit den Kupfererzen des Monte Mulatto ist eine Seltenheit und mit Rücksicht auf den hohen, durch ungewöhnlichen Bedarf an Wolframstahl sehr steigenden Wert des Wolframs von grosser Bedeutung.

Von den Wolframmetallen (Wolfram, Uran, Molybdän) und den Vanadiummetallen (Vanadium, Niobium, Tantal) sind Wolfram, Uran, Niob und Tantal besonders an Granitpegmatitgänge und an die mit sauren Eruptivgesteinen in engerer Verbindung stehenden Zinnsteingänge geknüpft, woraus hervorgeht, dass diese Metalle sich hauptsächlich in dem saurem Eruptivmagma konzentriert haben³⁾.

In Spanien, wo die Produktion an **Wolframit** ($\text{FeWO}_4 + \text{MnWO}_4$) neuerdings ganz auffallend gestiegen sein soll, betrug dieselbe im J. 1899 noch 151 Tonnen. Im J. 1900 wurden in Queensland 189,5 Tonnen Wolfram gefördert, und das Königreich Sachsen lieferte in demselben Jahre im Bezirk Altenberg im Erzgebirge 43,4 Tonnen Wolframit. Österreich produzierte im Jahre 1899 hauptsächlich im Erzgebirge 36 Tonnen Wolframit und im deutschen Reiche wurden im Jahre 1904 an Wolfram- und Uranerzen 23 Tonnen gewonnen⁴⁾. Ziemlich erheblich ist die Wolframerzgewinnung auch in den Zinnerzlagern von

1) E. Weinschenk: Einige Beobachtungen über die Erzlagerstätte am Pfunderer Berg bei Klausen in Süd-Tirol. Zeitschrift f. prakt. Geologie 1903.

2) Jos. Haberkelner: Das Erzvorkommen von Cinque-valle. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1893. S. 307.

3) I. H. L. Vogt, Christiania: Über die relative Verbreitung der Elemente. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1898.

4) Z. f. prakt. Geologie 1905, S. 269, 280 u. Jahrb. f. Berg- u. Hüttenwesen, Freiberg 1905, S. 87. 100 kg Wolframstückerz kosteten 207 M. gegen 90 M., 100 kg Wolframsetzerz 109 M. gegen 28 M. im Vorjahre. 1903 produzierte Österreich 480 Meterzentner W.-Erze à 136 Kr. Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenwesen 1904.

Cornwall, in der Grube Monroe in Connecticut, im Granit von Limoges in Frankreich, bei Nertschinsk in Sibirien. Die Grube Bajewsk bei Kamensk im Gouvernement Perm lieferte bisher den einzigen durchsichtigen Wolframit.

Im Riesengebirge, und zwar am südlichen Abhange der Schneekoppe treten im Glimmerschiefer dünne Einlagerungen von hellgrauem, krystallinisch körnigem Kalkstein auf, worin sich Scheelit in schönen, wachsgelben oder honiggelben, durchsichtigen Krystallen in Begleitung von Bergkrystall, Flussspat, Kalkspat und Arsenikkies bei Gross-Aupa am Kiessberge findet. Dieses Vorkommen hat die meiste Ähnlichkeit mit jenem von Schlaggenwald in Böhmen, wo die Krystalle aber eine weisse Farbe besitzen und, wie an den meisten anderen bekannten Fundorten, in den Zinnsteinlagerstätten vorkommen¹⁾. An der Schneekoppe ist auch Wolframit gefunden worden²⁾.

Das Vorkommen von Scheelit im Luxer Gange bei Graupen in Böhmen im Quarz, worin Zinnstein eingesprengt ist, ist ganz dasselbe wie im nahen Zinnwald und Altenberg in Sachsen³⁾. Im Magneteisenerzlager von schwarzen Krux bei Schmiedefeld im Thüringerwalde sitzen oft grössere Wolframite im Magnet-eisen⁴⁾. Im Altai ist Wolframit bis jetzt nur westlich von der Hütte Kolywan gefunden worden⁵⁾, und auch im Ural werden Wolframlagerstätten ausgebeutet.

