

**Mitteilungen der Kommission zur naturwissenschaftlichen Durch-  
forschung Mährens.**

**Mineralogisch-montanistische Abteilung, Nr. 2.**

Separatabdruck aus der Zeitschrift des mähr. Landesmuseums, VI. Band, 2. Heft.

---

**Die paragenetischen Verhältnisse der Minerale  
im Amphibolitgebiet von Zöptau.**

Von Professor Vinzenz Neuwirth in Olmütz.

Mit Unterstützung der Kommission zur naturwissenschaftlichen Durchforschung Mährens gelang es mir, meine Forschungen über die paragenetischen Verhältnisse der Minerale im Amphibolitgebiet von Zöptau im Sommer des Jahres 1904 zu Ende zu führen. In der vorliegenden Abhandlung will ich nun die Ergebnisse dieser Forschungen zusammenfassen, zugleich aber auch versuchen, mit Benützung der einschlägigen Literatur<sup>1)</sup> ein Bild über das Vorkommen, die Bildung und Umbildung der Minerale in der Umgebung von Zöptau zu liefern, welches der Wirklichkeit möglichst nahe kommt.

**Geologische und petrographische Verhältnisse  
des Amphibolitgebietes von Zöptau.**

Die Biotitgneise der archaischen Schichten des Hohen Gesenkes werden in der Umgebung von Zöptau größtenteils durch

---

<sup>1)</sup> Bischof, Chemische und physikalische Geologie, 2. Aufl., I.—III. Bd., Bonn, 1863—1866. — Roth, Allg. u. chem. Geologie, 1879, I. und II. Bd. — Credner, Geologie, 3. Aufl., 1876, 185—207. — Leunis-Senft, Synopsis des Mineralreiches. — Blum, Pseudomorphosen des Mineralreiches, 1843, und Nachträge: 1847, 1852, 1863 und 1879. — Richthofen, Über Bildung und Umbildung einiger Mineralien in Südtirol. (Sitzungsberichte d. kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien, 27. Bd., II. Heft, Jahrgang 1857, Dezember, 293—374.) — Kretschmer, Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung. (Tschermak, Mineral. und petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895.)

männigfach zusammengesetzte Amphibolite (Hornblendeschiefer, Hornblendegneis, Strahlsteinschiefer) ersetzt, welche mit anderen kristallinen Schiefen (Gneis, Glimmerschiefer, Chlorit- und Talkschiefer) wechsellagern.<sup>1)</sup> Die Verbreitung der Amphibolite in der Umgebung von Zöptau ist eine so beträchtliche, daß man mit vollem Rechte von einem Amphibolitgebiete von Zöptau sprechen kann. Die Grenzen des Gebietes wurden schon von H. Heinrich<sup>2)</sup> ganz richtig angegeben: „Man denke sich eine Linie von dem Hüttelberge im Norden gegen Süden über die Schieferheide, das Dorf Kleppel und Rudelsdorf gezogen, verlängere dieselbe gegen Westen bis Petersdorf an das linke Tessufer, schließe Marschendorf und Siebenhöfen bei Wermsdorf mit ein und man hat das Gebiet, in welchem die Amphibolite vorherrschen, genau begrenzt.“

Das Amphibolitgebiet von Zöptau beginnt also in der Nähe der Quellen des Mertabaches und erstreckt sich längs der beiden Ufer desselben zwischen dem Ameisenhübel und der Schieferheide und weiter über Zöptau und Petersdorf bis an das linke Ufer der Tess. In demselben befinden sich die Hüttelkoppe und der Hüttelberg (Hüttellehne) mit ihren Ausläufern zwischen Wermsdorf, Siebenhöfen und Schwagersdorf, das westliche Berggehänge zwischen Wermsdorf und Siebenhöfen (Kupferberg, Erzberg und Radersberg), die Hügel zwischen der Tess und Merta bei Marschendorf, Stettenhof und Petersdorf (Mattenberg, Butterhübel, Fellberg, Weißenstein, Schwarzer Stein), sämtlich am rechten Ufer der Merta; ferner die nordwestlichen Abhänge der Schieferheide samt ihren Vorbergen, der Dürre Berg, der Freiheitsberg, der Rabenberg, die Viehbichkuppe, der Storchberg, der Jackwirtsberg, die Traußnitzhöhe und der Raubbeerstein, sämtlich am linken Ufer der Merta.

Die Amphibolitschichten des Gebietes, welche vielfache Einlagerungen von Gneisen (Biotit- und Muskovitgneis), Glimmerschiefer, Chloritschiefer und Talkschiefer enthalten, streichen

<sup>1)</sup> F. Becke, Vorläufiger Bericht über den geologischen Bau und die krystallinen Schiefer des Hohen Gesenkes. (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, 1892.)

<sup>2)</sup> Beiträge zur Kenntnis des mähr. Gesenkes. (Jahrbuch d. geolog. Reichsanstalt in Wien, 5. Jahrgang, 1854.)

von SW. nach NO., also in derselben Richtung wie die kristallinen Schiefer des Hochgesenkes überhaupt; ihre Lagerungsverhältnisse werden jedoch durch das Auftreten von kristallinen Massengesteinen (Granitdurchbruch am Erzberg, pegmatitische Ganggranite) in durchgreifender Lagerung vielfach gestört. Sie grenzen gegen NW. an den feldspatreichen Schiefergneis des Ameisenhübels und ruhen gegen SO. teils auf Biotitgneis, teils auf Chloritgneis auf (Kriechlehne, Hackschüssel, Schneckengraben). Diesen letzteren ist in südöstlicher Richtung das Unterdevon der Schieferheide angelagert, welches hier durch Quarzite (Backofenstein, Hörndstein, Verlorene Steine) und durch teils graphitische, teils chloritische Phyllite vertreten ist und dessen Gesteinschichten demselben Streichen folgen wie die kristallinen Schiefer der archaischen Schichten des Hochgesenkes.

Die Amphibolite unseres Gebietes enthalten als Hauptgemengbestandteil schwärzlichgrüne oder lauchgrüne Hornblende (Amphibol) in körnigen oder stengeligen bis faserigen Individuen, welche oft in so großer Menge darin auftreten, daß das ganze Gestein aus ihnen allein zu bestehen scheint; außerdem enthalten sie noch Feldspat (Orthoklas und Albit) in wechselnden Mengen und wenig Quarz. Als Akzessorien treten darin vorzugsweise Epidot (Pistazit), Kalzit, Magnetit, Ilmenit, Titanit und Pyrit auf. Häufig zeigen die Hornblendeindividuen in den Amphiboliten eine mehr weniger parallele Anordnung, wodurch das Gestein eine schieferige Struktur annimmt und sich bankförmig absondert (Hornblende- oder Amphibolschiefer). Stellenweise enthalten die Amphibolite größere Mengen von Feldspat (Feldspat-amphibolite), nehmen dann eine körnige Struktur und ein geflecktes Aussehen an und zeigen eine mehr blockförmige Absonderung. Diese Amphibolite wurden früher für Diorite gehalten, welchen sie in der Tat sehr ähnlich sehen; doch kommen echte Diorite in unserem Gebiete nirgends vor. Enthalten die Amphibolschiefer sehr viel akzessorischen Epidot, so nennt man sie Epidot-amphibolschiefer. Wenn die Amphibolschiefer größere Mengen von Quarz und Biotit enthalten, so gehen sie in Amphibolgneis über, welcher in unserem Gebiete mit den Amphibolschiefern wechsellagert (Fellberg, Hofberg). Die Hornblendeschiefer gehen zuweilen auch in Aktinolithschiefer über, welche in der Regel ein dickfaseriges Aggregat von lauchgrünem Aktinolith (Strahlstein)

in dünnstengeligen oder faserigen Individuen darstellen und als Akzessorien hauptsächlich Asbest, Chlorit, Pyrit, Magnetit, Ilmenit, Quarz und Talk führen.

Unter den mit den Amphiboliten wechsellagernden kristallinen Schieferen unseres Gebietes spielt der Glimmerschiefer nur eine untergeordnete Rolle (Kupferberg, Rauhbeerstein, Weissenstein); er enthält vorzugsweise Granat, Staurolith, zuweilen auch Fuchsit und Cyanit als Akzessorien. Häufiger als Glimmerschiefer tritt Gneis, entweder als Biotit- oder als Muskovitgneis, auf (Seifen, Dürrer Berg usw.). Hingegen ist der Chloritschiefer sehr verbreitet und in der Regel mit Talkschiefer (Topfstein) assoziiert (Storchberg, Kupferberg, Hüttellehne); er besteht aus lauchgrünem Chlorit (nach Tschermak Klinochlor), enthält außerdem etwas Quarz und Feldspat und führt als Akzessorien hauptsächlich Strahlstein, Talk, Magnetit, Ilmenit, Apatit und Pyrit. Enthält er größere Mengen von Quarz und Feldspat, so geht er in Chloritgneis über (Schwarzgraben, Hackschüssel, Kriechlehne, Schneckengraben). Er besitzt eine deutliche schieferige Struktur und enthält als Akzessorien Magnetit, Pyrit und Ilmenit. Häufig enthält er magnetitführenden Chloritschiefer eingelagert und geht stellenweise auch in Biotitgneis über. Der Talkschiefer enthält Talk und Quarz als Hauptgemengbestandteile und führt hauptsächlich Chlorit, Bitterspat, Kalzit, Aktinolith, Magnetit, Asbest, Titaneisen und Apatit als Akzessorien. Er zeigt eine ausgesprochen schieferige Struktur und steht stets mit Chlorit- und Hornblendeschiefer im Verbande. Ein chlorithaltiger Talkschiefer mit weniger ausgesprochener schieferiger Struktur wird Topfstein genannt (Storchberg, Hüttellehne). Dieser ist also eine zwischen Talkschiefer und Chloritschiefer stehende Gesteinsart.

Was den Granit des Erzberges (Granitdurchbruch) anlangt, so ist dieser ein rötlichweißer glimmerarmer Granit; er wird in dieser Gegend als Baustein und als Straßenschotter verwendet. Die Ganggranite unseres Gebietes, welche in durchgreifender Lagerung die kristallinen Schiefer durchsetzen, sind pegmatitisch, zeigen oft schriftgranitartige Struktur und führen Beryll, Granat, Turmalin als Akzessorien. Der pegmatitische Granit des Schinderhübels bei Marschendorf führt neben Beryllen auch Chrysoberyll, der Ganggranit des Radersberges neben Granat auch Magnetit. Stellenweise gehen die Ganggranite in Granitgneise über.

## Geschichtliches.

Das bekannte Chrysoberyllvorkommen vom Schinderhübel bei Marschendorf wurde bereits im Jahre 1819 von Boleslavsky entdeckt. Nach den seinerzeitigen Mitteilungen Gerhard v. Raths soll dies das einzige Vorkommen dieses seltenen Mineralen in Europa sein. Die ersten Mitteilungen über dasselbe verdanken wir Hruschka (1824), weitere Mitteilungen stammen von Kolenati (1854), Melion (1855), Viktor v. Zepharovich (1859) und Franz Slavik (1902).

Die ersten Mitteilungen über den Topfsteinbruch am Storchberg bei Zöptau brachte v. Glocker,<sup>1)</sup> welcher bereits auch mehrere der dort vorkommenden Minerale wie Aktinolith, Talk, Amiant und Pyrit erwähnt. In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts beschrieben Kolenati<sup>2)</sup> und Melion<sup>3)</sup> die bis dahin bekannten Minerale der Zöptauer Gegend. Doch ist Kolenati eine nicht immer zuverlässige Quelle; denn viele der von ihm angeführten Minerale mußten, da sie durch spätere Forscher keinerlei Bestätigung fanden, aus der Liste der mährischen Minerale gestrichen werden. Dies gilt in erster Linie für das Vorkommen von Tantalit und Fergusonit, welche Kolenati für die Umgebung von Wiesenberg und Marschendorf anführte. Was das Tantalitvorkommen anlangt, so gelang es dem Autor, die Identität desselben mit Magnetit nachzuweisen.<sup>4)</sup> Doch führt Kolenati ganz richtig bereits den Epidot vom Butterhübel bei Marschendorf, den Staurolith vom Rauhbeerstein, den Granat von Marschendorf und Kupferberg bei Wermsdorf, den Albit von Marschendorf und Wermsdorf, den Prehnit und Epidot in den Adern von Amphibolit bei Marschendorf an. Melion führt außerdem noch das Vorkommen von blaßrotem Orthoklas (Adular) in Drusen auf Aktinolith bei Marschendorf und ferner den in Begleitung des Chrysoberylls am Schinderhübel auftretenden Beryll an.

1) Jahrbuch d. geolog. Reichsanstalt in Wien, 1832, 3, 130.

2) Mineralien Mährens und Öst.-Schlesiens, Brünn, 1854.

3) Über die Mineralien Mährens und Öst.-Schlesiens. (Mitt. der k. k. mähr.-schles. Gesellschaft für Ackerbau, Landes- und Naturkunde in Brünn, 1855.)

4) Autor, Über die Identität von Kolenatis „Tantalit“ mit dem Magnetit im Granit von Wiesenberg. (Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., 21. Bd., 1902, 353.)

Einige recht interessante Mineralfunde machte in den fünfziger und sechziger Jahren Websky: er entdeckte den Chabasit und Heulandit, welche nesterweise im Amphibolgneis zwischen Niederzöptau und Marschendorf vorkommen, fand in einem Hohlwege am Jackwirtsberge Epidot mit Sphen, ferner Epidot, Sphen und Albit in Begleitung von in ihrer Entwicklung gestörten Bergkristallen in den Klüften des Amphibolschiefers auf dem Pfarrerbgut und Erbrichtergut bei Zöptau. Was die schönen Epidotkristalle vom Pfarrerbgut anlangt, so wurden dieselben anlässlich einer Wegumlegung im Jahre 1864 aufgeschlossen. Die von Websky an Ort und Stelle aufgesammelten Mineralien wurden von demselben nach Breslau gebracht, wo sie noch heutzutage im dortigen Museum in wohletikettierten Exemplaren zu sehen sind. Die von Websky an v. Zepharovich gemachten Mitteilungen über diese Mineralien wurden vom letzteren in das „Mineralogische Lexikon“ aufgenommen. Nachdem V. v. Zepharovich die Epidote und Reuß die Albite gemessen hatten, schrieb ersterer auf Grund der Mitteilungen von Websky und Fr. Klein eine interessante Abhandlung über die Zöptauer Epidote und die mit denselben assoziierten Minerale,<sup>1)</sup> in welcher er das Vorkommen von Pfarrerbgut mit der Fundortangabe „Storchenberg“ und jenes vom Erbrichtergut mit „Rauberstein“ bezeichnete.

Das bereits von Kolenati erwähnte Staurolithvorkommen mit Cyanit, Granat und Fuchsit vom Rauhbeerstein bei Petersdorf und Zöptau wurde im Jahre 1864 von Oborny<sup>2)</sup> bestätigt, desgleichen das von Melion angeführte von Orthoklas auf Aktinolith bei Marschendorf. Außerdem berichtete Oborny noch über ein Vorkommen von Rutil in Quarzit am Weißenstein, von Ilmenit und Sphen bei Petersdorf, über Prehnit und zitronengelben Sphen, welche die Epidote vom Pfarrerbgut zuweilen begleiten, ferner über die durchscheinenden gelbgrünen Apatitkristalle im Talkschiefer, über Magnetit und Pyrit im Asbest und im Chloritschiefer (letzterer auch im Hornblendeschiefer) und über den Bitterspat, sämtlich im Topfstein-

---

<sup>1)</sup> Epidot von Zöptau in Mähren. (Sitzungsber. d. böhm. Gesellsch. d. Wiss. in Prag, 1865, 2, 5.)

<sup>2)</sup> Verh. d. naturforschenden Vereines in Brünn, II. u. III. Bd., 1864 u. 1865.

brüche bei Zöptau. Im Jahre 1874 beschrieb Daubrawa<sup>1)</sup> eigentümliche Durchkreuzungszwillinge, welche er an den Zöptauer Albiten beobachtet hatte. Bald darauf konstatierte Fr. Freyn<sup>2)</sup> neue Apatitkristalle im Chloritschiefer und Talk, ferner Pseudomorphosen von Titanisen nach Titanit im Topfsteinbruch am Storchberg bei Zöptau.

Im Jahre 1880 fand der Steinbrecher J. Nitsch aus Kleppel in der „Hackschüssel“ bei Wermsdorf zufällig zwölf schöne flächenreiche Bergkristalle, welche unter einem gewaltigen Steinblock in einer schüsselartigen Vertiefung im Waldhumus eingebettet waren. Diese Bergkristalle gingen in den Besitz von Wiehera in Mähr.-Schönberg über, welcher sie dem berühmten Mineralogen G. vom Rath zur Beschreibung überließ. Letzterer konstatierte an diesen Kristallen viele neue Partialformen und eine bemerkenswerte Struktur und schrieb über dieselbe eine geradezu klassische Abhandlung unter dem Titel „Die Quarze von Zöptau“, in welcher er den „Spitzberg“ bei Zöptau als Fundort angab.<sup>3)</sup> Es dürfte auch von Interesse sein, anzuführen, daß G. v. Rath das Zöptauer Gebiet um das Jahr 1880 selbst besuchte und sich hierbei der Führung Kretschmers anvertraute. Letzterem verdankt auch das naturhistorische Museum in Bonn ausgezeichnete Stufen aus dieser Gegend. G. vom Rath lernte bei dieser Gelegenheit alle damals bekannten Mineralfundstätten in der Umgebung von Zöptau kennen und schrieb im Jahre 1881 über die dortigen Mineralvorkommen eine eigene Abhandlung „Die Mineralien von Zöptau“,<sup>4)</sup> in welcher er die ihm an Ort und Stelle von Kretschmer gegebenen Mitteilungen entsprechend verwertete. In dieser Abhandlung beschreibt er außer den Epidotvorkommen und dem Chrysoberyllfundort bei Marschendorf noch den Prehnit und Thuringit vom Schwarzgraben, mit der Fundortangabe „Spitzberg“, ferner die Titanite aus dem Grasgrunde und endlich die Apatite aus dem Talk- und Chloritschiefer im Topfsteinbruch bei Zöptau.