In bedeutender Menge findet sich der Wolframit in horizontalen Bändern oder in regellos gestalteten Butzen in den kieseligen Golderzen im nördlichen Teil der Black-Hills, wo auch schön krystallisierter Scheelit vorkommt⁶⁾. Im südlichen Teil der Black-Hills von Süd-Dakota tritt Wolframit in Quarzgängen, Pegmatiten und Greisen des krystallinischen Grundgebirges besonders in Begleitung von Zinnerzen und Fluorverbindungen auf.

Ein ergiebiges Wolframerzlager aus Wolframit, Scheelit

1) Ferd. Römer: Über ein Vorkommen von Scheelit im Riesengebirge. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1863. S. 607.

2) W. Müller: Wolframit vom Gipfel der Schneekoppe. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1893. S. 730.

3) A. Sadebeck: Über zwei neue Scheelit-Vorkommnisse, das von Graupen in Böhmen und Sulzbach im Salzkammergut. Vergl. auch Karl Dalmer: Der Altenberg-Graupener Zinnlagerstättendistrikt. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1894. S. 313.

4) E. Dull: Zeitschr. f. Krystallographie und Min. von P. Groth, Leipzig 1905.

5) M. Bauer: N. Jahrb. f. Min. 1896. Bd. 2.

6) A. Schmidt: Wolframerze in den Black-Hills. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1902. S. 128.

und Wolframocker bestehend¹⁾, ein sogenanntes Kontaktlager, welches in einer Mächtigkeit von 1—1,5 m zwischen dem krystallinischen Kalk und dem unteren Gneiss eingebettet ist, findet sich bei Long-Hill in den Vereinigten Staaten.

Eisenfreier Mangan-Wolframit oder Hübnerit, $MnWO_4$, kommt in Arizona in den Vereinigten Staaten in weissen Quarzgängen vor, die einen porphyrischen Granit durchsetzen²⁾. Auch bei Osceola in Nevada in den Vereinigten Staaten tritt hauptsächlich Hübnerit in Quarzgängen im Granit auf. Er ist durchscheinend und von schwarzer oder dunkelroter Farbe. Der durchschnittliche Gehalt des Erzes an WO_3 beträgt $67\frac{1}{2}\%$ ³⁾.

In der Sierra von Córdoba in der Argentinischen Republik ist der Granit als der Erzeuger der Wolfram führenden Quarzgänge anzusehen⁴⁾.

Auf dem Hodgkinsonfelde in Queensland kommt viel Wolframerz in Begleitung von Molybdänglanz und seltener von Wismuth meist in Nestern und Butzen vor. In Neu-Seeland ist ein Scheelit-Vorkommen zu Glenorchy am Wakutipu-See in Waipori an einen mächtigen Quarzgang im krystallinischen Schiefer gebunden⁵⁾. Über $PbWO_4$ u. $FeWO_4$ vgl. Zirkel, Min. 1901.

Kein anderer Punkt in der Umgegend von Predazzo nimmt wohl in so hohem Grade das Interesse der Geologen in Anspruch als die Marmorsteinbrüche des 1100 m hohen Canzoccoli am Ostabhange des Dosso Capello. Schon seit der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts war der Canzoccoli ein Schauplatz für wissenschaftliche Forschung und namentlich für das Studium der Kontaktmetamorphose.

Graf Marzari Pencati, ein eifriger Neptunist, der im übrigen aber ein vorzüglicher Beobachter war, machte hier zuerst die Entdeckung, dass der Granit den Kalk überlagert und wieder von demselben überlagert wird, was er mit Werner und dessen Schülern als einen glänzenden Beweis für den neptunischen Ursprung des Granits ansah. Erst später lenkte sich die Aufmerksamkeit auf die Umwandlung des triadischen Kalkes in Marmor in der Nähe des Eruptivgesteins, des Monzonits, welcher neben Melaphyr, Olivingabbro, Pyroxenit, Porphy am

1) A. Gurlt: Über ein bemerkenswertes Vorkommen von Wolframerz in den Vereinigten Staaten. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1898. S. 396.

2) A. Gurlt: Zeitschr. f. prakt. Geologie 1898. S. 266.

3) F. D. Smith: Das Wolframitvorkommen von Osceola in Nevada. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1902. S. 313.

4) Prof. Dr. Bodenbender: Zeitschr. f. prakt. Geologie 1894. S. 409.

5) A. Gurlt: Sitzungsber. d. Nied. Ges. Bonn 1888, S. 23.

Monzoni auftritt. Die Altersfolge der Eruptivgesteine am Monzoni und bei Predazzo ist von W. C. Brögger und I. Romberg¹⁾ behandelt worden. Nach Brögger repräsentieren die Camp-tonite und Liebeneritporphyre die jüngsten Eruptionen der ganzen Epoche.

Der Canzoccoli gilt als sehr wichtiger Fundort von **Kontaktmineralien**²⁾, von denen dort besonders Vesuvian, Granat, Gehlenit, Wollastonit, Pektolith, Batrachit, Serpentin, Biotit, Spinell, Ceylanit, Magnetit vorkommen. Der fein und grobkörnige Marmor vom Canzoccoli und anderen Orten des Monzoni ist vielfach mit Kontaktmineralien imprägniert, unter welchen im Marmor des Toal dei Rizzoni Anorthit, Adular, Fassait, Magnesiaglimmer, Monticellit oder Batrachit, Titanit Ceylanit oder Pleonast, Apatit, Magneteisen genannt werden³⁾. Derjenige Marmor, welcher eine erhebliche Menge Kontaktmineralien enthält, wodurch derselbe auch stets feinkörniger wird, kann nicht mehr als eigentlicher Marmor bezeichnet werden⁴⁾.

Der feinkörnige **Predazzitmarmor** des Canzoccoli enthält reichliche Mengen Brucit = H_2MgO_2 , der wahrscheinlich aus Periklas = MgO entstanden ist. Manche Predazzite von Predazzo enthalten nach der chemischen Analyse neben Calcit und Brucit auch Dolomit⁵⁾. Schon v. Richthofen sprach die Überzeugung aus, dass der Predazzit und Pencatit gleich jedem Marmor, der von der Grenze eines Eruptivgesteines aus allmählich in geschichteten Kalk übergeht, das Produkt einer plutonischen Metamorphose sei. Volger und Lemberg⁶⁾ nehmen an, dass der Predazzit ursprünglich ein Dolomit war, dessen Magnesia durch eine spätere Metamorphose ihre CO_2 verloren und statt dessen H_2O aufgenommen hat. Der Predazzit kommt nur in der Nähe des Monzonits vor und geht allmählich wieder in gewöhnlichen, geschichteten Kalk über, welcher etwas Magnesia enthält, was bei den meisten Triaskalken von Süd-Tirol der Fall ist.

Weder am Abhange des Canzoccoli noch an der Malgola fehlen die feinen, perlmutterglänzenden Brucit-Blättchen als

1) I. Romberg l. c. 1902. S. 761.

2) C. Doelter: Exkursion nach Predazzo. Internationaler Geologen-Kongress, Wien 1903.

3) G. vom Rath: Über die Gesteine des Monzoni. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1875. S. 379.

4) E. Weinschenk: Die Tiroler Marmorlager. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1903. S. 132.

5) I. Lemberg: Zur mikrochemischen Untersuchung von Calcit, Dolomit und Predazzit. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1887. S. 491 u. 1888 S. 357.