Auch Fr. Becke besuchte im Jahre 1890 das Gebiet und

---

1) Zeitschrift f. d. gesamten Naturwissenschaften, 1874, 9, 37.

2) Verh. d. naturforschenden Vereines in Brünn, 1877, 262.

3) Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellschaft, Bonn, 1880, 37. Bd., 54. -- Groths Zeitschrift, 1881, 5. Bd., 1.

4) a. a. O.

fand mattweiße Perikline<sup>1)</sup> am Südabhange des Erzberges bei Wermsdorf, Chabasitkristalle in Drusenräumen eines Gneises im oberen Grundbachgraben bei Wermsdorf,<sup>2)</sup> Anatas in sehr kleinen honiggelben Kristallen auf nordwestlich streichenden saigeren Chloritgneisschichten am Schlüsselkamm, nordwestlich vom Franzensjagdhaus;<sup>3)</sup> er beschrieb überdies noch dicktafelige violette Kristalle von Apatit vom Viehbich<sup>4)</sup> bei Zöptau und endlich die auf dem Pfarrergut, Erbrichtergut und auf dem Viehbich vorkommenden Titanite, welche ihm Ferdinand Langer in Goldenstein zur Verfügung gestellt hatte.<sup>5)</sup>

Zu Beginn der neunziger Jahre unternahm Fr. Kretschmer an mehreren Zöptauer Mineralfundstätten Schürfungen, welche von Erfolg begleitet waren: Auf dem Pfarrergut gelang es ihm nämlich, einige neue epidot- und albitführende Klüfte aufzuschließen, welche ihm eine reiche Ausbeute der schönsten Kristalle lieferten. Ebenso erfolgreich waren seine Schürfungen auf dem Viehbich, wo er in einer Kluft eines feldspatreichen Hornblende-schiefers sehr schöne Epidotkristalle fand, welche mit Albit und Sphen assoziiert waren. Auch auf dem bekannten Chrysoberyllfundorte gelang es ihm, sehr schöne Chrysoberyll zutage zu fördern. Nicht weniger Glück hatte er bei seinen Schürfungen im Schwarzgraben und in der „Hackschüssel“ bei Wermsdorf, indem er dort eine reiche Ausbeute von Prehnit- und Bergkristallen machte. Außerdem entdeckte er bei seinen Schürfungen auf dem Pfarrergute in den prehnitführenden Epidotklüften farblose oder amethystviolette Apatite, welche dort in Gruppen auf Epidot oder auf Prehnit aufgewachsen waren. Diese Apatite hat H. Graber gemessen und beschrieben.<sup>6)</sup> Zur selben Zeit entdeckte Kretschmer in dem verlassenen Steinbruche am sogenannten Kirchsteige, nördlich von Zöptau, im Hornblende-gneis eingelagerte Nester und Trümer von Pyroxen mit Quarz, in deren Hohlräumen sich lauchgrüne Diopsidkristalle vorfanden,

1) V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 3. Bd., 246.

2) a. a. O. pag. 66.

3) V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 3. Bd., p. 9.

4) a. a. O. pag. 19.

5) „Titanite von Zöptau“. (Tscherma's Mineral. und petrogr. Mitt., 12. Bd., 1891, 169.)

6) Tscherma's Mineralog. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 269.

welche gleichfalls von H. Graber gemessen und beschrieben wurden.<sup>1)</sup> Was Kretschmers Funde in der „Hackschüssel“ anlangt, so ist darüber noch zu berichten, daß es ihm auch gelang, jene Kluft im Chloritgneis aufzufinden, aus welcher die im Jahre 1880 von dem Steinbrecher Nitsch gefundenen Bergkristalle stammen. Der zutage streichende Ausbiß dieser Kluft befand sich eben gerade unter dem großen Steinblock, unter welchem Nitsch die Bergkristalle im Waldhumus eingebettet gefunden hatte. Kretschmer fand darin zehn große flächenreiche Kristalle, ferner vierzig mittelgroße und eine Anzahl schöner Drusen. Sowohl die Kristalle als auch die Drusen waren in der Erde eingebettet, welche den Kluftraum ausfüllte. Außerdem waren die Klufflächen des Gesteines mit zahllosen zumeist kleinen Bergkristallen, Albit- und Chloritkriställchen bedeckt. Der Chloritgneis selbst enthielt Lager von magnetitführenden Chloritschiefer und Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit. In dem nahen Schwarzgraben, knapp an dem Bache gelang es Kretschmer einige Klüfte im Amphibolschiefer aufzuschließen, in welchen auf durch Chlorit grüngefärbten Bergkristallen die von G. v. Rath zuerst beschriebenen Prehnite, von Thuringit begleitet, aufgewachsen waren. Alle diese interessanten Mineralfunde veröffentlichte Kretschmer in einer durch genaue Topographie bemerkenswerten Abhandlung: „Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung.“<sup>2)</sup> In derselben Abhandlung (pag. 183) beschreibt er auch das bekannte Chrysoberyllvorkommen von Marschendorf, über welches in der neuesten Zeit (1902) auch Fr. Slavik eine Abhandlung in czechischer Sprache veröffentlicht hat.

Auch der Autor machte in der Umgebung von Zöptau mehrere interessante Mineralfunde: Apophyllit und Heulandit von Siebenhöfen, Titanit assoziiert mit Bergkristall, Apatit, Amiant und Talk in den Klüften von Aktinolithschiefer im Topfsteinbruche an der Hüttellehne, Magnetit im Ganggranit vom Radersberg bei Wiesenberg, Adular und Epidot auf Amphibolit vom Schinderhübel bei Marschendorf, Adular mit Albitansätzen und Epidot vom Mattenberg, Epidot im Quarz vom Erbrihtergut bei Wermsdorf, Klinochlorkristalle im Chlorit-

<sup>1)</sup> a. a. O. 265.

<sup>2)</sup> Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 157.

schiefer des Topfsteinbruches am Storehberg bei Zöptau, Granat (Hessonit) vom Hofberg bei Wermsdorf u. a. Er hat ferner die Identität des Magnetits im Granit vom Radersberg bei Wiesenberg mit Kolenatis „Tantalit“ nachgewiesen.<sup>1)</sup> Er veröffentlichte endlich in der Zeitschrift des mährischen Landesmuseums zusammenfassende Abhandlungen über den Zöptauer Epidot und Albit und mit Unterstützung der Kommission zur wissenschaftlichen Durchforschung Mährens, zu deren Mitarbeiter er kooptiert wurde, eine Arbeit über die Zöptauer Zeolithe, in welcher er die Zeolithe auf den Klüften des Hornblendegneises im Steinbruche am Fellberg bei Stettenhof: Chabasit, Desmin und Heulandit eingehend beschreibt. Was die letzteren anlangt, so hat nachträglich auch Kretschmer eine Abhandlung über denselben Gegenstand im „Zentralblatt für Mineralogie usw.“ veröffentlicht, in welcher er außer den drei genannten Zeolithen noch einen vierten, nämlich Thomsonit konstatiert. Zum Schlusse wäre noch zu bemerken, daß H. Laus in den letzten fünf Jahren sowohl durch Publikationen als auch durch Aufsammlung von Gesteinen und Mineralen für öffentliche Sammlungen sich um die Verbreitung der Kenntnisse über die Mineralvorkommen von Zöptau und Umgebung verdient gemacht hat.

Gegenwärtig kann der Mineralreichtum der Zöptauer Gegend bis auf weiteres, insbesondere was die bisher bekannten Mineralfundstätten anlangt, als erschöpft betrachtet werden. Es ist jedoch mit Bestimmtheit zu erwarten, daß bei Neuanlagen von Steinbrüchen und bei Weg- und Straßenumlegungen neue mineralführende Klüfte zum Aufschluß gelangen werden.

## Die im Amphibolitgebiete von Zöptau vorkommenden Mineralassoziationen.<sup>2)</sup>

### A. Im Granit.

1. Im pegmatitischen Granit, welcher gangförmig den Amphibolgneis des Schinderhübels bei Marschendorf durchsetzt und

---

<sup>1)</sup> Über die Identität von Kolenatis Tantalit mit dem Magnetit im Granit von „Wiesenberg“. (Tschermaks Mineralog. u. petrogr. Mitt., 21. Bd., 1902, 353).

<sup>2)</sup> In dieser Zusammenstellung werden nur die sicher nachgewiesenen

aus weißem bis schmutziggelbem Orthoklas, farblosem oder grauem Quarz und weißem bis grünlichem Muskovit besteht, kommt in den fibrolitischen Partien desselben Chrysoberyll in dünnen Täfelchen, seltener in säulenförmigen Kristallen eingewachsen vor und wird von kleinen Granaten (Almandin), grünlichweißen bis berggrünen Beryllen, welche gleichfalls eingewachsen sind, begleitet. Die dunkelblauen Spinelle, welche gleichfalls als Begleiter der Chrysoberyll angegeben wurden, werden gegenwärtig nicht mehr gefunden.

2. In dem grobkörnigen pegmatitischen Granit des Bienergrabens kommen glasglänzende, seladongrüne, mehr weniger durchsichtige Beryllkristalle ohne Chrysoberyll eingewachsen vor.

3. Ein zweiter Fundort für im pegmatitischen Granit eingewachsene Beryllkristalle ist der Scheibengraben zwischen Marschendorf und Wermsdorf. Die Beryllkristalle sind hier ebenfalls seladongrün, durchsichtig bis undurchsichtig und mit schwarzem Turmalin (Schörl) und hyazinthroten Granatkriställchen assoziiert.

4. Im Ganggranit vom Radersberg bei Wiesenberg kommen als Akzessorien außer kleinen hyazinthroten Granaten derbe Massen und Kristalle von Magnetit vor.<sup>1)</sup>

## B. Im Glimmerschiefer.

5. Am Rauhbeerstein kommen in einem feinschuppigen Glimmerschiefer eingewachsen Staurolith und dunkelrote bis schwarze Granatkristalle vor.

6. An demselben Orte ist Fuchsit dem Glimmerschiefer eingelagert und enthält nebst Staurolith und Granat Cyanit eingewachsen.

7. Auf dem gegen Petersdorf gerichteten Abhange des Rauhbeersteines findet man im Glimmerschiefer kirschrote Granaten eingewachsen.

8. Desgleichen am Kupferberg bei Wermsdorf.

---

Mineralvorkommen berücksichtigt. Die auf dieselben bezüglichen Publikationen erscheinen am Schlusse dieses Kapitels in derselben Reihenfolge angeführt.

<sup>1)</sup> Nach Oborny (Verh. d. naturforsch. Vereines in Brünn, 1865, 3. Bd., 33) sind sämtliche Ganggranite in der Umgebung von Marschendorf und Wiesenberg beryllführend.

9. Am Weißenstein kommen im Glimmerschiefer eingewachsene bis haselnußgroße undurchsichtige, rotbraune Granatkrystalle vor.

### C. Im Hornblendegneis.

10. Im Hornblendegneis des Fellberges, welcher Pyrit, Kalzit, Epidot und Sphen als Akzessorien führt, kommen auf Klufflächen assoziiert Chabasit, Desmin, Heulandit, Thomsonit und Epidot vor.

11. Im Hornblendegneis des Hofberges bei Wermsdorf ist Granatfels eingelagert, in welchem eisenroter Granat mit weißem Quarz, weißem Orthoklas und dunkellauchgrüner Hornblende assoziiert ist. In den Hohlräumen desselben befinden sich Granatkrystalle, Epidotnadeln und Asbest.

12. In dem verlassenen Steinbruche am sogenannten Kirchwege zwischen Zöptau und Petersdorf findet man im Hornblendegneis Nester und Trümer von Pyroxenfels, in dessen Hohlräumen Drusen und Gruppen von Diopsidkrystallen vorkommen.

### D. Im Amphibolschiefer.

13. In den Klufträumen des Amphibolschiefers, welcher Titan-eisen, Pyrit, Epidot und oft auch Magnetit als Akzessorien enthält, findet man auf dem Pfarrerbgut bei Zöptau in braunem Letten eingebettet oder auf den Klufflächen aufgewachsen Epidot auf Prehnit assoziiert mit wachsgelbem Sphen, farblosem oder amethystblauem Apatit und Quarzkrystallen. In anderen Klüften fehlt der Prehnit und ist der Epidot mit Albit, Sphen, Ilmenit, Asbest und Adular assoziiert.

14. Auf dem Erbrichtergut bei Zöptau in mit braunem Letten erfüllten Klüften des Hornblendeschiefers, und zwar auf den Klufflächen aufgewachsen, kommen tafelförmige schwärzlichgrüne Epidotkrystalle mit Albit, Sphen und Quarz assoziiert vor.

15. Ein weiteres Vorkommen von Epidot und Albit assoziiert mit Adular, Sphen und Amiant in der Umgebung von Zöptau ist jenes vom Ried Viehbich, südöstlich von der Zöptauer Kirche. Diese Assoziation kommt dort gleichfalls auf einer ursprünglich leeren, später mit Verwitterungsprodukten ausgefüllten Gangspalte im Hornblendeschiefer vor.

16. Weiters kommt Epidot in den Klufträumen des Amphibolits auf dem Butterhübel bei Marschendorf in Begleitung von Quarz, Albit und Orthoklas vor.

17. Ebenso am Mattenberg bei Marschendorf in Begleitung von Adular mit Albitansätzen.

18. Auch auf dem Erbrichtergut bei Wermsdorf kommt Epidot in den Klüften des Amphibolschiefers derb oder in Kristallen entweder auf den Klufflächen aufgewachsen oder in Quarzadern eingewachsen vor.

19. Auf dem Hornblendeschiefer der Sylvanizeche bei Siebenhöfen unweit von Wermsdorf, welcher Epidot, Magnetit, Pyrit und Kalzit als Akzessorien führt, fand ich im Jahre 1899 rosenrote Apophyllit- und grünlichweiße Heulanditkristalle aufgewachsen.

20. Auf den Klüften des Amphibolschiefers im Schwarzgraben bei Wermsdorf kommt Prehnit auf durch Chlorit grüngefärbten Bergkristallen mit Thuringit assoziiert vor. All dort auch scheibenförmige Prehnitrinden, perim. nach Kalzittafeln gebildet, auf deren frühere Anwesenheit Einschnitte und Gegenwachsungsflächen im begleitenden Thuringit hinweisen.

### E. Im Aktinolithschiefer.

21. Als Akzessorien: Chlorit, Titaneisen und Pyrit (Schlafwinkel). In den Klüften des Aktinolithschiefers im Topfsteinbruch an der Hüttellehne bei Wermsdorf: durch Amiant grüngefärbte Bergkristalle assoziiert mit Amiant, Apatit, Sphen und Talk.

### F. Im Chloritschiefer.

22. Als Akzessorien: Magnetit, Aktinolith, Asbest, Apatit (Spargelstein), Pyrit, Titaneisen, Talk. In den Klüften des Chloritschiefers im Topfsteinbruch am Storchberg bei Zöptau: Klinochlorkristalle.

### G. Im Talkschiefer und Topfstein.

23. Akzessorien: Pyrit, Apatit, Ilmenit (Pseudomorphosen nach Sphen), Magnetit, Strahlstein, Asbest. Als Gangminerale treten in den Klüften des Topfsteines der Topfsteinbrüche bei Zöptau Chlorit, Talk und Bitterspat auf.

## H. Im Chloritgneis.

24. Akzessorien: Pyrit, Limonit (Pseudomorphosen nach Pyrit). Auf den Klüften des Chloritgneises der „Hackschüssel“ (Grasgrund): Bergkristalle, Albit, Spnen, Chlorit, Pyrit, Limonit.

Auf die soeben angeführten Mineralvorkommen beziehen sich folgende

### Literaturangaben:

1. Hruschka, Vorkommen und Kristallisation einiger mähr. Fossilien. I. Chrysoberyll. (Mitt. d. k. k. mähr.-schles. Gesellsch. z. Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Brünn, 1824, Nr. 52, p. 413—415.)

Kretschmer, Chrysoberyll von Marschendorf. (Tschermaks Mineral. und petrogr. Mitt., N. F., 1895, 14. Bd., p. 183.)

Slavik, Drobnosti mineralogické a petrografické z Moravy. 1. Chrysoberyll z Maršové. (Věstník Klubu přírodovědeckého v Prostějově, roč. 5., 1902.)

Melion, Über die Mineralien Mährens und Österr.-Schlesiens. (Mitt. d. k. k. Gesellsch. z. Bef. d. A. etc. in Brünn, 1855.)

2. Kretschmer, Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung. (Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895.)

3. Autor, Beryll aus dem Scheibengraben zwischen Marschendorf und Wermsdorf. (Tschermaks Min. u. petr. Mitt., 21. Bd., 1902, 350.)

4. Autor, Magnetit im Granit von Wiesenberg. (Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 20. Bd., 1901, Heft 3.)

5. V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 3. Bd., 1893, 19.

6. Oborny, Skizzen als Beiträge zu den geognostischen und mineralogischen Verhältnissen des mähr. Gesenkes. (Verh. d. naturforschenden Vereines in Brünn, 1864, 2. Bd.)

7. Autor, Die wichtigsten Mineralvorkommen im Gebiete des hohen Gesenkes. (Jahresbericht d. L.-O.-R. in Göding, 1900, 21.)

8. Kolenati, Mineralien Mährens und Österr.-Schlesiens, Brünn, 1854.

9. Autor, D. w. M. V. i. G. d. h. G., a. a. O. pag. 21.

10. V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 1. Bd., 1859, 436, und 2. Bd., 1873, 91 und 311.

Verh. d. naturforschenden Vereines in Brünn, 1898.

Autor, Die Zeolithe im Amphibolitgebiet von Zöptau. (Brünner Museumszeitschrift, 5. Bd., 1905.)

Kretschmer, Die Zeolithe am Fellberge in Petersdorf nächst Zöptau. (Zentralblatt f. Min. etc., Jahrgang 1905, 609.)

11. Autor, Granat vom Hofberg bei Wermsdorf. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 21. Bd., 1902, 349.)

12. Kretschmer, Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung (a. a. O. 167).

Graber, Der Diopsid von Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1905, 265.)