6) I. Lemberg: Über die Kontaktbildungen bei Predazzo. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. S. 230.

inniger Gemengteil des Marmors, welchen sie ganz durchdringen, und dessen Unbrauchbarkeit sie bewirken. Die Steinbrüche, welche die Regierung am Ostabhange der Forcella mit vielen Kosten angelegt hatte, um für Bildhauerarbeiten den carrarischen Marmor zu ersetzen, ruhen seit langer Zeit, weil der Brucit bei der Bearbeitung eines Stückes den Bruch und das Ablösen einzelner Teile desselben verursacht. Der Brucitmarmor ist dem Meissel nicht willig, sondern er springt meistens nach anderen Richtungen, als das Instrument anzeigt. Auch die in einen krystallinisch körnigen Kalk verwandelten dolomitischen Mendolakalke enthalten kleine Brucitschüppchen¹⁾.

Wie am Canzoccoli, so ist auch an der Malgola, wo der Monzonit eine Apophyse in den Kalk sendet, der Marmor von Serpentinängen durchzogen. An der Nordseite des Monzoni ist in einer Höhe von etwa 2100 m das von G. vom Rath noch als Diabas, von C. Doelter hingegen als Gabbro bezeichnete Gestein in der Nähe des Kalkes zu **Serpentin** verändert und auch der Kalkstein ist von einer Art von Ophicalcit durchzogen²⁾. Die berühmten, lichtgrünen Fassaite finden sich im unmittelbaren Kontakt beider Bildungen. Gegen die Monzonitgänge hin ist der Predazzit sehr mit einer grünen serpentinartigen Substanz verunreinigt, die Saalbänder der Gänge bestehen aus reinem Serpentin.

Alabastergruben befanden sich früher bei Bellamonte, wo auch ein schöner, weisser, leichter zu bearbeitender Marmor vorkommt. Gipse, die zum Teil heute noch in Alabastergruben gewonnen werden, treten im Perm, welches sich in der Umgegend von Predazzo als Quarzporphyr, Grödener Sandstein und Bellerophon Kalk findet³⁾, ausser bei Bellamonte auch bei Tesero und besonders bei Cavalese auf. F. v. Richthofen versetzt das Vorkommen bei Cavalese in den tiefsten Horizont der Seisser Schichten⁴⁾.

Die ausgezeichneten serpentinartigen Bildungen, der Monzonit, die Porphyre und die Turmalin führenden Granite liefern vortreffliches Material für dekorative Zwecke. Der schöne weisse bis bläuliche Predazzit und der grauc hell gewölkte und geaderte Penkatit sind für gewöhnliche Marmorarten im Gebrauch. Die

1) F. v. Richthofen l. c. S. 276—277

2) G. vom Rath l. c. S. 372. Vergl. auch L. Liebener und I. Vorhauser: Die Mineralien Tirols S. 239—245. Innsbruck 1852.

3) H. Philipp: Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1894. S. 8.

4) v. Richthofen l. c. S. 279 u. Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1874. S. 253.

Bildhauerschule, welche lange Zeit hindurch in Predazzo bestand, ist später nach Trient verlegt worden¹⁾.

Die **Tiroler Marmor-Lager** zwischen Laas und Schlanders und bei Mitterwandl im Göflaner Tal südlich von Schlanders, sowie in der Nähe von Sterzing im Ratschingestal, welche einen brucitfreien, vorzüglichen Marmor liefern, sind ebenso wie der Marmor von Predazzo das Ergebnis einer intensiven Kontaktmetamorphose.

Fossilfunde bezeugen, dass es sich in diesem Gebiet nicht um archaische oder präkambrische Bildungen handelt, sondern um ursprünglich sedimentäre, nicht krystallinische Kalke von paläozoischem oder mesozoischem Alter. E. Weinschenk nimmt an, dass sie von basischen Eruptivgesteinen durchbrochen wurden, deren Zusammensetzung einem Gabbro ähnlich war, und dessen Typus in dem Charakter der sehr veränderten und zu Amphiboliten, Eklogiten und Grünschiefern umgewandelten Gesteine nicht verkannt werden kann. Amphibolite und Eklogite sind bei Sterzing als Begleiter der Glimmerschiefer, Grünschiefer bei Laas als Begleiter der Phyllite, in welchen sich die Marmorlager befinden, vorherrschend.

Man hat bis in die neuere Zeit den kontaktmetamorphen Marmor als minderwertig angesehen und zog den regionalmetamorphen Marmor vor, welcher eine weit grössere Verbreitung hat. R. Lepsius erklärt das krystallinische Grundgebirge Attikas mit den gewaltigen Marmorlagern des Pentelikon und des Hymettos, ohne zu entscheiden, ob dasselbe azoisch, paläozoisch oder selbst triasisch sei, in jedem Falle für eine regionalmetamorph umgewandeltes Sedimentärgebirge²⁾.

Die unerschöpflichen Marmorlager von Nordland im nördlichen Norwegen gehören nach H. Reusch dem regionalmetamorphen, cambrosilurischen Gebiete an. Auch von den grossen Marmorlagern in der Nähe von Carrara, die E. v. Mojsisovics zur oberen Trias zählt, nahm man bisher an, dass sie durch Regionalmetamorphose entstanden sind, was aber sowohl für Carrara als auch für viele andere Marmorlager in Zweifel gezogen wird, weil dieselben hinsichtlich der genetischen Fragen noch nicht genügend durchforscht worden sind³⁾.

E. Weinschenk, welcher in neuerer Zeit die sehr ausgedehnten kontaktmetamorphen Marmorlagerstätten in Tirol

1) F. Karrer: Führer durch die Baumaterial-Sammlung des K. K. naturhistorischen Hofmuseums in Wien 1892.

2) R. Lepsius: Geologie von Attika. Berlin 1893.

3) E. Weinschenk: Die Tiroler Marmorlager I. c. S. 132.

und deren Material sehr eingehend untersucht hat, gelangte zu dem Resultate, dass die sogenannte verzahnte Struktur, nämlich das zickzackförmige Ineinandergreifen der einzelnen Individuen, durch welche eine viel grössere Verbandfestigkeit des Gesteins und eine weit höhere Wetterbeständigkeit gegenüber den Atmosphärlinien bedingt sein soll, eine Eigenschaft, die man fast ausschliesslich dem regionalmetamorphen Marmor zuerteilen wollte¹⁾, in Wirklichkeit gar nicht mit dem Gegensatz von Kontaktmetamorphose und Regionalmetamorphose zusammenhängt.

Der von dem sehr verdienten norwegischen Forscher I. H. L. Vogt als typisch hingestellte regionalmetamorphe Marmor von Carrara hat in seinen verbreitetsten Sorten, als welche Ordinario und Bardiglio gelten, die vorherrschend geradlinig körnige Struktur des Kontaktmarmors. Der Statuario von Carrara mit ganz verzahnter Struktur ist der am wenigsten widerstandsfähige Marmor, welcher weder dem Frost noch den Rauchgasen widersteht, während der Laaser und pentelische Marmor, die ebenfalls verzahnte Struktur haben, sich als sehr wetterbeständig erweisen.

Die verzahnte Struktur des Tiroler Marmors wird auf die sogenannte **Piezokontaktmetamorphose**²⁾ zurückgeführt, welche unter besonders gewaltigem Drucke Gesteinsveränderungen bewirkte und auch die meistens deutliche, schiefrige Ausbildung der Granite hervorbrachte, die daher als Gneisse bezeichnet worden sind.

Die normalen Mineralien der Kontaktmetamorphose wie Andalusit, Cordierit, Wollastonit fehlen bei der Piezokontaktmetamorphose gänzlich, und an ihre Stelle treten die hydroxylhaltigen Glimmer oder Mineralien von sehr hohem spezifischen Gewicht³⁾. Es sind diese Erscheinungen, die auf sehr hohen Druck während der Umkrystallisation der Gesteine hindeuten. Der Piezokrystallisation entsprechend hat man die Bezeichnung Piezokontaktmetamorphose gewählt, weil beide Hand in Hand gehen.

1) I. H. L. Vogt: Der Marmor in bezug auf seine Geologie, Struktur und seine mechanischen Eigenschaften. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1898.

2) E. Weinschenk: Vergleichende Studien über den Kontaktmetamorphismus. Zeitschr. d. D. geologischen Ges. 1902. S. 441—479 u. üb. Dynamometamorphismus u. Piezokrystallisation.