13. u. 14. V. v. Zepharovich, Epidot von Zöptau in Mähren. (Sitzungsber. d. k. böhm. Gesellsch. d. Wiss. in Prag, 1865, 2, 5.)

Kretschmer, Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung, a. a. O.

Autor, Der Epidot von Zöptau in Mähren. (Zeitschrift d. mähr. Landesmuseums in Brünn, 3. Bd., 1903, 89.)

Autor, Der Albit von Zöptau in Mähren (a. a. O. 4. Bd., 1905, 39).

Autor, Über einige interessante Epidotkristalle von Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 22. Bd., 1903, 585.)

Autor, Über Gestalt und Bau der Zöptauer Albite (a. a. O. 23. Bd., 1904, 263).

Gerhard vom Rath, Mineralien von Zöptau. (Groths Zeitschrift, 5. Bd., 1881, 253.)

Becke, Titanite von Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., N. F., 12. Bd., 1893, 169.)

Graber, Der Apatit von Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 269.)

Autor, Orthoklas (Adular) und Albit von Marschendorf und Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 21. Bd., 1902, 346.)

15. Kretschmer, Epidot-Titanitfundort am Viehbich bei Zöptau. (Tschemmaks Min. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 167.)

16. V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 1. Bd., 1859, 140.)

Autor, Epidot von Zöptau, a. a. O.

17. Autor, Albit von Zöptau, Orthoklas (Adular) und Albit von Zöptau, a. a. O.

18. Autor, Neue Mineralvorkommen in der Umgebung von Wermsdorf bei Zöptau. (Verh. d. naturforsch. Vereines in Brünn, 39. Bd., 198.)

19. Autor, Über ein neues Apophyllit- und Heulanditvorkommen im mähr. Gesenke. (Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 19. Bd., 1900, 336.)

20. Kretschmer, Prehnitvorkommen im Schwarzgraben bei Wermsdorf. (Tschermaks Mineralog. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 172.)

G. v. Rath, Mineralien von Zöptau. (Sitzungsber. d. nieder-rhein. Gesellsch. in Bonn, 1880, 37. Bd., 55. — Groths Zeitschrift f. Kristallogr. und Mineralogie, Leipzig, 5. Bd., 254.)

21. Autor, Titanit von der Hüttellehne bei Wermsdorf in Mähren. (Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 20. Bd., 178.)

22. u. 23. Verh. d. naturforsch. Vereines in Brünn, 2. Bd., 1864, 65; 15. Bd., 1877, 262, und 18. Bd., 1880, 24. — G. vom Rath (Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch., Bonn, 1880, 37. Bd.)

V. v. Zepharovich, Mineral. Lexikon, 2. Bd., 1873, 115, und 3. Bd., 141 und 246.

Tschermak, Die Chloritgruppe. (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, 10. Bd., 1891, 35.)

Autor, Klinochlorkristalle aus dem Topfsteinbruch von Zöptau. (Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 21. Bd., 1902, 352.)

v. Glocker (in Pogg. Ann. Bd. 90 und im Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien, 1832, 3, 130.)

24. G. vom Rath, Die Quarze von Zöptau. (Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellschaft in Bonn, 1880, 37. Bd., 54, und in Groths Zeitschrift, 5. Bd., 1880, 1.)

Kretschmer, Bergkristallvorkommen in der Hack-schüssel bei Wermsdorf. (Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 177.)

G. vom Rath, Titanitkristalle auf den Quarzen von Kleppel und Wermsdorf. (Groths Zeitschrift, 5. Bd., 1880, 255.)

## Zur Genesis der Minerale im Amphibolitgebiet von Zöptau.

Die Minerale sind ebenso wie die Tiere und Pflanzen vielfachen Veränderungen und Umwandlungen, einem ewigen Werden und Vergehen, einem beständigen Wechsel unterworfen; nur erfordern ihre Umwandlungen ungleich größere Zeiträume und vollziehen sich verborgen in der Tiefe der Erde. Die atmosphärischen Wässer, welche auf ihrem Wege in die Tiefe selbst in die feinsten Poren der Gesteine eindringen, wirken nämlich durch ihren Gehalt an freier Kohlensäure und freiem Sauerstoff, welche sie absorbiert enthalten, unausgesetzt verändernd auf dieselben ein und veranlassen die Bildung neuer Mineralsubstanzen. Die Erfahrung lehrt, daß außer Gold und Platin kaum irgendein Mineral auf die Dauer dem lösenden und zersetzenden Einfluß der Sickerwässer zu widerstehen vermag. — Die durch diese Vorgänge neu entstehenden Minerale werden sekundäre genannt, weil sie durch chemische Einwirkungen verschiedener Agentien, vornehmlich des Wassers, auf andere, schon ursprünglich vorhandene Minerale entstanden sind. Hierher gehören nicht nur „alle vom Wasser fortgeführten und durch Entziehung eines Lösungsmittels an anderen Orten abgelagerten oder mit anderen Stoffen, denen sie auf ihrem Wege begegnet sind, in chemische Verbindung getretenen und niedergeschlagenen Zersetzungsprodukte“, sondern auch die unlöslichen, unzersetzlichen oder schwer zersetzlichen am Orte der Zersetzung verbleibenden Reste anderer Minerale. Hingegen werden alle jene Minerale, welche zu ihrer Entstehung die Existenz eines anderen Minerals nicht nötig hatten oder für welche man wenigstens den Nachweis nicht erbringen kann, daß sie aus anderen Mineralen auf die vorher geschilderte Weise entstanden sind, primäre genannt. Man nimmt an, daß letztere sich gleichzeitig mit den Gesteinen, in welchen sie vorkommen oder deren Gemengbestandteile sie bilden, durch Abkühlung und Erstarrung eines aus dem Erdinnern stammenden Schmelzflusses entstanden sind. Sie sind es, welche in erster Linie das Material zur Bildung der sekundären Minerale liefern.

Für die Erforschung der Bildungsgeschichte der Minerale ist vor allem anderen das Nebeneinandervorkommen (Assoziation) derselben von großer Wichtigkeit; denn dieses läßt nicht nur auf eine analoge Bildungsweise, sondern auch auf ihre gleichzeitige

oder ungleichzeitige Bildung, ferner auch auf ihre zeitliche Reihenfolge (Folge der Bildungen oder Sukzession), endlich auch zuweilen auf ihre Abstammung (Bildung und Umbildung) schließen; denn sowohl das Nebeneinandervorkommen der Minerale als auch ihre Anordnung ist nicht etwas Zufälliges, sondern von bestimmten chemischen und physikalischen Gesetzen abhängig. Daher geben uns die Mineralabsätze in Drusen- und Blasenräumen der Gesteine ein getreues Bild der Zersetzungs- und Auslaugungsvorgänge, welche sich innerhalb des Nebengesteines vollzogen haben.

Zur Erforschung der metamorphischen Vorgänge bei der Bildung und Umbildung der Minerale führen uns die etwa vorgefundenen Pseudomorphosen und die chemische Analyse. Finden wir ein Mineral in der Gestalt eines andern, so können wir annehmen, daß ersteres aus dem letzteren entstanden ist, und zwar entweder durch Umwandlung oder durch Verdrängung. Sind wir überdies auch imstande, beobachtete Fälle von solchen Pseudomorphosen aus der einschlägigen Literatur anzuführen, so wird die Annahme zur Gewißheit, insbesondere dann, wenn es auch Versuche gibt, welche die Bildung eines dieser Minerale betreffen. In solchen Fällen, wo uns keine Pseudomorphosen zur Verfügung stehen, müssen wir uns allerdings beschränken, aus dem Nebeneinandervorkommen der Minerale in irgendeiner bestimmten Gesteinsart und durch Anwendung der bereits erforschten metamorphischen Vorgänge in analogen Fällen, die in der einschlägigen Literatur ausgewiesen sind, auf eine analoge Bildungsweise zu schließen; freilich müssen wir uns in solchen Fällen mit der bloßen Wahrscheinlichkeit unserer Schlüsse bis auf weiteres begnügen.

Was die metamorphischen Gesteine anlangt, so führt uns die Wahrnehmung einer innigen Verknüpfung je zweier Gesteinsarten und der etwa vorhandene allmähliche Übergang eines Gesteines in ein anderes in Verbindung mit der chemischen Analyse zur Erforschung ihres genetischen Zusammenhanges. Die in ihren Klüften assoziierten Minerale können als Zersetzungsprodukte, welche sich bei der Umwandlung des ursprünglichen Gesteines in das metamorphische abgesetzt haben, betrachtet werden und dienen als solche sohin zur Bestätigung des metamorphischen Vorganges.

Die chemische Analyse zweier Minerale oder Gesteinsarten, welche miteinander in einem genetischen Zusammenhange stehen, lehrt uns, welche Stoffe bei der Umwandlung abgegeben und welche

neu aufgenommen wurden, um das neue Mineral beziehungsweise Gestein zu bilden, ob ferner ein gänzlicher oder teilweiser Austausch oder eine Verdrängung stattgefunden hat; sie führt uns also zur Erkenntnis der chemischen Prozesse, welche die Neubildung oder Umbildung der Minerale, beziehungsweise Gesteinsarten zur Folge hatten. Die chemische Analyse kann aber dort, wo eine Verdrängung einer Mineralsubstanz durch eine andere stattgefunden hat, nur dann Aufschlüsse über das ursprünglich vorhandene Mineral geben, wenn noch Reste der verdrängten, also ursprünglich vorhandenen Substanz wahrgenommen werden können. Die Ermittlung der chemischen Prozesse bei mineralogisch nachgewiesenen Umwandlungspseudomorphosen kann jedoch durch die chemische Analyse immer mit Bestimmtheit erfolgen, da bei allen pseudomorphen Umwandlungen, die in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen sich sukzessive an der Stelle und auf Kosten von früher dagewesenen gebildet haben.

Eine der wichtigsten Veränderungen, welche Minerale und Gesteine in der Natur erleiden können, ist die durch Verwitterung. Dieselbe ist eine der Hauptquellen für die Bildung neuer Minerale.

Die Verwitterung ist jene Veränderung, welche Minerale und Gesteine unter dem Einflusse der Atmosphärien und der Tagewässer erleiden. Die in der Atmosphäre und in den Tagewässern aufgelöst enthaltenen Stoffe: Sauerstoff und Kohlensäure verändern die Substanz der Minerale, indem sie dieselben zersetzen. Die auf diese Weise entstehenden löslichen Zersetzungsprodukte werden von dem Wasser mit Hilfe der in demselben aufgelösten Kohlensäure aufgelöst (ausgelaut) und in wässriger Lösung hinweggeführt, die unlöslichen bleiben jedoch als Zersetzungsreste zurück oder werden später oft vom Wasser hinweggeschwemmt. Letztere sind oft wasserhaltend und befinden sich, wenn eine Steigerung möglich war, in dem höchst oxydierten Zustande.

Die als Gemengbestandteile der kristallinischen Massen- und Schiefergesteine auftretenden Minerale sind Silikate von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$ . Die bei der Verwitterung vor sich gehenden Prozesse sind Oxydation, Reduktion und Karbonatbildung. Der höheren Oxydation unterliegen das  $\text{FeO}$  und  $\text{MnO}$ . Reduzierend wirken in Fäulnis und Verwesung befindliche organische Stoffe und ihre Zersetzungsprodukte (Kohlen-

wasserstoffe). Was die Karbonatbildung anlangt, so findet dieselbe bei der Zersetzung der Silikate durch kohlen säurehaltende Tagewässer statt.<sup>1)</sup> Letztere zersetzen die Silikate von CaO, FeO, MnO und Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O schon bei gewöhnlicher Temperatur, wobei Karbonate dieser Basen gebildet werden und Kieselsäure frei wird. Die Silikate des Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MgO werden durch kohlen säurehaltende Wässer entweder gar nicht oder nur schwer zersetzt; sie bleiben daher als wasserhaltende Rückstände zurück. Die durch die Zersetzung gebildeten Karbonate und ein Teil der hierbei ausgeschiedenen Kieselsäure<sup>2)</sup> werden hingegen vom Wasser ausgelaugt, zum Teil mit Hilfe der Kohlen säure, und in Lösung hinweggeführt. Als letzter fast unangreifbarer Rest der ausgelaugten Gesteine bleiben die wasserhaltenden Silikate des Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MgO zurück. Diese sind als Kaolin, Ton, Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk bekannt.

Von den Mineralien erhalten sich am längsten solche, welche sich durch eine an Unauflöslichkeit grenzende Schwerlöslichkeit auszeichnen, wie die Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und MgO-Silikate, welche wir zuletzt angeführt haben, ferner das Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Hämatit und Magnetit), das Fe<sub>2</sub>O<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (Limonit) und der Quarz (SiO<sub>2</sub>). Doch widerstehen auch alle diese Minerale der Einwirkung der atmosphärischen Wässer auf die Dauer nicht. Der Natur stehen sogar Mittel zu Gebote, das Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und den Quarz wieder in den allgemeinen Kreislauf zurückzuführen. Organische Substanzen, die in Verwesung begriffen sind, reduzieren nämlich das Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu FeO und machen es wieder löslich, organische Substanzen und schwefelsaure Salze wandeln das Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in Eisenkies (FeS<sub>2</sub>) um, der, Zersetzungsprozessen unterliegend, wieder das Material zu Neubildungen liefert. Moose und andere Pflanzen befördern die Zersetzung des Quarzes. Die zerfressenen Quarze und die Pseudomorphosen verschiedener Minerale in der Form des Quarzes beweisen uns, daß auch diese Modifikation der Kieselsäure löslich ist. Der Chlorit und der Talk (Speckstein), welche aus Tonerde- und Magnesiasilikaten bestehen, gehören gleichfalls zu den am schwersten löslichen und zersetzbaren Mineralen, weil Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ebensowenig als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sich mit Kohlen säure verbinden kann. Das Tonerdesilikat wird daher durch Kohlen säure

<sup>1)</sup> Credner, Geologie, 1876, 193.

<sup>2)</sup> Die Kieselsäure, welche bei der Zersetzung ausgeschieden wird, ist in 10.000 Teilen Wasser löslich.

gar nicht, das Magnesiasilikat nur schwer zersetzt. Letzteres wird jedoch mit der Zeit doch zersetzt, wobei Magnesit und Quarz als Zersetzungsprodukte entstehen. Auch der Chlorit verwandelt sich schließlich in Grünerde oder in einen eisenschüssigen Ton. Es ist jedoch auch wahrscheinlich, daß das Tonerdesilikat, ebenso wie das Magnesiasilikat unter Umständen zum Anfangspunkte einer neuen Reihe von metamorphischen Prozessen werden kann.

Eine andere Quelle für die Bildung neuer Minerale ist die Hydratisierung, welche darin besteht, daß gewisse Minerale ihre Bestandteile zum Teil gegen Wasser, welches sie von außen aufnehmen, austauschen. Auf diese Weise entstehen z. B. aus kiesel-säurearmen Feldspaten und feldspatähnlichen Mineralen Zeolithe.

Die paragenetischen Verhältnisse der Zöptauer Minerale waren bis in die neueste Zeit nur unvollständig bekannt. Ihre weitere Erforschung war daher sehr wünschenswert, zumal schon Lippold in seinen „Geologischen Verhältnissen des Süd- und Ostabfalles der Sudeten“<sup>1)</sup> darauf aufmerksam gemacht hatte, indem er sagt: „Ob der Topfstein, der daselbst gewonnen wird, mit den Breuneriten, Strahlsteinen und Asbesten, die man in ihm findet, nicht auf eine metamorphische Umbildung der Chlorit-, Talk- und Hornblendeschiefer — ähnlich jener der Serpentine aus letzteren — zurückzuführen ist, darüber Studien anzustellen, gebrach es mir an Zeit; doch wäre dies jedenfalls nicht ohne Interesse.“ Auch Viktor v. Zepharovich,<sup>2)</sup> welcher zuerst den Nachweis lieferte, daß die Zöptauer Epidote sich durch Pseudomorphose der Hornblende des Hornblendeschiefers, und zwar entweder direkt oder durch die Mittelstufe Amiant bildeten, äußert sich über die paragenetischen Verhältnisse der übrigen Zöptauer Minerale in folgender Weise: „Der Epidot wird in den Zöptauer Fundstätten von Quarz begleitet, welcher sich bei der Umänderung des Amphibols ausscheidet. Über die Vorgänge, welche dies bewirkten, dürften sich von einer, die genetischen Fragen berücksichtigenden Untersuchung der Gegend interessante Aufschlüsse erwarten

<sup>1)</sup> 10. Jahresber. über die Wirksamkeit des Wernervereines zur geologischen Durchforschung von Mähren und Schlesien im Vereinsjahre 1860. Brünn 1861.

<sup>2)</sup> Der Epidot von Zöptau in Mähren. (Sitzungsber. d. königl. böhm. Gesellschaft d. Wiss. in Prag, Jahrgang 1865.)

lassen. Von Wichtigkeit ist, daß auch Prehnit vorkommt. Nach Oborny<sup>1)</sup> erscheint derselbe derb und körnig, gemengt mit Epidot. Dieses würde für eine gleichzeitige Bildung dieser beiden nahe verwandten Minerale sprechen. Noch zitiert Oborny von dieser Fundstätte fleischroten Orthoklas in Drusen auf Strahlstein und aus dem Talkbruche, gleichfalls am Storchberg, Apatit(Spargelstein)-kristalle im Talkschiefer, Magnetit und Pyrit im Asbest und im Chloritschiefer, letzterer auch im Hornblendeschiefer und endlich noch Bitterspat, über deren allfällige Beziehungen zueinander, zum Epidot und dessen Begleiter nähere Aufschlüsse zu erhalten, es wünschenswert wäre.“ Durch diese Bemerkungen angeregt, entschloß sich Autor, weitere Forschungen über die paragenetischen Verhältnisse der Zöptauer Minerale zu unternehmen, welche ihn zu einem befriedigenden Resultate führten.