3) E. Weinschenk: Die Resultate der petrographischen Untersuchung des Gross-Venedigerstockes in den hohen Tauern und die daraus sich ergebenden Beziehungen für die Geologie der Zentralalpen überhaupt. Zentralbl. f. Min. Geologie u. Palaeontologie 1903. S. 401—409.

Der weisse oder bläulich-weisse **Marmor von Sterzing**, welcher im Ratschingestal in drei Brüchen gebrochen wird, besitzt ein ziemlich grobes, ganz gleichmässiges Korn, eine schön verzahnte Struktur, eine grosse Verbandsfestigkeit, hohe Politurfähigkeit und schimmernden Glanz. Die Krystallkörner, welche etwa $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser erreichen, sind von Zwillinglamellen durchzogen. Die nur mikroskopisch sichtbaren Verunreinigungen bestehen aus sehr spärlichen Quarzkörnchen, Glimmerschüppchen, sowie aus Spuren von gelbbraunem Turmalin.

Der Marmor von Sterzing, welcher in hohem Grade wetterbeständig ist, wurde schon zu römischer Zeit ausgebeutet. Das Mythras-Denkmal zu Mauls und uralte Denkmäler von Trens in der Gegend von Sterzing sind aus Sterzinger Marmor errichtet. Zu den Figuren am Sterzinger Rathause, am Brixener Dome, zu sämtlichen aus dem 18. Jahrhundert stammenden Figuren im Parke des Kaiserlichen Schlosses zu Schönbrunn, zum Tegetthoff-Denkmal in Wien ist Sterzinger-Marmor verwendet worden ¹⁾.

Die beste Qualität des **Marmors von Laas** ist ziemlich stark durchscheinend und übertrifft an rein weisser Farbe den Statuario von Carrara, während andere Sorten des Laaser oder Wintschgauer Marmors einen leichten Stich ins gelbliche oder bläuliche haben. An Reinheit und Gleichmässigkeit des Kornes steht er den besten Sorten des karrarischen Marmors nicht nach, von welchen er sich durch ein etwas grösseres Korn unterscheidet.

Hinsichtlich der Korngrösse, welche 1 mm nicht erreicht, ist er dem griechischen Marmor am ähnlichsten. Die Krystalle des unteren pentelischen Marmors sind gewöhnlich 0,5—1 mm gross, und nur selten sind Krystalle von 2 mm Durchmesser darin zu finden. Auch die Krystalle des berühmten, im Altertum Lychnites-Lithos genannten **parischen Marmors** überstiegen selten eine Grösse von 3 mm. Alle übrigen Marmore von Paros und Naxos²⁾ sind grobkörniger und ähneln hierin dem Sterzinger Marmor.

1) J. Blaas: Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. Innsbruck 1902, S. 548.

2) J. Block: Über einige Reisen in Griechenland mit Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse sowie der Baumaterialien, insbesondere der Marmorarten Griechenlands im Vergleich mit denjenigen Deutschlands und einiger anderer Länder. Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde, Bonn 1902, S. 23 u. 28.

Die grosse Verbandsfestigkeit des bei der Bearbeitung ziemlich hart erscheinenden Laaser Marmors und die dadurch bedingte, grosse Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung, worin er sich dem griechischen Marmor nähert, ist schon durch den hellen Klang beim Anschlagen zu erkennen. Mitterwandl im Göflaner Tal liefert jetzt das vortrefflichste Material¹⁾, aus welchem auch das Moltke-Denkmal in Berlin errichtet wurde²⁾.

Aus Laaser Marmor hergestellte, alte Denkmäler nehmen zuweilen eine schöne Patina an³⁾, was auf einen Gehalt des Marmors an eisenhaltigem Dolomit zurückzuführen ist, der an manchen Stellen auftritt.

Der **pentelische Marmor** zeichnet sich gegenüber anderen griechischen Marmorarten gewöhnlich durch einen etwas höheren Gehalt an Eisenkies, zuweilen auch an Eisenglanz oder Magnet-eisen aus, welche sich im Laufe der Zeit in Eisenoxydhydrat verwandeln, wovon sich schon ganz kleine Mengen durch eine braunrote Farbe bemerkbar machen, die dem Parthenon und anderen aus pentelischem Marmor errichteten Bauten eine hübsche goldene Patina und nach der Ansicht einiger Autoren vielleicht auch eine natürliche Schutzdecke verleiht⁴⁾.

Die meistens feinkörnigen, eisenhaltigen Dolomite von Laas und Sterzing, welche den körnigen Kalken, aus denen sie oft Übergänge bilden, durchaus ähnlich sind, zeichnen sich

1) E. Weinschenk: Die Tiroler Marmorlager S. 134.

2) Aus Laaser Marmor, welcher billiger und ganz besonders weit widerstandsfähiger ist als der Carrara, wurden hergestellt: Die Statuen von Mozart, Grillparzer und Haydn in Wien, das Monument Walters von der Vogelweide in Bozen, das Andreas Hofer-Denkmal in Innsbruck, das Kaiserin Elisabeth-Denkmal in Salzburg und Meran, die Figuren am Parlamentsbrunnen in Wien, die Giebelfiguren der Walhalla bei Regensburg, sowie auch diejenigen der Münchener Basilica und der Glyptothek, das Denkmal des Grafen Eberhard im Barte im Stuttgarter Schlossgarten, das Denkmal Kaiser Wilhelms I. in Stettin, Teile des Kaiser und Kaiserin Friedrich-Denkmales vor dem Bandenburgertore in Berlin und des Kaiserin Augusta-Denkmales in Cöln, die Kolossalfiguren der Nischen des neuen Rathauses in Berlin, die Apostelfiguren an der Basilica in Trier, das Kriegerdenkmal zu Düsseldorf und Cassel, das Grabmonument Pius IX. bei San Lorenzo in Rom und auch am Hochaltar der Votivkirche in Wien, der Stephanskirche in Bremen und in der Heidelberger Pfarrkirche wurde er verwendet. Vergl. J. Blaas: Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. Innsbruck 1902, S. 511.

3) H. Schmid: Die modernen Marmore und Alabaster. Leipzig und Wien 1897, S. 56.

4) J. Block, l. c. S. 21, 22, 76. Vergl. F. Rinne, Z. f. prakt. Geologie, 1905, S. 196.

nicht durch die eigentümliche, zuckerförmige Struktur gewisser anderer alpiner und norwegischer Dolomitmarmore aus, die als ein Zeichen äusserst geringer Plastizität der Dolomite betrachtet wird¹⁾. Die Dolomite der Tiroler Marmorlager sind infolgedessen auch gegenüber den Atmosphärien sehr widerstandsfähig, aber wegen ihres Eisengehaltes nicht recht geschätzt.

Das beste Material von Laas und Mitterwandl ist vollständig frei von eisenhaltigem Dolomit und derartigen Beimengungen. Der Tarscher Marmor ist ziemlich dolomitreich, was auch bei dem hessischen Marmor von Auerbach und besonders bei dem schlesischen Marmor sowie bei manchen norwegischen Marmoren der Fall ist²⁾. Stellen, an welchen in Laas und Sterzing vollständig tadelloses Material gewonnen wird, sind ziemlich selten, infolge einer oft hervortretenden dünnplattigen Absonderung und wegen des Auftretens von grösseren Mengen schädlicher akzessorischer Mineralien, wie Quarz und Glimmer³⁾.

Im Laaser Gebiet und namentlich bei Tarsch, wo sich das Marmorlager an den pegmatitartigen Granit des Martelltals anschliesst, gehen die Marmore zuweilen in Cipoline⁴⁾ und andere an Silikaten reichere Varietäten über. Durch graphitähnliche, staubförmig verteilte Substanzen sind ebenso wie beim gewöhnlichen karrarischen Marmor sehr oft Farbenzeichnungen hervorgebracht, welche bei Statuen unangenehm wirken, die aber beim besten Laaser Marmor fast vollständig verschwinden⁵⁾.