Unter den im Amphibolitgebiete von Zöptau vorkommenden Mineralen sind selbstverständlich die als Gemengbestandteile der dort vorkommenden primären Gesteine auftretenden als primäre anzusehen. Dasselbe gilt auch für die meisten als Akzessorien dieser Gesteine auftretenden Minerale, wie Beryll, Chrysoberyll, Turmalin (Schörl), die meisten Granaten und den im Granit auftretenden Magnetit. Hingegen müssen andere in den dortigen Gesteinen als Akzessorien auftretenden Minerale, wie Magnetit im Chlorit- und Talkschiefer, der Pyrit, der Kalzit, der Adern und Nester bildende Quarz als sekundäre Minerale betrachtet werden. Auch alle in den Klüften der dortigen Gesteine assoziierten Minerale sind sekundär, da sie durch Umwandlung des Nebengesteines entstanden sind.

Im nachfolgenden will ich die wichtigsten Mineralassoziationen, welche in den Klüften der Gesteine unseres Gebietes vorkommen, einer eingehenden Besprechung unterziehen und zum Schlusse noch die dort vorkommenden Topfsteinlager und ihre Minerale in bezug auf ihren Bau, ihre Zusammensetzung und ihre Genesis besprechen.

Bei der Besprechung der Bildung und Umbildung der Minerale habe ich stets das Nebeneinandervorkommen und die Altersfolge der assoziierten Minerale entsprechend gewürdigt. Bei einigen

---

<sup>1)</sup> Verh. d. naturforschenden Vereines in Brünn, II. Bd., 1863, und III. Bd., 1864: „Verzeichnis der Zöptauer Minerale.“

Mineralen war ich so glücklich, ihre Bildung aus anderen Mineralen durch Auffindung entsprechender Pseudomorphosen direkt nachweisen zu können. Dieser Nachweis ist besonders in jenen Fällen in die Augen springend, wo die Pseudomorphose noch nicht vollkommen beendet war, so daß der Kristall an einem Ende noch aus der ursprünglichen, am andern Ende aus der sekundär gebildeten Mineralsubstanz bestand. Überall habe ich mich auf analoge in der einschlägigen Literatur ausgewiesene Fälle von Pseudomorphosen derselben Minerale berufen und dieselben zur Bekräftigung meiner Angaben zitiert. Was die Erforschung der metamorphischen Prozesse anlangt, so habe ich überall die darüber in der Literatur zerstreuten Angaben in entsprechender Weise auf die genetischen Verhältnisse in unserem Gebiete angewendet und versucht, auf diese Weise ein möglichst vollkommenes Bild über die paragenetischen Verhältnisse der Minerale dieses Gebietes zu entwerfen, welches wohl in vielen Fällen wirklich den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, in allen übrigen wenigstens einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich haben dürfte.

### Mineralassoziationen mit Epidot und Albit in den Klüften des Hornblendeschiefers.

Der Epidot bildet einen akzessorischen Bestandteil des Hornblendeschiefers, kommt aber auch in den Klüften des letzteren mitunter in schönen Kristallen vor und bildet dort mit den ihn begleitenden Mineralen: Albit, Prehnit, Titanit (Sphen), Apatit, Adular, Bergkristall und Asbest interessante Mineralassoziationen.<sup>1)</sup>

Auf dem „Pfarrerbgut“ bei Zöptau erscheint der Epidot in Form von säulenförmigen Kristallen mit Prehnit, Titanit, Bergkristall und zuweilen mit Apatit assoziiert auf den Klüften eines Hornblendeschiefers, welcher nach Kretschmer überwiegend aus einem stengligen Aggregat von schwärzlichgrüner bis lauchgrüner Hornblende besteht, außerdem aber noch Feldspat und Quarz und als Akzessorium Pistazit enthält. Der Prehnit bildet die Matrix der Epidote, welche entweder in demselben eingewachsen oder auf demselben aufgewachsen sind. Die Epidot-

<sup>1)</sup> Siehe die Literaturangaben: Nr. 13—18.

gruppen oder -drusen liegen entweder in dem die Klüfte ausfüllenden Letten eingebettet oder erscheinen auf den Klüfftflächen des Hornblendeschiefers aufgewachsen. — In anderen Klüften erscheint der Epidot mit Albit, Titanit, Adular und Asbest assoziiert. Dort ist er entweder auf einer aus weißem filzigen Asbest gebildeten Unterlage, welche durch Umwandlung des Hornblendeschiefers entstand, auf den Klüfftflächen des letzteren aufgewachsen oder in losgebrochenen Kristallen oder Gruppen und Drusen in dem die Klüfte ausfüllenden Letten eingebettet. Merkwürdig ist der Umstand, daß bei Anwesenheit von Prehnit der Albit in der Assoziation fehlt, während dort, wo der Albit auftritt, der Prehnit fehlt, daß also diese beiden Minerale in einer und derselben Assoziation niemals gleichzeitig auftreten — ein Umstand, welcher mit der Bildung des Prehnits in irgendeinem Zusammenhange stehen dürfte.

Auf dem „Erbrichtergut“ bei Zöptau kommt der Epidot in dunkelgrünen tafelförmigen Kristallen in dort zutage tretenden Klüften eines geschichteten Hornblendeschiefers vor, welcher aus Hornblende, Quarz und Albit besteht. Die Kristalle erscheinen auf den Klüfftflächen aufgewachsen und werden von Quarz, Albit, Adular und Titanit begleitet. Ihre unmittelbare Unterlage besteht aus Albit und Quarz, indem die schwarzgrünen Hornblendenaedeln des Muttergesteines vollständig zurücktreten, so daß dasselbe an der Oberfläche mit derbem gelblichen Albit überrindet erscheint, welcher Albitkristalle und überdies noch Kristalle von Epidot und Titanit trägt. Die Epidotkristalle sitzen krustenartig auf den Albitkristallen auf; es kommen aber auch solche vor, welche direkt aus dem Hornblendeschiefer herauswachsen. — Ähnliche Assoziationen kommen in den mit braunem Ton ausgefüllten Klüften von Feldspat-Amphibolit auf dem Ried „Viehbieh“, südöstlich von der Zöptauer Kirche, vor. Dieser Feldspatamphibolit besteht nach Kretschmer aus lauchgrüner Hornblende, weißem, selten fleischrotem Feldspat, gelbgrünem Epidot und sekundär gebildetem Asbest. Die schönen breitsäulenförmigen Epidotkristalle werden hier von Albit, Adular und Titanit, nach Becke auch von dicktafeligen blauvioletten Apatitkristallen begleitet. — Auf dem Jackwirthsberge fand Websky in einem Hohlwege, der nach Stettenhof führt, kleine Epidotkristalle von hellgrüner Färbung in Krusten gehäuft, direkt auf dem Amphibolit. — Bei Marschen-dorf (Butterhübel, Mattenberg) kommt der Epidot in säulen-

förmigen Kristallen oder Aggregaten auf den Kluftflächen des Amphibolits aufgewachsen vor und wird dort zuweilen von Albit (Periklin), Adular und Quarz begleitet. — Endlich wurde der Epidot noch in Quarzadern eines zersetzten Amphibolits eingewachsen auf dem „Erbrichtergerut“ u. a. a. O. bei Wermsdorf beobachtet.

Der Epidot aller dieser Fundstätten ist eine ausgesprochen sekundäre Bildung und hat sich durch Pseudomorphose der in den dortigen Amphiboliten vorkommenden Hornblende (Amphibol) gebildet, und zwar entweder direkt oder durch die Zwischenstufe Amiant (Asbest). Die Bildung von Epidotsäulchen und Nadeln aus Hornblende, und zwar entweder direkt oder indirekt wurde von V. v. Zepharovich<sup>1)</sup> für zwei der Zöptauer Fundstätten nachgewiesen. Für das Vorkommen des Epidots mit Albit und Amiant vom „Pfarrerbgut“ ist es nach v. Zepharovich wohl zweifellos, daß hier der Amiant durch Umwandlung der Hornblende entstanden ist. Man sieht den Amiant überall dort auftreten, wo eine Kluft durch das Gestein sich hinzieht und findet auch einzelne dunkle Amphibolitnadeln, die an den Enden sich als weißer Amiant auffasern. An der Rückseite einer Epidotstufe von diesem Fundorte bemerkte v. Zepharovich eine Kluftfläche, auf welcher der Amiant in Epidot umgewandelt war. An einer Stelle erhob sich nämlich ein dickes Bündel, welches an der Basis noch Amiant, oben hingegen in Epidot umgewandelt war. Dieser Epidot ließ eine Begrenzung durch stark glänzende ebene Flächen erkennen, welche durch Vereinigung zahlreicher Endflächen von Epidotnadeln entstanden sind. Es hat sich also hier der Amphibol durch die Zwischenstufe Asbest (Amiant) in Epidot umgewandelt. Der Epidot scheint hier jedoch auch direkt aus dem Amphibol entstanden zu sein. V. v. Zepharovich bemerkte nämlich an mehreren Stellen im Querbruche der Amphibolitstücke kleine Nester eines ockerfarbigen Tones, welche kristallinische Partien von pistazien-grünem Epidot eingesprengt enthielten. Ein derartiges Stengelchen ließ die gewöhnliche Form des Epidots erkennen und hatte an dem einen Ende, ohne daß eine scharfe Grenze sich zeigte, noch ganz das Aussehen und die Farbe des unveränderten Amphibols. Beide Fälle der Umwandlung (Pseudomorphose), die direkte und die in-

<sup>1)</sup> „Epidot von Zöptau in Mähren“, a. a. O.

direkte, wurden bereits von R. Blum<sup>1)</sup> nachgewiesen. Die Bildung des Epidots aus Amphibol läßt sich zwar nicht überall direkt nachweisen, doch sind immer Anzeichen vorhanden, welche darauf hindeuten. Als ein solches Anzeichen darf man wohl das Zurücktreten des Amphibols in der unmittelbaren Unterlage der auf Amphibolit direkt aufsitzenden Drusen z. B. auf den Klüften des Amphibolsschiefers auf dem „Erbrichtergut“ bei Zöptau ansehen. Dieses Zurücktreten ist wohl darauf zurückzuführen, daß der aus dem Amphibol durch Pseudomorphose hervorgegangene Epidot in Lösung weggeführt und in Spalten des Gesteines abgesetzt wurde. Daß er späteren lösenden Wirkungen ausgesetzt war, beweisen die an manchen Kristallen auftretenden Erosionserscheinungen. Sowohl die im Prehnit eingewachsenen und auf demselben aufgewachsenen als auch die losen Epidotkristalle und -aggregate, welche man in den Klüften des Amphibolschiefers auf dem „Pfarrerbgut“ in braunem Ton eingebettet gefunden hat, waren wohl ursprünglich auf den Klüftflächen aufgewachsen, wurden aber infolge einer Verschiebung in der Gesteinspalte weggebrochen.

Der Epidot besteht aus einer isomorphen Mischung zweier Silikate in wechselnden Verhältnissen. Diese beiden Silikate haben eine ähnliche Zusammensetzung, welche nach Tschermak den Formeln:  $\text{H}_2\text{O} \cdot 4 \text{CaO} \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O} \cdot 4 \text{CaO} \cdot 3 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$  entspricht und von welchen das erstere Tonerdeepidot, das letztere Eisenepidot genannt wird. Diese beiden Silikate haben sich durch Pseudomorphose des in den Amphiboliten vorkommenden Amphibols, dessen reinste Form nach Tschermak der Formel  $(\text{MgFe})_3 \cdot \text{CaSi}_4\text{O}_{12}$  (das Fe als FeO) entspricht, entweder direkt oder durch die Zwischenstufe Amiant gebildet. Der Amiant ist das erste Verwitterungsprodukt tonerdefreier oder — armer Hornblende. Hierbei verliert dieselbe einen Teil von CaO und FeO, welche als Bikarbonate in Lösung weggeführt werden, während  $\text{H}_2\text{O}$  an ihre Stelle tritt. Dieser Vorgang wird durch kohlenensäurehaltende Wässer bewirkt. Ebenso beruht auch die weitere Umwandlung des Amiants auf Karbonatbildung durch Zersetzung von Silikaten. — Die Hornblende (Tonmagnesiahornblende) liefert jedoch bei ihrer Umwandlung in Epidot nur zum Teil das Material zu seiner Bildung. Der größere Tonerde- und Kalkgehalt des Epidots  $[\text{HCa}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{13}]$  läßt er-

<sup>1)</sup> Pseudomorphosen des Mineralreiches, III. Nachtrag.

kennen, daß zweierlei Minerale, nämlich ein Mineral der Pyroxen-Amphibolgruppe — in unserem Falle also die Hornblende — und Plagioklas zusammenwirken müssen, um Epidot zu bilden. Tatsächlich sind beiderlei Minerale in unserem Amphibolschiefer enthalten. Der in den Amphibolsschiefern dieser Gegend vorkommende Albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) enthält stets  $\text{CaO}$ , gewöhnlich unter 1%, selten 1—2% vom beigemengten Anorthit ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Letzterer liefert also die zur Bildung des Epidots erforderlichen größeren Mengen von  $\text{CaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Bei der Bildung von Epidot aus Hornblende werden aber nicht nur neue Stoffmengen in dieselbe eingeführt, sondern es werden auch bereits vorhandene durch Auslaugung entfernt: Es findet also nicht nur eine Aufnahme von  $\text{H}_2\text{O}$  und von neuen Mengen von  $\text{CaO}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , sondern auch eine Ausscheidung von  $\text{MgO}$  und  $\text{SiO}_2$  statt.

Die Bildung des Epidots wird durch eine mittels kohlen-säurehaltender Wässer bewirkte Verwitterung der Hornblende eingeleitet. Dieselbe beruht auf einer Karbonatbildung durch Zersetzung von Silikaten. Das Kalksilikat und nach längerer Einwirkung auch das Magnesiasilikat der Hornblende werden zersetzt, wobei  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$  gebildet und Kieselsäure frei wird. Die auf diese Weise gebildeten Karbonate und die freigewordene Kieselsäure werden von den Tagewässern aufgelöst und entführt, um an anderen Orten in fester Form abgesetzt zu werden.<sup>1)</sup> Das  $\text{FeO}$ -Silikat der Hornblende aber wird durch den freien Sauerstoff der Sickerwässer oxydiert und in  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Silikat verwandelt, welches durch kohlen-säurehaltende Wässer nicht zersetzt werden kann, da die Kohlen-säure mit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  keine Verbindung eingeht. Das durch die Verwitterung der Hornblende frei gewordene Tonerdesilikat wird durch die Kohlensäure ebenfalls nicht zersetzt und bleibt ungelöst zurück. Gleichzeitig mit der Verwitterung der Hornblende geht auch die Verwitterung des Plagioklas vor sich; es werden hierbei die Silikate von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$  zersetzt, wobei  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und  $\text{CaCO}_3$  gebildet und Kieselsäure frei wird. Auch hier werden die Karbonate und die Kieselsäure von den Tagewässern aufgelöst und in wässriger Lösung ganz oder zum Teil hinweggeführt, während das Tonerde-

<sup>1)</sup> Nach Rosenbusch (Mikroskop. Physik der massigen Gesteine. 1877, l. c. 119) muß bei der Bildung von Epidot aus Hornblende das  $\text{MgO}$  der letzteren fortgeführt werden und wurde hierbei die Ausscheidung von Quarz und Kalzit beobachtet.

silikat auch hier unzersetzt zurückbleibt. Die wasserhaltenden Silikate des  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und des  $\text{Al}_2\text{O}_3$  verbinden sich mit dem  $\text{CaO}$  zu Eisen- und Tonepidot, deren isomorphe Mischung den Epidot gibt.

Durch weitere Einwirkung der kohlenensäureführenden Tagewässer wird die gebildete Epidotsubstanz aufgelöst, weggeführt und in den Klüften des Amphibolschiefers in Form von Kristallen abgesetzt. Enthält die Lösung mehr Tonerdeepidot, so entstehen lichtgefärbte, enthält sie mehr Eisenepidot, so entstehen dunkelgefärbte Epidotkristalle. Da viele Epidotkristalle von unseren Fundorten eine deutliche Schalentextur zeigen, indem ein dunkelgrüner Kern von einer hellgrünen Schale umschlossen wird, so muß angenommen werden, daß der dunkle Kern der Kristalle aus einer eisenreicheren Epidotlösung abgeschieden wurde, welche also mehr Eisenepidot enthielt, während bei weiterem Wachstum der Kristalle die lichtere Schale aus einer eisenärmeren Epidotlösung, welche also weniger Eisenepidot enthielt, gebildet wurde. Die Grenze zwischen dem dunklen Kern und der lichten Schale ist in den Epidotkristallen vom Erbrichter gut so scharf, daß beide getrennt analysiert werden konnten. Nach einer bei Bauer ausgeführten Analyse<sup>1)</sup> enthält die dunkle Epidotsubstanz 17·25%, die lichte 8·21%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , erstere erwies sich als eine Mischung von 60% Aluminiumepidot und 40% Eisenepidot, letztere von 80% Aluminiumepidot und 20% Eisenepidot.

Mit den Epidotkristallen kommt in einigen Klüften des Hornblendeschiefers auf dem „Pfarrerberg“ gleichzeitig der als Muttergestein derselben auftretende Prehnit, und zwar in derben lichtgrünen Stücken vor. Aus der chemischen Formel des Prehnits ( $\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ ) geht hervor, daß derselbe mit dem Epidot nahe verwandt ist. Das gleichzeitige Auftreten dieser beiden naheverwandten Minerale spricht für eine gleichzeitige Bildung derselben. Der Umstand, daß überall dort, wo der Prehnit auftritt, der Albit in der Assoziation fehlt und umgekehrt, dort, wo der Albit den Epidot begleitet, der Prehnit aus der Assoziation ausgeschlossen erscheint, läßt vermuten, daß die Bildung des Prehnits mit dem Fehlen des Albits in irgendeinem Zusammenhange stehe. Vielleicht wurde der kalkhaltende Albit des Hornblendeschiefers zur Bildung des Prehnits verbraucht. Tatsache ist, daß Prehnit als Zersetzungs- und Auslaugungsprodukt aller Felsarten auftritt, welche Kalkhornblende

<sup>1)</sup> Neues Jahrbuch, 1880, 2, 81. — Zepharovich, Min. Lex., III, 94.

enthalten. Fischer fand den Plagioklas des Diorits von Freiberg i. B. unmittelbar in Prehnit umgewandelt. Der zur Umwandlung notwendige Kalkspat war neben dem Plagioklas vorhanden.<sup>1)</sup> Im Grünstein am Lake superior kommen Prehnitpseudomorphosen nach Plagioklas vor, die sich in Chloritpseudomorphosen umsetzen.<sup>2)</sup>

Die Bildung des in anderen Klüften des Amphibolschiefers den Epidot begleitenden Albits, welcher mitunter in sehr schönen tafelförmigen Kristallen vorkommt, erklärt sich ungezwungen aus dem Umstande, daß derselbe einen akzessorischen Bestandteil des Amphibolschiefers bildet, welcher den Drusen als Unterlage dient. Derselbe wurde durch die Sickerwässer aufgelöst und in den Klüften in Form von Kristallen abgesetzt.<sup>3)</sup> — Aus den paragenetischen Verhältnissen der in den Klüften des Amphibolschiefers auftretenden Drusenminerale ergibt sich, daß nach der Bildung des Asbests aus Hornblende und während der Umwandlung desselben in Epidot der Albit abgesetzt wurde, daß also Epidot und Albit sich gleichzeitig abgesetzt haben. Gleichzeitig auftretend haben sich diese beiden Minerale oft gegenseitig in ihrer Ausbildung gehemmt, die Kristallisation des Epidots dauerte aber noch fort, als die des Albits bereits beendet war.