Beim Zerschlagen des grobkörnigen Sterzinger und einiger Varietäten des Tarscher Marmors macht sich ebenso wie bei vielen anderen Marmoren ein bituminöser Geruch bemerkbar, der aber bei dem viel feinkörnigeren Laaser Marmor nur in sehr geringem Grade und beim unteren und oberen Marmor vom Pentelikon⁶⁾ niemals hervortritt.

Sowohl in den grobkörnigen Sterzinger als auch in den Laaser Marmorlagern findet sich an der Grenze der Schiefer zuweilen als makroskopisch völlig dichte, weisse Marmorpartie mit muschligem Bruch und von wachsartigem Aussehen, der sogenannte „**Elfenbeinmarmor**“. Auch am Mitterwandl kommen ganz dichte, ziemlich durchscheinende, weisse bis gelbliche

1) E. Weinschenk: Über die Plastizität der Gesteine. Centralbl. f. Min., Geologie u. Palaeontologie 1902, S. 166, 167.

2) J. Block: l. c. S. 49, 50, 58.

3) E. Weinschenk, l. c. S. 134.

4) J. Block, l. c. S. 25, 26.

5) E. Weinschenk, l. c. S. 135.

6) J. Block, l. c. S. 24.

Varietäten mit muschlig-splittrigem Bruch und wachsartigem Aussehen vor, die von der Grenze der Silikatgesteine als schmale Bänder sehr bald wieder in das normalkörnige Gestein verlaufen. Bei der mikroskopischen Untersuchung erscheint die Hauptmasse dieses wachsartig aussehenden Marmors so feinkörnig, dass die einzelnen Kalkspatkörner kaum unterschieden werden können, und dazwischen erkennt man faserige und verunstaltete, grosse Körner mit gewundenen Zwillinglamellen¹⁾.

Es wird als sicher angenommen, dass es sich hier um eine mechanische Umformung handelt, welche als sekundärer Druckprozess den schon krystallinischen Kalk betroffen und ihn besonders durch eine Aneinanderpressung an härtere Gesteine in den klastischen Zustand zurückgeführt hat.

Die dichten und krystallinischen Kalksteine²⁾ besitzen einen sehr hohen, die Dolomite einen sehr geringen Grad von Plastizität. Der sehr plastische Kalkspat unterliegt bei der Überschreitung der Elastizitätsgrenze dennoch schliesslich der Zertrümmerung. Die mechanische Umformung der Gesteine ohne gleichzeitig vor sich gehende chemisch wirksame Prozesse hat nämlich keine krystallinische Entwicklung der Gesteine sondern eine Zerstörung zur Folge.

In Süd-Tirol kommen noch dichte Marmorarten bei Lavarone, Rovereto, Mori, Trient und Arco in der Juraformation vor³⁾, die aber nicht als eigentliche Marmore zu betrachten sind.

Ausser den Marmorarten von Laas und Sterzing legte ich von meiner Reise nach Predazzo, wo ich am 6. Oktober 1905 auf der Rückreise vom Gardasee eintraf, eine grosse Anzahl Eruptivgesteine, Kontaktmineralien, Predazzitmarmore und viele Erze vor, von denen ich einen Teil der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Borchers von der Bedovina bei Predazzo verdanke.

Im Anschluss an den Vortrag erregte auch ein im Hôtel Nave d'Oro in Predazzo von mir erworbenes Bild grosses Interesse, auf welchem sich umgeben von A. v. Humboldt, von Marzari Pencati und anderen berühmten Gelehrten älterer und neuerer Zeit F. von Richthofen befindet, dessen Name auch mit Predazzo und Süd-Tirol für immer ruhmvoll verknüpft bleiben wird.

1) E. Weinschenk, l. c. S. 142.

2) E. Weinschenk: Über die Plastizität der Gesteine S. 162.

3) H. Schmid, l. c. S. 58, 59.