Daß sich der Albit erst nach der Bildung des Asbests absetzte, dafür spricht der Umstand, daß die Fäden desselben die Albitkristalle in den verschiedensten Richtungen durchziehen, manchmal so dicht, daß letztere dadurch grünlich gefärbt erscheinen. Daß der Asbest übrigens die unmittelbare Unterlage der Epidote und Albite in den Klüften des Hornblendeschiefers auf dem Erbrichtergute bildet, wurde schon früher erwähnt.

Die in den Albitdrusen erscheinenden fleischroten Adulare sind oberflächlich oft mit winzig kleinen Albiten überrindet, woraus geschlossen werden kann, daß die letzteren eine spätere Bildung sind; übrigens kommen auf dem „Viehbich“ und bei Marschendorf sowohl Adulare mit Albitansätzen als auch Albite mit Adularansätzen, ja sogar auch Verwachsungen dieser beiden Feldspate vor, welcher Umstand wieder auf eine abwechselnde oder gleichzeitige Bildung dieser beiden Minerale schließen läßt. Das

1) Jahrb. d. Mineralogie, 1862, 436 und ff.

2) Proc. Amer. Acad. of arts and sc., 13, 274, 302, 304 usw., 1878.

3) Vergleiche Bischof, Chem. u. physikal. Geologie, I. Aufl., 2. Bd., 889.

Auftreten von Albit- und Adularkristallen in den Mineralassoziationen der Hornblendeschieferklüfte wird durch den Umstand hinlänglich erklärt, daß der in den Amphiboliten dieser Gegend als Gemengbestandteil auftretende Feldspat ein Gemenge von Orthoklas und Albit ist.

Auch der wasserhelle in Körnchen und Aggregaten, zuweilen auch in Form von unvollständig ausgebildeten Kristallen auftretende Quarz, der in den Epidot-Albitdrusen zuweilen vorkommt, bildete sich gleichzeitig mit dem Epidot und Albit; er verdankt seine Entstehung der bei der Umwandlung der Hornblende in Epidot ausgeschiedenen Kieselsäure. Daß sich hierbei Kieselsäure abscheiden mußte, geht aus dem über die Epidotbildung Gesagten hervor und wurde bereits durch Bischof (a. a. O. pag. 888) hervorgehoben.

Der die Epidote begleitende Sphen ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{TiO}_2$ ) geht sekundär aus dem Titaneisen ( $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) hervor, welches in den Amphiboliten dieser Gegend als akzessorischer Bestandteil vorkommt. Das zur Bildung des Sphens notwendige  $\text{CaO}$  und die Kieselsäure werden wahrscheinlich durch den Zersetzungsprozeß der Hornblende geliefert.

Die Apatitkristalle, welche zuweilen mit dem Epidot assoziiert sind, verdanken ihre Entstehung dem Umstande, daß Apatit ( $\text{F}[\text{Cl}]\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{12}$ ) als nur mikroskopisch wahrnehmbarer akzessorischer Bestandteil in allen Silikatgesteinen, also auch in den Amphiboliten vorkommt, durch die atmosphärischen Wässer daraus ausgelaugt, in Lösung weggeführt und in den Klüften in Form von deutlichen Kristallen wieder abgesetzt wird.

Der gelb bis braun gefärbte Ton (Letten) endlich, welcher die Klüfte und Nester in dem Hornblendeschiefer ausfüllt, stellt das Endprodukt des Verwitterungsprozesses des Hornblendeschiefers vor und verdankt seine Färbung dem beigemengten  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Daß die losen Epidotkristalle und -drusen in diesem Ton eingebettet vorkommen, wurde schon früher erwähnt. Durch diesen Ton wurde jedoch die weitere Zuführung der Epidotlösung nicht abgeschlossen; denn die in demselben eingeschlossenen Epidote zeigen in der Regel den Absatz neuer pistaziengrüner Epidotmasse überall dort, wo sie gewaltsam beschädigt wurden, kleinere Bruchstücke sind wieder völlig ausgeglichen, an größeren zeigt sich der Beginn der Ergänzung durch viele unregelmäßig angelegte Kriställchen.

## Mineralassoziationen mit Zeolithen im Amphibolgneis und Amphibolschiefer.

Eine interessante Assoziation von Zeolithen wurde in den letzten Jahren in den Klüften des Amphibolgneises in dem Steinbruche am Fuße des Fellberges bei Stettenhof (Zöptau) nachgewiesen.<sup>1)</sup> Der dort anstehende Amphibolgneis besteht aus einer feinkörnigen Orthoklas, Albit und Quarz führenden weißen Grundmasse, in welcher schwarze Hornblendeindividuen parallele Streifen und Striemen bilden. Als Akzessorien treten darin Biotit, Epidot, Pyrit, Kalzit, Sphen, nach Kretschmer außerdem noch „grasgrüner Chlorit, blaugrüner Serpentin, Muskovit und braunroter Granat“ auf, also sämtlich Minerale, welche als Neubildungen zu betrachten sind. Auf den Flächen der durch das Gestein verlaufenden Klüfte (Schichtungsklüfte nach Kretschmer) finden sich stellenweise erbsengelbe, selten farblose Chabasitkristalle aufgewachsen, zu welchen sich noch hie und da winzig kleine bläulichweiße Heulanditkristalle, ferner zu Bündeln und garbenförmigen Aggregaten verwachsene weiße oder gelbliche Desminkristalle und nach Kretschmer auch noch lokal auftretende moosähnliche, erbsengelb, rostgelb oder gelbbraun gefärbte, selten wasserhelle Überzüge gesellen, welche er für Aggregate von winzig kleinen Thomsonitkristallen hält, für deren Identität mit Thomsonit er aber außer der unter dem binokularen Mikroskop beobachteten Kristallform keinerlei weitere Beweise erbringt. Kommen auch Epidotkriställchen in der Assoziation vor, so bilden dieselben ölgrüne Überzüge auf den Klufflächen, zu welchen sich nach Kretschmer noch Kristalle und Körner von epigenetisch gebildetem Aktinolith, weißer bis fleischroter Adular, Pyrit, Göthit und Limonit, endlich auch noch Kalzit und braungelber Granat gesellen sollen. Aktinolith und Epidot sind nach Kretschmer auf den Klüften allgegenwärtig und bilden die Grundlage für die Zeolithe oder sind mit ihnen verwachsen. Insbesondere enthält der Chabasit häufig Einschlüsse von Aktinolith, was für die Gleich-

<sup>1)</sup> Autor, Die Zeolithe aus dem Amphibolgebiet von Zöptau in Mähren. (Mitt. d. Kommission z. naturwiss. Durchforschung Mährens in d. Zeitschrift d. mähr. Landesmuseums, V. Bd., Brünn, 1905.) — Fr. Kretschmer, Die Zeolithe am Fellberge in Petersdorf nächst Zöptau i. M. (Zentralblatt f. Min. usw., Jahrgang 1905, p. 610.)

zeitigkeit dieser beiden Minerale spricht. — Was die unter den Akzessorien angeführten Pyrite anlangt, so erscheinen dieselben hauptsächlich in solchen Partien des Amphibolgneises eingesprengt, welche durch vorherrschenden Biotit eine dunkle Färbung zeigen. Die Titanite (Sphene) findet man in kalzitführenden Partien des Gesteines im Kalzit eingewachsen. Dort, wo Kalzit vorkommt, fehlen die Zeolithe, während dort, wo letztere vorkommen, wieder der erstere fehlt. Dieser Umstand ist wohl darauf zurückzuführen, daß der Kalzit sekundär durch Zersetzung des Kalksilikates durch kohlenensäureführende Wässer entsteht, während die Zeolithe in der Regel nur durch Einwirkung von kohlenensäurefreiem Wasser auf die Silikate des Nebengesteines entstehen können.

Die Paragenesis der Minerale auf den Klüften des Amphibolgneises im Steinbruche am Fellberge läßt erkennen, daß die Chabasitkristalle entweder direkt auf den Klüftflächen des Gesteines oder auf epigenetischen Rinden von Strahlstein und Epidot aufgewachsen sind und daß dieselben hie und da von Heulandit- und Desmingruppen bedeckt erscheinen. Nach Kretschmer sollen auf allen genannten Zeolithen die aus Thomsonitaggregaten gebildeten moosähnlichen Überzüge angesiedelt vorkommen. Daraus ergibt sich nun, daß der Chabasit sich zuerst und der Thomsonit zuletzt aus der wässrigen Minerallösung in den Klüften ausgeschieden hat, daß also, — die Richtigkeit der Beobachtung Kretschmers vorausgesetzt — der Chabasit das älteste, der Thomsonit das jüngste Glied in der Folge der Bildungen (Sukzession) ist. Die Paragenesis der Zeolithe läßt daher die Sukzession: Chabasit, Heulandit, Desmin und Thomsonit erkennen. Diese vier Zeolithe haben eine analoge Zusammensetzung: sie bestehen nämlich alle aus wasserhaltendem Kalk- und Aluminiumsilikat und unterscheiden sich bloß durch ihren relativen Kieselsäure- und Wassergehalt voneinander. Kretschmer meint, daß bei der Bildung dieser Zeolithe der Chabasit sich zwar zuerst ausgeschieden habe, daß jedoch nach seiner Ausscheidung ein Stillstand eingetreten sei, nach welchem sich dann erst die anderen Zeolithe in der Weise ausschieden, daß das kieselsäurereichste Glied der Assoziation zuerst, das kieselsäureärmste zuletzt aus der Minerallösung ausgeschieden wurde, wodurch die Sukzession: Heulandit, Desmin, Thomsonit entstanden sei.

Die auf einem dunkelgrünen Amphibolit aufgewachsenen Apophyllitkristalle, welche ich mit weißgrauen Heulandit-

kristallen assoziiert auf einer Halde vor der Sylvanizeche bei Siebenhöfen (Wermsdorf) im Jahre 1899 nachgewiesen habe,<sup>1)</sup> sind der einzige Fund von Apophyllit, welcher bisher in diesem Gebiete gemacht wurde;<sup>2)</sup> sie sind jedoch ein Beweis dafür, daß sich auch dieser Zeolith, allerdings als eine große Seltenheit, in den kristallinen Schiefen dieses Gebietes bilden könne. Da sowohl der Apophyllit als auch der Heulandit Kalksilikat enthalten -- ersterer ist nämlich ein wasserhaltendes Kalksilikat mit K. und Fl., der letztere ein wasserhaltendes Kalktonerdesilikat — so ist es höchst wahrscheinlich, daß beide ihre Entstehung hauptsächlich dem in den Amphiboliten vorkommenden kalkhaltigen Plagioklas verdanken. Bei der Bildung des Apophyllits, der kaliumhaltig ist, dürfte wohl auch der den Plagioklas begleitende Orthoklas mitgewirkt haben. In der Assoziation dieser beiden Zeolithe hat sich den paragenetischen Verhältnissen zufolge der tonerdehaltende Heulandit zuerst und der tonerdefreie Apophyllit zuletzt abgesetzt.

Auf den Klüften des Amphibolschiefers im Schwarzgraben bei Wermsdorf kommen sehr schöne Prehnitkristalle mit durch Chloriteinschlüsse grün gefärbten Bergkristallen assoziiert vor. Diese Prehnitkristalle wurden zuerst von G. vom Rath mit der Fundortangabe „Spitzberg“ bei Wermsdorf beschrieben.<sup>3)</sup> Die topographischen Verhältnisse dieses interessanten Vorkommens sind von Kretschmer<sup>4)</sup> ausführlich geschildert worden. Nach Kretschmer ist der Amphibolschiefer, welcher das Muttergestein dieser Mineralassoziation bildet, ein dichter, fester dünn-schieferiger Amphibolit von schwärzlichgrüner Färbung, welcher in mächtigen Zonen abgelagert ist; derselbe enthält örtlich außer der überwiegenden Hornblende Chlorit — entstanden durch Zersetzung der letzteren — als wesentlichen Gemengbestandteil und Quarz, Orthoklas, Kalzit und Pyrit und in der Nähe der prehnitführenden Klüfte auch derben Prehnit als Akzessorien. Er läßt deutliche Schieferung aber auch eine deutliche Schichtung in mehr

---

<sup>1)</sup> Autor, Über ein neues Apophyllit- und Heulanditvorkommen im mähr. Gesenke. (Tschermaks Mineral. und petrogr. Mitt., Bd. 19, 1900.)

<sup>2)</sup> Das Fundstück befindet sich in meinem Besitze.

<sup>3)</sup> G. vom Rath. Mineralien v. Zöptau. (Groth's Zeitschrift, V. Bd., 254.)

<sup>4)</sup> Prehnitvorkommen im Schwarzgraben bei Wermsdorf. (Kretschmer, Mineralfundstätten v. Zöptau in Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 14. Bd., 1895, 172.)

oder minder mächtige Bänke erkennen und erscheint durch zweierlei Klüfte, Längs- und Querklüfte, in rhomboëdrische Parallelopede zerfällt. Die Querklüfte sind es, welche das Prehnitvorkommen führen. Ihre Flächen sind mit Bergkristallen bekleidet, welche entweder unmittelbar auf dem Amphibolit aufgewachsen sind oder auf einer Rinde von Chlorit mit derbem Prehnit aufsitzen; sie sind zu Drusen und Gruppen verbunden und innerhalb des engen Kluftraumes kreuz und quer verwachsen und überwiegend durch Chloriteinschlüsse grün gefärbt. Auf diesen Bergkristallen sitzt als jüngste Bildung<sup>1)</sup> der Prehnit in farblosen bis strohgelben 8 mm großen Täfelchen oder als kristallinisch-blätterige Übrerrindung auf. Außerdem beobachtete man auf den Drusen dünne ebenflächige Rinden von Prehnit oder Prehnitkristallen, welche zwischeneinander schmale Kanäle offen lassen und von G. vom Rath als Pseudomorphosen von Prehnit nach Kalzit gedeutet wurden.<sup>2)</sup> Der Kalzit besaß nämlich eine nach R angeordnete lamellare Struktur. Infolge von Verwitterung entstanden in demselben längs der Lamellen papierdünne Zwischenräume — die oben erwähnten Kanäle — worin sich später der Prehnit in jenen ebenflächigen Rinden abgeformt hat. Der Kalzit ist an den Stufen ganz verschwunden; doch deuten außer den scheibenförmigen Rinden von Prehnit noch Einschnitte und Gegenwachsungsflächen an den Bergkristallen, ferner in Zellenräumen nach Kalzit tafeln gebildete Thuringitformen, welche auf den Zöptauer Lagerstätten das wiederholen, was V. v. Zepharovich<sup>3)</sup> in seiner trefflichen Arbeit „Thuringit vom Zirmsee in Kärnten“ beschrieben hat, auf sein früheres Vorhandensein. Die Einschnitte und Gegenwachsungsflächen an den Bergkristallen sind nämlich unzweifelhafte Beweise der ursprünglichen Anwesenheit des Kalzits, der sich demnach auch hier, wie auf so manchen plutonischen und kristallinisch-schieferigen Lagerstätten als primäres Mineral erweist (G. v. Rath). — Der Chlorit kommt außer als Einschluß in den Bergkristallen auch

<sup>1)</sup> Da nach Kretschmer die Prismenflächen der Bergkristalle öfters Zellenräume nach Prehnit wahrnehmen lassen, so müssen auch erstere bisweilen als jüngere Bildung aufgefaßt werden.

<sup>2)</sup> Pseudomorphosen von Prehnit nach Kalzit, und zwar von Niederkirchen, wurden bereits von Blum als Umhüllungsformen nach — 2 R im II. Nachtrage zu seinen „Pseudomorphosen des Mineralreiches“, S. 98 beschrieben.

<sup>3)</sup> Groths Zeitschrift, I. Bd., S. 371.

noch auf den Schichtflächen des Amphibolits in sechseckigen Täfelchen oder als kristallinisch-blätterige Aggregate in Begleitung von kleinen Bergkristallen vor; er ist zumeist schwärzlichgrün, matt, bisweilen lauchgrün, perlmutterglänzend. Die Kristalle sind entweder direkt auf dem Amphibolit aufgewachsen oder verkitten die Bergkristalle oder sind endlich zu regellosen Gruppen verwachsen. Auf den auf Amphibolit aufgewachsenen Quarzkristallen finden sich farblose oder lichtbraune Titanitkristalle aufgewachsen oder eingesenkt vor.<sup>1)</sup> Der Chlorit bildet sich hier durch Umwandlung der Hornblende des Amphibolschiefers, wobei gleichzeitig auch Kieselsäure frei wird; beide werden in wässriger Lösung hinweggeführt und in den Klüften als Chlorit beziehungsweise als Bergkristalle abgesetzt. Der die Bergkristalle begleitende Prehnit verdankt seine Entstehung dem in den Amphiboliten vorkommenden kalkhaltigen Plagioklas, vielleicht auch dem Kalksilikat der Hornblende. Der Titanit endlich bildet sich jedenfalls auf Kosten des in den Amphiboliten dieser Gegend vorkommenden Titaneisens. Was die Bildung der in den Klüften der Amphibolite von Zöptau vorkommenden Zeolithe<sup>2)</sup>: Chabasit ( $[\text{Ca}, \text{Na}_2] \text{Al}_2 \text{Si}_4 \text{O}_{12} + 6 \text{H}_2\text{O}$ ), Heulandit ( $\text{CaAl}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16} + 6 \text{H}_2\text{O}$ ), Desmin ( $\text{CaAl}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16} + 7 \text{H}_2\text{O}$ ), Thomsonit ( $2 \text{CaAl}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8 + 5 \text{H}_2\text{O}$ ), Apophyllit ( $4 [\text{Ca}_2 \text{H}_6 \text{Si}_3 \text{O}_{11}] \cdot \text{K}_2 \text{H}_8 \text{Si}_3 \text{O}_{11}$ ) und Prehnit ( $\text{H}_2 \text{Ca}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$ ) anlangt, so ist es höchst wahrscheinlich, daß der in den Zöptauer Amphiboliten als wesentlicher Gemengbestandteil auftretende kalkhaltige Plagioklas das Material zu ihrer Bildung geliefert hat. Nach Bischof<sup>3)</sup> liefern die Hornblenden und Plagioklase der Amphibolite stets das Material für die Bildung der in ihren Klüften vorkommenden Zeolithe. Zwar konnte ich nicht ermitteln, ob nicht auch die in unseren Amphiboliten als Hauptgemengbestandteil auftretende Hornblende bei der Bildung der Zeolithe mitgewirkt hat; ich glaube jedoch, daß sämtliche hier vorkommende Zeolithe dem in unseren Amphiboliten vorkommenden Plagioklas ihre Entstehung verdanken. Da die meisten derselben bei analoger Zusammensetzung neben  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auch  $\text{CaO}$  enthalten, so kann nur ein kalkhaltiger Plagioklas das Material zu ihrer Bildung geliefert haben. Nun

<sup>1)</sup> G. vom Rath, Mineralien von Zöptau. (Groths Zeitschrift f. Kristallographie und Mineralogie, V. Bd., 1881, 253.)

<sup>2)</sup> Die Formeln nach Tschermak, Min., 1905, 561.

<sup>3)</sup> Bischof, Chem. und physik. Geologie, II. Bd., 649.

enthalten die Zöptauer Amphibolite außer Orthoklas ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$ ) noch Albit ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$ ). Weder der reine Orthoklas noch der reine Albit enthalten, wie die chemischen Formeln zeigen, CaO. Woher haben also die genannten Zeolithe das CaO genommen? Es ist Tatsache, daß der Albit niemals ganz rein ist, sondern stets etwas CaO, gewöhnlich unter 1%, seltener 1—2% vom beigemengten Anorthit ( $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$ ) enthält, und das Kalksilikat für die Bildung der Zeolithe stammt wahrscheinlich aus dieser Quelle.

Die Zeolithe sind sekundäre Minerale, welche in Gesteinen auftreten, zu deren Bestandteilen kieselsäurearme Feldspate (Labradorit, Anorthit) oder Leuzitoide gehören. Die Zeolithe sind nun die Zersetzungs- und Auslaugungsprodukte dieser letzteren und gelangen als solche in den Drusen- und Blasenräumen dieser Gesteine als jüngste Bildungen zum Absatz; sie bestehen gewissermaßen aus regenerierter, wasserhältiger Feldspatsubstanz und erscheinen daher wie gewässerte (hydratisierte) Plagioklase oder Leuzitoide. Da die hier in Rede stehenden Zeolithe fast durchwegs Kalksilikat enthalten und dieses durch kohlen säureführende Wässer unter Bildung von kohlen saurem Kalk leicht zersetzt wird, so muß angenommen werden, daß bei ihrer Bildung Wasser eingewirkt hat, welches keine Kohlensäure enthielt; denn durch kohlen säureführende Wässer hätte sich statt der Zeolithe Kalzit gebildet. Es konnte daher nur ganz reines Wasser oder solches, welches nur sehr wenig Kohlensäure enthielt, auf die Plagioklase eingewirkt haben; dieses durchdrang die Substanz derselben von Atom zu Atom und hydratisierte sie auf diese Weise vollständig. Dieselben wurden durch weiter hinzutretendes Wasser allmählich aufgelöst und durch Risse und Spalten des Muttergesteines hinweggeführt und in den Klüften derselben in Form von Kristallen als Infiltrationsprodukte abgesetzt.<sup>1)</sup>

So sicher es feststeht, daß die Plagioklase einen Teil des Materiales zur Bildung der Zeolithe geliefert haben, so sind doch Umwandlungen derselben in Zeolithe nicht häufig beobachtet worden.<sup>2)</sup> Fischer fand den Plagioklas des Diorits von Freiberg i. B. unmittelbar in Prehnit umgewandelt. Der zur Umwandlung notwendige Kalzit war neben dem Plagioklas vor-

1) Credners Geologie, 1876, 201. — Bischof, Chem. Geologie, 1864, 362.

2) Roth, Chem. Geologie, 311.

handen;<sup>1)</sup> Höfer sah den Andesin des Melaphyrporphyrs von Steffanekowa, Niedere Tatra, südlich von Lučivna, in Heulandit umgewandelt.<sup>2)</sup> Nach Pumpelly gehen aus dem Plagioklas (Labradorit) der Grünsteine am Lake superior Prehnitpseudomorphosen hervor, welche sich in Chloritpseudomorphosen umsetzen.<sup>3)</sup> Ähnlich entstehen Analcim und daraus Chloritpseudomorphosen.<sup>4)</sup>

### Assoziation von Granat mit Quarz, Hornblende, Orthoklas, Epidot und Asbest im Hornblendegneis am Hofberg bei Wermsdorf.<sup>5)</sup>

Auf einem gegen die Wermsdorfer Straße gerichteten Abhange des Hofberges, eines Ausläufers des Erzberges, sind Steinhalden, sogenannte „Steinrücken“ aufgeschichtet, welche aus Gesteinstücken bestehen, die sich bei näherer Betrachtung als Granatfels erweisen. Leider habe ich dieses Gestein trotz eingehender Untersuchung der Umgebung nirgends anstehend gefunden, vermute jedoch, daß diese Granatfelsstücke Trümmer eines Gesteines sind, welches an Ort und Stelle ansteht. Einzelne von diesen Granatfelsstücken haben Hornblendegneis als Unterlage, aus welchem der ganze Abhang besteht und es ist daher höchstwahrscheinlich, daß der Granatfels dem Hornblendegneis eingelagert war oder vielleicht einige den letzteren durchsetzende Klüfte ausfüllte.

Der Granatfels ist dunkelziegelrot (eisenrot) und zeigt hie und da, besonders an den Wänden kleiner Hohlräume in demselben, mehr weniger deutliche Kristalle, welche ihrem Aussehen nach an die Hessonite (Grossulare) von Friedeberg in Schlesien erinnern. Der Granat erscheint in dem Granatfels mit dunkelgrüner Hornblende, die stellenweise in lichtgrünen Asbest übergeht, ferner mit weißem Quarz und Orthoklas assoziiert. Letzterer erscheint in den Klufträumen als Adular auskristallisiert. Einzelne

<sup>1)</sup> Jahrb. Miner., 1862, 436 und ff.

<sup>2)</sup> ib. 1871, 145.

<sup>3)</sup> Proc. Americ. Acad. of arts and sc., 13, 274. 302, 304 usw. 1878.

<sup>4)</sup> l. c. 281.

<sup>5)</sup> Siehe des Autors „Granat vom Hofberg bei Wermsdorf“ in Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., Bd. 21, p. 349.

Stücke des Granatfels sind überdies auch von Adern mit lebhaft grünen Epidotnadeln und lichtgrünem Asbest durchzogen.

Das Zusammenvorkommen von Granat mit Hornblende und Quarz läßt darauf schließen, daß dieser Granat durch Umwandlung von Hornblende entstanden sei. Der beigemengte Quarz dürfte auf die Ausscheidung der Kieselsäure bei diesem Umwandlungsprozeß zurückzuführen sein.<sup>1)</sup>

Sowie der Granat scheint auch der Epidot seine Entstehung der Umwandlung der Hornblende zu verdanken, und zwar durch die Mittelstufe Asbest, welcher gleichfalls in der Assoziation vorhanden ist. An einzelnen Stellen bemerkt man nämlich, wie die lichtgrünen Asbestfäden allmählich in Epidotnadeln übergehen, indem einzelne Kristallbündel des Epidot an der Basis noch Asbest, oben aber bereits in Epidot umgewandelt erscheinen. Es hat also hier eine Umwandlung der Hornblende in Epidot durch die Mittelstufe Asbest stattgefunden, wie sie für den Epidot von Zöptau bereits von V. v. Zepharovich früher nachgewiesen wurde.<sup>2)</sup>

### Mineralassoziatiön in den Klüften des Strahlsteinschiefers.

In einer Kluft eines Strahlsteinschieferblockes im großen Topfsteinbruche an der Hüttellehne bei Wermsdorf entdeckte ich vor einigen Jahren eine interessante Mineralassoziatiön. Nach Entfernung der braunen Erde, welche den Klufttraum ausfüllte, bemerkte ich auf den Kluftflächen große, durch Amianteinschlüsse grün gefärbte Bergkristalle, welche zum Teile in dem Strahlsteinschiefer eingewachsen waren und keine ausgebildeten Enden erkennen ließen. Zwischen den Bergkristallen befand sich ein Gewirr von graugrünen und haarbraunen Amiantfäden, zwischen welchen kleine, grünlichweiße Apatitkristalle versteckt lagen. Auf einem Bergkristalle, welcher mit einer seiner Prismenflächen auf der Kluftfläche angewachsen war, und auch auf den Kluftflächen selbst saßen einige kleine gelbgrüne Titanite auf.<sup>3)</sup> Alle genannten Minerale und

<sup>1)</sup> Bei der Umwandlung von Hornblende in Granat (Hessonit) wird CaO und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aufgenommen und MgO und SiO<sub>2</sub> ausgeschieden.

<sup>2)</sup> Sitzungsber. d. Gesellschaft der Wiss. in Prag, 1865: V. v. Zepharovich, Epidot von Zöptau in Mähren.

<sup>3)</sup> Dieses Titanitvorkommen hat Autor im Jahre 1901 in Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., 20. Bd., 179 ausführlich beschrieben.

auch die Klufflächen selbst waren zum Teil mit weißen perlmuterglänzenden Talkschüppchen bedeckt. In der den Kluftraum ausfüllenden braunen Erde fand ich einige flächenreiche, aber sehr verzerrte, oberflächlich in Limonit umgewandelte Pyritkristalle eingebettet. Da derartige Pyritkristalle auch in dem Strahlsteinschiefer eingewachsen waren, so ist es höchstwahrscheinlich, daß auch die losen in der braunen Erde eingebetteten früher eingewachsen waren, durch Verwitterung des Muttergesteines jedoch lose geworden sind.

Diese interessante Mineralassoziation, welche die Sukzession: Asbest (Amiant), Bergkristall, Apatit, Titanit und Talk erkennen läßt, verdankt ihre Entstehung dem Strahlsteinschiefer, in dessen Kluftraum sie eingeschlossen vorkam; sie läßt auf die Veränderungen schließen, welche der Strahlsteinschiefer durch die Einwirkung der atmosphärischen Wässer durchgemacht hat und welche, wie wir später zeigen werden, seine Umbildung in Topfstein zur Folge hat.

Der Strahlsteinschiefer, in welchem ich die genannte Mineralassoziation fand, besteht aus lauchgrünen, regellos miteinander verwachsenen Strahlsteinindividuen, etwas dunkelgrüner (gemeiner) Hornblende und dazwischenliegenden Chloritschüppchen. Außerdem kommen darin noch akzessorisch Pyrit, Titanisen und Apatit vor.

Der dem Strahlstein beigemengte Chlorit rührt von der tonerde- und eisenoxydhaltenden Hornblende her, welche im Strahlsteinschiefer den Strahlstein begleitet, und ist durch Verwitterung derselben entstanden. Auch die akzessorisch auftretenden Pyrite und Titanisen sind sekundäre Bildungen, welche sich in allen Gesteinen bilden, welche  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  und  $\text{TiO}_2$  enthalten.

Was die in den Klüften des Strahlsteinschiefers auftretenden Minerale anlangt, so ist zunächst der graugrüne und haarbraune Amiant (Asbest), der in Form von Fäden die Zwischenräume der Bergkristalle ausfüllt und in letzteren Einschlüsse bildet, als das erste Verwitterungsprodukt der Strahlsteinaggregate des Strahlsteinschiefers anzusehen.<sup>1)</sup> Aus dem Umstande, daß die Amiant-

<sup>1)</sup> Die Verwitterung in Asbest kommt außer bei Angit auch noch bei tonerdefreien, seltener bei tonerdehaltenden Hornblendenschiefern vor. Sichere Fundorte hierfür sind die Hornblendenschiefer von Zöptau. (Kenngott, Resultate mineral. Forschungen, 1862—1865, 170.)

fäden Einschlüsse in den Bergkristallen bilden, muß geschlossen werden, daß letztere eine spätere Bildung sind; sie verdanken ihre Entstehung der bei der Verwitterung des Strahlsteines und der Hornblende freigewordenen Kieselsäure. Es ist von Interesse, zu erwähnen, daß diese Bergkristalle keine ausgebildeten Enden erkennen lassen, sondern an ihrem abgebrochenen Ende in ein Gewirr von Amiantfäden übergehen. Die in dem Kluftraume auftretenden Talkschüppchen stammen aus dem Innern der Strahlsteinschiefermasse, in welcher sich die Strahlsteinindividuen durch Einwirkung der Tagwässer in Talk umgewandelt haben. Diese Umwandlung vollzog sich durch die Mittelstufe Asbest, in welchen sich der Strahlstein zunächst verwandelte. Dieser Talk wurde trotz seiner Schwerlöslichkeit im Laufe der Zeit von den Tagwässern zum Teil aufgelöst, hinweggeführt und in den Klüften in Form von perlmutterglänzenden Talkschüppchen abgesetzt. Da die Talkschüppchen in Form von Aggregaten nicht nur die Klufflächen, sondern auch alle anderen in dem Kluftraume assoziierten Minerale bedecken und auch zwischen den Amiantfäden zerstreut liegen, so muß angenommen werden, daß sich dieselben erst nach allen diesen Mineralen, also zuletzt abgesetzt haben und infolgedessen das letzte Glied der Sukzession bilden. Die in dem Kluftraume vorkommenden Titanite verdanken ihre Entstehung dem in den Strahlsteinschiefern und in den Amphiboliten dieser Gegend als akzessorischer Bestandteil auftretenden Titanisen. Den zur Bildung des Titanits notwendigen Kalk sowie die Kieselsäure lieferte der Strahlstein und die Hornblende bei ihrer Verwitterung zu Talk, beziehungsweise Chlorit.<sup>1)</sup> Der Apatit, welcher in Form von kleinen Kriställchen in dem Fadengewirr des Amiants vorkam, ist kein Umwandlungsprodukt, sondern bloß ein Auslaugungsprodukt, entstanden aus dem in den Strahlsteinschiefern in mikroskopischen Kriställchen vorkommenden Apatit, welcher einen mikroskopischen Bestandteil der meisten Gesteine bildet. Die in dem Strahlsteinschiefer vorkommenden mikroskopischen Apatitkriställchen wurden von den kohlen säurehaltenden Tagwässern aufgelöst — nach Bischof<sup>2)</sup> lösen 10000 Teile kohlen säurehaltenden Wassers 1·036 Teile Apatit auf — und in dem Kluftraum in Form von grünlichweißen Kristallen abgesetzt.

<sup>1)</sup> Titanit auf Kosten von Titanisen gebildet, erwähnt Volger aus dem Pfischtal in Tirol. (Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien, 1859, 518—521.)

<sup>2)</sup> Bischof, Geologie, II. Bd., 242.

## Über die Bildung von Asbest, Talk und Chlorit im Strahlsteinschiefer.

Der Strahlstein erleidet durch die Einwirkung der kohlen-säureführenden Tagwässer einen mit Aulaugung verbundenen Verwitterungsprozeß und wird infolgedessen zuerst in Asbest und endlich in Talk umgewandelt. Die Umwandlung des Strahlsteines in Asbest gibt sich äußerlich durch die Annahme einer feinfaserigen Struktur zu erkennen; hierbei verliert der Strahlstein einen Teil der Kalkerde ( $\text{CaO}$ ). Wird die Kalkerde gänzlich und die übrigen Basen mit Ausnahme der Magnesia ( $\text{MgO}$ ) zum größten Teil entfernt, so geht der Strahlstein endlich in Talk über.

Bei diesen Umwandlungen des Strahlsteines, dessen chemische Zusammensetzung nach Tschermak durch die Formel  $\text{CaO} \cdot 2 \text{Mg}(\text{Fe})\text{O} \cdot 4 \text{SiO}_2$  ausgedrückt wird, wirken zunächst die in den Tagwässern in geringen Mengen aufgelösten Magnesiumsalze (z. B. Magnesiumbikarbonat) auf das leicht zersetzbare Kalksilikat und das etwa in geringer Menge vorhandene Tonerdesilikat in der Weise ein, daß das  $\text{CaO}$  beziehungsweise das  $\text{Al}_2\text{O}_3$  durch  $\text{MgO}$  zum Teil verdrängt werden. Das Eisenoxydsilikat wird jedoch durch Magnesiumsalze nicht zersetzt.<sup>1)</sup> Aus den Abscheidungen von Kalkspat und Quarz, welche man in der Talkmasse findet, muß jedoch geschlossen werden, daß ein Teil des Kalksilikates und wohl auch ein Teil des Eisenoxydsilikates und die etwa in Spuren vorhandenen Alkalisilikate durch die in den Tagwässern aufgelöste freie Kohlensäure zersetzt werden, wobei die Karbonate des Kalkes, des Eisenoxyds und der Alkalien und endlich auch Kieselsäure abgeschieden werden. Die genannten Karbonate und die freigewordene Kieselsäure werden entweder ganz oder zum Teil, und zwar die Karbonate als Bikarbonate, von den kohlen-säureführenden Tagwässern aufgelöst und in wässriger Lösung entführt. Ein Teil des Eisenoxydsilikates wird durch den in den Tagwässern aufgelösten freien Sauerstoff zu Eisenoxysilikat oxydiert, wobei etwas Magnet-eisen ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) abgeschieden wird.<sup>2)</sup> Das Eisenoxysilikat wird aber durch die Kohlensäure der Tagwässer nicht zersetzt, da das Eisen-oxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) mit der Kohlensäure keine Verbindung eingeht.

1) Bischof, Chem. und physikal. Geologie, 1864, 2. Aufl., 2. Bd., 864.

2) Bischof, Geologie, II, 816.

Als Rückstand dieses mit Auslaugung verbundenen Zersetzungsprozesses bleibt das durch kohlenensäureführende Tagwässer nur äußerst schwer zersetzbare Magnesiumsilikat zurück, welches sich durch Aufnahme von Wasser in wasserhaltendes Magnesiumsilikat, den Talk, dessen chemische Zusammensetzung nach Tschermak durch die Formel  $H_2O \cdot 3 MgO \cdot 4 SiO_2$  ausgedrückt wird, verwandelt hat. Derselbe behält indes geringe Mengen von  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  und  $Al_2O_3$  zurück; denn nur die Silikate des Kalkes und der Alkalien werden bei diesem Umwandlungsprozesse gänzlich, die schwerer zersetzbaren Silikate des Eisenoxyduls, der Tonerde jedoch nur unvollständig, das Eisenoxydsilikat jedoch gar nicht zersetzt. Der dem Talk nie fehlende Eisengehalt zeigt, daß bei seiner Bildung aus Strahlstein das Eisenoxydulsilikat des letzteren am schwersten zersetzt wurde. Wirkt nämlich nicht gleichzeitig die Kohlensäure ein und wird die Fortführung des Eisenoxyduls als Karbonat nicht durch die reduzierende Wirkung organischer Substanzen unterstützt, so bleibt das Eisenoxydulsilikat, soweit es nicht zu Eisenoxydsilikat oxydiert wurde, ganz oder teilweise zurück. Leichter zersetzbar ist das Tonersilikat, während das Eisenoxydsilikat weder durch Magnesiumsalze noch durch die Kohlensäure der Tagwässer zersetzt wird.<sup>1)</sup> Was das Magnesiumsilikat anlangt, so wird dasselbe durch die Kohlensäure erst dann zersetzt, wenn die anderen Silikate gänzlich zersetzt worden sind und wenn es sich im gelösten Zustande befindet. Da es nur schwer löslich ist, so erklärt sich daraus, daß der aus demselben bestehende Talk zu den widerstandsfähigsten Mineralen gehört.<sup>2)</sup>

Der in der Strahlsteinschiefermasse durch Verwitterung des Strahlsteines entstandene Talk wird aber trotz seiner Schwerlöslichkeit bei lang andauernder Einwirkung der Tagwässer zum Teil aufgelöst und in den Klüften des Strahlsteinschiefers in Form von weißen perlmutterglänzenden Schüppchen abgesetzt.

Für die Bildung des Talkes aus Strahlstein sprechen die von mir im „Schlafwinkel“ bei Wermsdorf nachgewiesenen Pseudomorphosen von Talk nach Strahlstein; ich fand dort Strahlsteinaggregate mit braunem Eisenocker in den Zwischenräumen, deren Individuen sich mit dem Messer leicht ritzen ließen, welche

1) Bischof, Geologie, II, 813.

2) Bischof, Geologie, II, 334.

also bereits zum Teil in Talk umgewandelt waren. Ferner fand ich an demselben Orte Stücke von Strahlsteinschiefer, dessen Individuen zum größten Teil in faserigen Talk umgewandelt waren. Auf einer Klufffläche waren weiße perlmutterglänzende Talkschüppchen und brauner Eisenocker ausgeschieden, welche sich als Produkte der Verwitterung des Strahlsteines in einem Kluffraum des Strahlsteinschiefers abgesetzt hatten. Für die Umbildung des Strahlsteines in Talk überhaupt sprechen zahlreiche Pseudomorphosen, welche an verschiedenen Orten nachgewiesen wurden. Schon Sillem<sup>1)</sup> beschrieb eine solche Pseudomorphose vom Wildkreuzjoch im Pfitschtal in Tirol. Ziemlich vollkommene Kristalle in Strahlsteinform waren ganz in grünlichgrauen seidenglänzenden Talk umgewandelt. Volger<sup>2)</sup> beschrieb Pseudomorphosen nach Strahlstein aus dem Urserental in Tirol, H. Müller<sup>3)</sup> fand in Talk umgewandelten Strahlstein in Greifenstein. Strahlstein von Heinrichsberg bei Magdeburg und von Orijärfoi, Finnland, fand Sillem zum Teil unter Erhaltung der strahligen Zusammensetzung in Speckstein umgewandelt. Bald war die Umwandlung eine vollständige, bald eine äußerliche.<sup>4)</sup>

Da die Strahlsteinindividuen in den Zöptauer Strahlsteinschiefeln von tonerdehaltender (gemeiner) Hornblende begleitet werden, so sind bei der Verwitterung des Strahlsteinschiefers auch die Bedingungen zur Bildung von Chlorit gegeben. Auch in den Hornblendeschiefeln (Amphiboliten) verwandelt sich die Hornblende in Chlorit, wodurch dieselben in Chloritschiefer umgebildet werden. Die Umbildung der Hornblende in Chlorit erklärt das Vorhandensein von Chloritschüppchen in den Strahlsteinschiefeln.

Auch die Bildung des Chlorits beruht, ebenso wie die Bildung des Talkes, auf einem mit Auslaugung verbundenen Verwitterungsprozesse. Die Verwitterung der Hornblende gibt sich äußerlich in einer Erweichung der Masse und in der Annahme einer blätterigen und schuppigen Struktur zu erkennen; hierbei tritt die Kalkerde ganz und das Eisenoxydul mehr weniger aus der Verbindung. Auch

---

<sup>1)</sup> Jahrbuch der Min., 1851, 403 = Blum, Pseudomorphosen, III. Nachtrag, 137.

<sup>2)</sup> Entwicklungsgeschichte d. Mineralien der Talkglimmerfamilie, 1855, 549 ff. = Blum, Pseudomorphosen d. Min., III. Nachtrag, 138.

<sup>3)</sup> Jahrbuch d. Min., 1846, 280.

<sup>4)</sup> Jahrbuch d. Min., 1852, 521 = Blum, Pseudomorphosen, II. Nachtrag, 12.

hier wird die Umbildung durch kohlen säurehaltende Tagwässer eingeleitet und verursacht; sie beginnt mit der höheren Oxydation des Eisens des in der Hornblende enthaltenen Eisenoxydulsilikates, wodurch Eisenoxydsilikat gebildet wird, welches durch kohlen säurehaltende Wässer nicht zersetzt werden kann, da das Eisenoxyd mit der Kohlen säure keine Verbindung eingeht. Bei dieser Oxydation wird Magneteisen abgeschieden. Ferner treten, wie schon oben erwähnt, die Kalkerde und das Eisenoxydul zum Teil aus der Verbindung aus. Dies wird durch die Kohlen säure der Tagwässer bewirkt, welche das Kalksilikat gänzlich und das Eisenoxydulsilikat teilweise zersetzen und die Kalkerde und das Eisenoxydul als Bikarbonate und zugleich auch die hierbei freigewordene Kieselsäure fortführen.<sup>1)</sup> Es bleiben sohin ein wasserhaltendes schwer zersetzbares Magnesiumsilikat und die durch kohlen säureführende Wässer überhaupt unzersetzbaren wasserhaltenden Silikate der Tonerde und des Eisenoxyds als Rückstand zurück. Dieser Rückstand bildet die Chloritmasse, deren chemische Zusammensetzung nach Tschermak einer isomorphen Mischung zweier Silikate:  $2\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$  und  $2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_3$  entspricht, welche aber außerdem noch jene Silikate führt, welche statt  $\text{MgO}$   $\text{FeO}$  und statt  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$  enthalten. Daß bei der durch den freien Sauerstoff der Tagwässer bewirkten Oxydation des Eisenoxydulsilikates zu Eisenoxydsilikat Magneteisen in der Chloritmasse abgeschieden wird, wurde schon oben erwähnt. Die in der Chloritmasse zerstreuten Moleküle des Magnetits werden durch das Wasser ausgelaugt, zu größeren Komplexen vereinigt und mitunter auch in oktaedrischen Kristallen abgeschieden, welche man zuweilen in der Chloritmasse eingewachsen vorfindet. Die Kieselsäure, welche bei der Zersetzung der Silikate frei wird, wird entweder aufgelöst und entführt (die Kieselsäure ist in 10.000 Teilen Wasser löslich<sup>2)</sup>) oder ebenfalls in der Chloritmasse abgeschieden. Die Abscheidungen von Kalkspat,

<sup>1)</sup> Bischof, Geologie, II, 673, 684.

<sup>2)</sup> Es genügt deshalb das die Zersetzung bewirkende Wasser, sobald es an Kohlen säure reich ist, also rasch wirkt, nicht zur Auflösung und Fortführung der gesamten im gleichen Schritt mit dieser Zersetzung frei werdenden Kieselsäure. In diesem Falle bleibt der größte Teil der Kieselsäure zurück. Ist jedoch das Wasser nur arm an Kohlen säure, so geht die Zersetzung nur langsam vor sich, die geringen Mengen der ausgeschiedenen Kieselsäure werden gelöst und mit den kohlen sauren Alkalien und Erden fortgeführt.

Talk, Bitterspat, Magneteisen und Quarz in der Chloritmasse erklären sich aus dem früher Gesagten von selbst.

„Die indirekte Bildungsweise des Chlorits manifestiert sich durch Pseudomorphosen, welche Umwandlungen nach tonerdehaltenen Strahlsteinen und gemeiner Hornblende sind.“ (Tschermak, Min. 499.) Pseudomorphosen von Chlorit nach Strahlstein vom Greiner wurden schon von Reuß beschrieben (N. Jahrb. 1840, 336, als solche nach Hornblende), dann von Laube (Jahrb. d. geolog. R. A. 14. 378) und von Tschermak (Akademie d. Wiss. Wien, 53, 521) genauer untersucht. In den ausgezeichneten Syenit-Porphyrten der Gegend von Beicha, unfern von Leipzig, ist die Hornblende beinahe vollständig zu Chlorit umgewandelt (Blum, Pseudomorphosen, III. Nachtrag 167 = Zeitschrift d. geolog. Gesellsch. 10. 136. 1858 = Jahrb. d. Min. 1875. 789). Baranovski fand auch den Hornblendekern meist von Chloritadern durchzogen. Umwandlungen der Hornblende in Chlorit, und zwar zumeist vom Kern aus, beobachtete Kalkowsky an dem feinkörnigen Syenit in der Nähe des Schlosses Scharfenstein am rechten Zschopauufer (Jahrb. Min. 1876 cf. p. 148). Die Hornblende der Grünschiefer des sächsischen Erzgebirges fand Geinitz in Chlorit übergehend (Tschermaks Mineral. Mitt. 1873, 66).

Das Vorkommen von Chlorit in den Drusenräumen und Spalten der Gesteine beweist seinen Absatz aus Gewässern. Der Chlorit wird nämlich, freilich erst bei längerer Einwirkung der kohlensäurehaltenden Gewässer, zum Teil aufgelöst und in den Klüften und Spalten in Form von Kristallen abgesetzt. Obwohl er so wie der Talk zu den schwer zersetzbaren und infolgedessen widerstandsfähigsten Mineralen gehört, so kann er doch gleich diesem der Einwirkung der atmosphärischen Wässer auf die Dauer nicht widerstehen, wird endlich zersetzt und in einen durch Limonit braun gefärbten sandigen Ton verwandelt.

## Die Zöptauer Topfsteinlager und ihre Mineralassoziation.

Der Topfstein, eine zwischen Talk- und Chloritschiefer stehende Gesteinsart, bildet linsen- oder stockförmige Lager im Chlorit- und Hornblendeschiefer. Derartige Lager erscheinen an mehreren Orten der Umgebung von Zöptau in Brüchen abgeschlossen, von welchen der Topfsteinbruch am Storchberg,

nördlich von der Zöptauer Kirche, der bekannteste ist. Außerdem gibt es in dieser Gegend noch drei Topfsteinbrüche an der Hüttellehne bei Wermsdorf und endlich einen kleinen Topfsteinbruch im oberen Grundbachgraben zwischen Siebenhöfen und Schwagersdorf.

In allen diesen Brüchen wurde früher Topfstein, beziehungsweise Talkschiefer gewonnen, um zu verschiedenen technischen Zwecken, wie z. B. zu Gestellsteinen für die Zöptauer Hochöfen verwendet zu werden. Seitdem man aber zu dem genannten Zwecke statt Topfstein Quarzit verwendet, sind die Zöptauer Topfsteinbrüche aufgelassen worden und infolgedessen gegenwärtig mehr weniger verfallen.

Das Topfsteinlager am Storchberg, welches gegenwärtig bereits vollständig ausgebeutet ist, wurde, was seinen Schichtenbau anlangt, bereits von Glocker,<sup>1)</sup> später von G. vom Rath<sup>2)</sup> beschrieben. Nach G. vom Rath „läßt die ansehnlich große Aushöhlung desselben die Lagerung deutlich erkennen. Der Steatit (Topfstein) bildet eine bis 8 m dicke, im Streichen sich auskeilende flachlinsenförmige Masse, welche zunächst von einer dünnen Chloritschieferschale umschlossen ist und sich im zersetzten Glimmerschiefer befindet. Das Streichen der Schichten ist gegen ONO. gerichtet, das Fallen fast saiger. Die Lagerstätte liefert Kristalle von Magnetit sowie ausgezeichnete, wenngleich selten vorkommende Apatite. Einst hat hier eine bedeutende Topfsteingewinnung stattgefunden.“ Der Storchberg selbst, in welchem sich dieses Topfsteinlager befindet, besteht nach demselben Autor aus „wenig deutlich entwickeltem Glimmerschiefer, welcher zahlreiche Einlagerungen von Hornblendeschiefer, dem Muttergestein der berühmten Zöptauer Epidote, bildet.“ Nach meiner eigenen Beobachtung wechsellagert im Topfsteinbruche am Storchberg dunkler Hornblendeschiefer mit glimmerreichem rötlichen Gneis. An den Hornblendeschiefer grenzt Chloritschiefer, welcher die Schale der bereits abgebauten Topfsteinlinse bildete. Aus der Tiefe des trichterförmigen Bruches führt ein im Hornblendeschiefer ausgehauener Stollen zu einer vor demselben aufgeschütteten Halde, welche heute noch eine Fundstätte für sämtliche in dem Topfsteinlager vorkommenden Minerale bildet.

1) Jahrbuch d. geologischen Reichsanstalt in Wien, 1855, VI. 98.

2) Niederrheinische Gesellschaft in Bonn, 1880, XXXVII, 42.

Am Südrande des Bruches steht weißer Granitgneis an, welcher den Bruch gangförmig durchsetzt; derselbe läßt neben Quarz große bläulichweiße, unvollkommen ausgebildete Feldspatindividuen, spärlichen Muskovit und akzessorisch auftretenden Chlorit erkennen. Hinter dem knapp neben dem Bruchrande stehenden Hause treten die saigeren Hornblendeschieferschichten als Schichtenköpfe zutage mit einer durch Quarz ausgefüllten Schichtkluft. Der Chloritschiefer, welcher die dünne Schale der Topfsteinlinse bildet, enthält Aggregate von Strahlstein, welche gegen die Topfsteinmasse in grünlichgrauen Asbest übergehen. An der Grenze zwischen Chloritschiefer und Topfstein findet man zuweilen Partien von reinweißem Talk, welcher glasglänzende, lichtgrüne Strahlsteinnadeln oder -Aggregate einschließt.

Auf der vor dem Stollen aufgeschütteten Halde findet man Topfsteinstücke in allen Größen in großer Menge. Dieselben lassen zunächst erkennen, daß die Topfsteinmasse nicht gleichartig, sondern vielfach von Adern und Nestern von weißem bis apfelgrünem Talk durchsetzt war, in welchem graubraune individualisierte Massen von Bitterspat (Breunerit) eingewachsen waren. An diesen Trümmern bemerkt man auch, daß der Topfstein kleinere oder größere, zuweilen faustgroße Massen von Magneteisen einschloß. Neben den Topfsteinstücken findet man dort auch viele Chloritschieferplatten, welche von der dünnen Chloritschieferschale des Topfsteines herkommen und sehr schöne Oktaeder von Magnetit und spargelgrünem derben oder kristallisierten Apatit (Spargelstein) eingewachsen enthalten. Endlich findet man dort noch lauchgrüne Strahlsteinaggregate mit graugrünem Asbest, deren Rutsch- und Absonderungsflächen mit einem Überzug von weißem Talk bedeckt sind.

In jenen Partien der Topfsteinhüllen, in welchen die weißen Talkmassen mit den Strahlsteinnadeln vorkamen, fand man sehr schöne flächenreiche Apatitkristalle und dort, wo der Talk an den Chloritschiefer angrenzt, Plättchen von Titaneisen, welche als Pseudomorphosen von Titaneisen nach Titanit gedeutet wurden.<sup>1)</sup> In den Asbestmassen und wohl auch in dem Talke selbst wurden endlich Pyritkristalle eingewachsen gefunden, welche oberflächlich in Limonit umgewandelt waren.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Verh. d. naturforsch. Vereines in Brünn, 1880, 24.

<sup>2)</sup> a. a. O. 1877, 262.

Der Topfstein vom Storchberg besteht fast nur aus Talk und enthält nur wenig dunkelgrünen Chlorit, ist also eigentlich ein grünlichgrauer feinschuppiger bis körniger, deutlich geschieferter Talkschiefer, welcher, wenn der Chlorit ganz zurücktritt, gänzlich in grauen Talkschiefer übergeht; er führt außer Chlorit noch Magneteisen, Bitterspat, Biotit, Pyrit, selten auch Apatit als Akzessorien.<sup>1)</sup> — Der Talk, welcher den Topfstein in Adern und Nestern durchsetzt und auch in den Hüllen der Topfsteinlager vorkommt, ist weiß, gelblichweiß und lichtgrün gefärbt und besitzt eine feinschuppige bis blätterig-keilige Struktur.

Der Bitterspat (Breunerit) bildet hier individualisierte grünlichgraue Massen oder rhomboedrische Kristalle (mit der Polkante  $106^{\circ} 17'$ ),<sup>2)</sup> welche im weißen Talk eingewachsen vorkommen und eine ausgezeichnete rhomboedrische Spaltbarkeit aufweisen. Man findet auf der bereits erwähnten Halde ziemlich große Spaltungsstücke desselben, welche infolge der Verwitterung an der Oberfläche eine graubraune Färbung zeigen. Diesen Bitterspat führt v. Zepharovich a. a. O. als Dolomit an, ebenso jenen von Wermsdorf. Die Dichte desselben wird mit 2.92 angegeben.<sup>3)</sup> — Der Chlorit, welcher hier den Chloritschiefer bildet, ist nach Tschermak Klinochlor;<sup>4)</sup> er findet sich an der Grenze zwischen Topfstein und Hornblendeschiefer mit Strahlstein und Talk, ist helllauchgrün bis dunkelgrün und erscheint mitunter wellenförmig gefältelt, zeigt aber immer eine schuppig-schieferige Struktur. Seine Schuppen sind optisch zweiachsig (der Achsenwinkel beträgt  $22^{\circ}$ ) und lassen einen deutlichen Dichroismus (grün und gelb) erkennen. Er enthält als akzessorische Bestandteile noch Talk, Glimmer, Magnetit, Strahlstein, Titaneisen, Titanit, Bitterspat, Kalzit, Pyrit und Apatit. Auf den Klüftflächen desselben beobachtete ich deutliche Kristalle von Klinochlor. Der Magnetit, welcher hier derb im Topfstein sowohl als auch im Chloritschiefer vorkommt, findet sich auch in bis zu 1.5 cm im Durchmesser messenden oktaedrischen Kristallen

<sup>1)</sup> Roth, Geologie, 1887, II, 546. — Glocker, Jahrbuch d. geol. R.-A., 1855, VI, 98. — G. vom Rath, Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch., Bonn, 1880, 42.

<sup>2)</sup> v. Zepharovich, Min. Lex., 2. Bd., 1873, 115.

<sup>3)</sup> Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien, 8. Bd., 760. Dortselbst findet man auch Analysen dieses Bitterspats, ebenso in Rammelsbergs Handbuch der Mineralchemie, Leipzig, 1860, 6. Bd., 216.

<sup>4)</sup> Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien, 1891, 100. Bd., 35.

im letzteren eingewachsen. Diese Kristalle sind von schöner Ausbildung, erscheinen jedoch selten als Zwillinge ausgebildet.

Der Apatit kommt zunächst als Spargelstein derb oder in prismatischen Kristallen eingewachsen im Chloritschiefer vor; es wurden auch gelbe durchscheinende Kristalle im Talkschiefer eingewachsen gefunden.<sup>1)</sup> Ferner wurden hier in der Chloritschieferhülle im schuppigen Talk eingewachsene halbdurchsichtige Kristalle auf Aktinolith konstatiert.<sup>2)</sup> Schöne grüne durchsichtige Apatitkristalle von diesem Fundorte wurden, wie G. vom Rath<sup>3)</sup> berichtet, von George Hawes aus New Haven untersucht, welcher an denselben 9 verschiedene Partialformen konstatierte. Der Strahlstein (Aktinolith) bildet hier radialstrahlige bis strahligfaserige Aggregate von lauchgrüner bis dunkelgrüner Färbung, welche zuweilen so feinfaserig sind, daß sie in grünlichgrauen Asbest übergehen. Daß der Strahlstein hier in schönen glasglänzenden, hellgrünen, langsäulenförmigen Kristallen im weißen Talk eingewachsen vorkommt, wurde schon früher erwähnt.

Die Talkschiefer- und Topfsteinbrüche an der Hüttellehne bei Wermsdorf. Auch die mit Hornblendegneisen wechselagernden Hornblendeschiefer des Hüttelberges und der Hüttelkoppe, welche von pegmatischen Ganggraniten durchsetzt werden, enthalten beträchtliche Einlagerungen von Talkschiefer und Topfstein. Dieselben erscheinen an der Hüttellehne, dem gegen den Mertabach abfallenden Abhang, in drei gegenwärtig aufgelassenen und infolgedessen verfallenen Brüchen aufgeschlossen. Der erste Bruch befindet sich unmittelbar bei Wermsdorf, oberhalb des zwischen Wermsdorf und dem „Sensenzipfel“ gelegenen Hegerhauses. Der zweite befindet sich oberhalb der letzten Häuser im „Sensenzipfel“, knapp hinter dem Wildzaune. In diesen beiden Brüchen wurde früher Talkschiefer gewonnen. Der dritte Bruch endlich befindet sich oberhalb der „großen Dämme“, welche an der Vereinigungsstelle des Steinseifenbaches mit dem Mertabache angebracht ist. Dieser Bruch ist der größte und interessanteste von allen dreien und lieferte Topfstein. Er enthält eine beträchtliche stockähnliche, gegen oben sich verschmälernde Topfsteinmasse, welche in drei übereinander liegenden Horizonten (Etagen) abge-

<sup>1)</sup> Verh. d. naturf. Vereines in Brünn, 1864, 2. Bd., 65.

<sup>2)</sup> a. a. O.

<sup>3)</sup> G. von Rath, Niederrheinische Gesellsch. in Bonn, 1880, 37. Bd.

baut wurde. Da der Topfstein gegenwärtig noch auf allen drei Etagen in vertikalen Wänden, welche viele Meter hoch sind, ansteht, so läßt dieser Bruch die Lagerungsverhältnisse, aber auch die paragenetischen Verhältnisse der dort vorkommenden Minerale deutlich erkennen.

Die Topfsteinmasse erscheint dort in einem dunklen, deutlich geschieferten Hornblendeschiefer eingelagert und wird von einer teils aus Chloritschiefer, teils aus Strahlsteinschiefer bestehenden Hülle eingeschlossen. Der Chloritschiefer bildet den äußeren und der Strahlsteinschiefer den inneren Teil dieser Hülle. Beide Gesteinsarten erscheinen gegeneinander nicht scharf abgegrenzt, sondern gehen ineinander über, indem der Chloritschiefer Strahlsteinaggregate und der Strahlsteinschiefer Chloritschüppchen eingelagert enthält. Letzterer erscheint dort, wo er an den Topfstein angrenzt, in grünlichen Asbest umgewandelt, welcher wieder gegen die Topfsteinmassen in Talk übergeht. Es bilden also asbestartige Mineralsubstanzen ein Zwischenglied zwischen dem Strahlsteinschiefer und dem Topfstein. Der Boden der untersten Etage ist mit Chloritschieferplatten und Strahlsteinschieferblöcken bedeckt, welche jedenfalls der Topfsteinhülle angehörten und zuerst entfernt werden mußten, um zu dem Topfstein zu gelangen. Der Chloritschiefer zeigt dieselbe Beschaffenheit wie jener vom Storchberge und führt kleine eingewachsene Magnetitoktaeder und hie und da auf den Schichtflächen kleine Plättchen von Titaneisen. Der Strahlsteinschiefer besteht aus lauchgrünen verworrenen Strahlsteinaggregaten, dunkelgrüner (gemeiner) Hornblende und dazwischen eingelagerten Chloritschüppchen. Was den Topfstein anlangt, so findet man denselben sowohl in größeren oder kleineren Trümmern auf den Boden aller drei Etagen als auch, wie bereits früher erwähnt, in drei vertikalen stockwerkartig sich übereinander erhebenden Wänden anstehend. Die unterste Wand ist die höchste; an derselben erscheint der Topfstein oberflächlich vollständig verwittert, während er an den beiden oberen Wänden, welche niedriger und schmaler sind, noch frisch erhalten ist. Jedenfalls wurde der Topfstein hier noch in den letzten Jahren gewonnen. An manchen Stellen erscheint der Topfsteinmasse graugrüner Asbest, an anderen Stellen Talk mit eingewachsenen lichtgrünen Strahlsteinnadeln angelagert. An den Topfsteinwänden bemerkt man, daß der Topfstein von unregelmäßig verlaufenden Adern und Nestern von weißem oder lichtgrünem Talk,

welcher gelblichweißen Bitterspat einschließt, durchsetzt ist. Diese Adern und Nester sind durch Infiltration ausgefüllte Klüfte und Hohlräume im Innern der Topfsteinmasse. Dort, wo die Klüfte und Hohlräume nicht vollständig ausgefüllt sind, erscheint der Bitterspat in Form von rhomboedrigen Kristallen auskristallisiert. An manchen Stellen findet man zwischen dem Talk und dem Bitterspat Aggregate von Chloritschüppchen eingeschlossen. Solche aus derartigen Adern und Nestern stammende Talkmassen mit eingewachsenem Bitterspat findet man auf dem Boden der oberen Etagen zwischen den Topfsteintrümmern zerstreut. In einigen Talkstücken wurden grüne prismatische Apatitkristalle, welche in der Talkmasse eingewachsen waren, beobachtet. Der Topfstein von dieser Fundstätte hat eine ähnliche Beschaffenheit wie jener vom Storchberge; er besitzt eine graugrüne Färbung, ist feinschuppig oder feinfaserig, mehr weniger deutlich geschiefert, besteht hauptsächlich aus Talk, enthält nur wenig Chlorit und geht stellenweise in grauen Talkschiefer über. Er führt auch dieselben Akzessorien wie jener vom Storchberge. Bei großer Zähigkeit erscheint er milde und weich, so daß er sich leicht schneiden und sägen läßt. Der Topfstein der oberen Etagen ist weicher und milder als jener der untersten Etage.

### Über die Genesis der Zöptauer Topfsteinlager.

Die Talkschiefer- und Topfsteinmassen in der Gegend von Zöptau sind den dortigen Hornblendeschiefern eingelagert und stehen mit Strahlstein- und Chloritschiefern im innigen Verbands. Da alle diese Gesteine gegeneinander nicht scharf abgegrenzt erscheinen, sondern vielmehr ineinander übergehen, so ist es wohl zweifellos, daß dieselben miteinander auch in einem genetischen Zusammenhange stehen. Dies scheint schon Lippold geahnt zu haben, da er sich in seinen „Geologischen Verhältnissen des Süd- und Ostabfalles der Sudeten“<sup>1)</sup> darüber in folgender Weise ausspricht: „Ob der Topfstein, der daselbst als feuerfestes Material zu Ofenbauten gewonnen wurde, mit den Breuneriten, Strahlsteinen und Asbesten, die man in ihm findet, nicht auch eine metamorphische Umbildung der Chlorit-, Talk- und Hornblendeschiefer —

<sup>1)</sup> X. Jahresbericht über die Wirksamkeit des Wernervereines zur geologischen Durchforschung von Mähren und Schlesien im Vereinsjahre 1860, Brünn 1861.

ähnlich jener der Serpentine aus den letzteren — sein mag, darüber Studien anzustellen, gebrach es mir an Zeit; doch wäre dies jedenfalls nicht ohne Interesse.“ Bei meinen letzten mineralogischen Forschungen in der Umgebung von Zöptau wendete ich den genetischen Verhältnissen der Zöptauer Topfsteinlager meine volle Aufmerksamkeit zu. Trotz der vielfachen Schwierigkeiten, die ich hierbei zu überwinden hatte, gelang es mir endlich nach eingehenden Studien, welche ich an Ort und Stelle gemacht habe, einen klaren Einblick in die Genesis dieser Topfsteinlager zu gewinnen.

Talk und Chlorit, welche die wesentlichen Gemengbestandteile der Topfsteine bilden, sind als sekundäre Bildungen bekannt; ersterer bildet sich (außer aus Olivin) aus tonerdefreien oder doch tonerdearmen, letzterer aber aus tonerdehaltenden Gliedern der Pyroxen-Amphibolgruppe.<sup>1)</sup> Was die Zöptauer Topfsteine anlangt, so läßt schon das Vorkommen von Strahlsteinaggregaten und Strahlsteinschiefern in ihren Hüllen es wahrscheinlich erscheinen, daß dieselben durch Umbildungen von Strahlsteinschiefermassen, welche den Hornblendeschiefern eingelagert sind, entstanden sind; denn der Strahlstein ist eine tonerdefreie oder doch tonerdearme Varietät der Hornblende und kommt oft in Asbest und Talk umgewandelt vor.<sup>2)</sup> Das Vorkommen von Talkschüppchen auf den Klüften des Strahlsteinschiefers, das Auftreten von asbestartigen, in Talk übergehenden Mineralsubstanzen als Zwischenglied zwischen Strahlsteinschiefer und Topfstein, ferner die in manchen Partien des Topfsteines und im reinen Talk eingewachsenen Strahlsteinnadeln und -aggregate, endlich die von mir in diesem Gebiete beobachteten Pseudomorphosen von Talk nach Strahlstein machen jedoch die Entstehung der Topfsteine dieser Gegend aus Strahlsteinschiefern zur vollen Gewißheit. Durch diese Art der Entstehung der Zöptauer Topfsteine erklären sich die in denselben vorkommenden Abscheidungen von Bitterspat, Magneteisen und Quarz.<sup>3)</sup> Nach J. Roth<sup>4)</sup> besteht der Zöptauer Topfstein fast nur aus Talk, enthält also nur wenig Chlorit, zeichnet sich aber durch einen hohen Gehalt an Karbonaten aus; er ist also von dem Talkschiefer nur wenig verschieden und erinnert überdies an diesen

<sup>1)</sup> Roth, Chem. Geologie, II, 541.

<sup>2)</sup> a. a. O. 473.

<sup>3)</sup> a. a. O. 541.

<sup>4)</sup> a. a. O. 546.

durch seine schieferige Struktur. Werther<sup>1)</sup> hat den aus hellerem und dunklerem Material bestehenden „Talkschiefer“ von Zöptau analysiert und gefunden, daß derselbe aus 53·28% SiO<sub>2</sub>, 4·43% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5·79% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1·04% FeO, 29·85% MgO, 1·51% CaO und 1·49% Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O (bei 2·6% Glühverlust) besteht, woraus sich unzweifelhaft ergibt, daß derselbe nicht bloß aus Talk, sondern auch aus anderen Mineralen besteht; denn nur ein Teil des MgO kann darin mit der Kieselsäure zu Talk, der andere muß jedoch mit den übrigen Basen zu Silikaten mit geringerem Kieselsäuregehalt verbunden sein. Man muß also auf die Gegenwart von Chlorit schließen, in welchem sich das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und das FeO und eine viel geringere Menge von Kieselsäure als im Talk findet.<sup>2)</sup> Der dem Talk der Topfsteine beigemengte Chlorit rührt von tonerdehaltender (gemeiner) Hornblende her, welche die Strahlsteinindividuen des Strahlsteinschiefers, aus welchem sich der Topfstein gebildet hat, begleitet.<sup>3)</sup> Ebenso verdankt der Chloritschiefer der Topfsteinschale seine Entstehung der dunkelgrünen, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> haltenden Hornblende des Hornblendeschiefers, in welchem die Topfsteinlager dieser Gegend eingelagert vorkommen. In der Tat sind hier der Chloritschiefer und der Hornblendeschiefer durch Übergänge miteinander verbunden, welche sich nur aus der Verwitterung der Hornblende in Chlorit erklären lassen. Durch diese Art der Bildung des Chlorits lassen sich auch die Abscheidungen von Kalk, Talk, Bitterspat, Magneteisen und Quarz erklären, welche im Chloritschiefer vorkommen.<sup>4)</sup> Während die Hornblende die Bildung von Chlorit veranlaßt, verwandelt sich der beigemengte Strahlstein in Talk, durch dessen Zunahme der Topfstein und der Talkschiefer entstehen.

Die mit dem Topfstein und Talkschiefer in Verbindung stehenden Gesteinsarten, die Paragenesis (das Nebeneinandervorkommen) und die Anordnung der in denselben vorkommenden Minerale sowie die von mir beobachteten Pseudomorphosen von Talk nach Strahlstein lassen es also zweifellos erscheinen, daß der Topfstein (Talkschiefer) im Amphibolgebiet von Zöptau ein metamorphisches Um-

1) Journal f. prakt. Chemie, 1864, XCI, 380.

2) Bischof, Chem. Geologie, III, 236.

3) Roth, a. a. O. 541.

4) Roth, a. a. O. 547.

wandlungsprodukt der in den Amphiboliten dieser Gegend eingelagerten Strahlsteinschiefer ist, während die in den Hüllen der Topfsteinlager vorkommenden Chloritschiefer auf eine metamorphische Umbildung der Hornblendeschiefer selbst zurückzuführen sind. Die als Akzessorien im Strahlsteinschiefer und im Hornblendeschiefer vorkommenden Minerale: Titaneisen, Magneteisen, Pyrit, Apatit, Epidot, Chlorit, Asbest und Quarz findet man in ihren Umwandlungsprodukten (Topfstein, Talkschiefer und Chloritschiefer) wieder, und zwar entweder als solche oder in andere Minerale umgewandelt.

Da der Topfstein in gewissen Partien der Zöptauer Topfsteinlager eine deutlich faserige Struktur zeigt und der Asbest bekanntlich das erste Verwitterungsprodukt des Strahlsteines bildet, so ist es wahrscheinlich, daß der Talk des Topfsteines sich aus dem Strahlstein durch die Mittelstufe Asbest gebildet hat.

Bei der Umwandlung (Verwitterung) des Strahlsteines in Asbest und Topfstein (Talkschiefer)<sup>1)</sup> wird das Kalksilikat und auch das etwa in geringer Menge vorhandene Tonerdesilikat durch Magnesiumbikarbonat, welches in den durch die Gesteine dringenden Wässern aufgelöst enthalten ist, zersetzt, indem die Kalkerde und die Tonerde ( $Al_2O_3$ ) durch Magnesia verdrängt werden. Auf diese Weise werden die Kalkerde und die Tonerde entweder ganz oder teilweise entfernt und die genannten Silikate in Magnesiumsilikat umgewandelt. Aus den Abscheidungen von Kalkspat, Quarz und Magneteisen im Topfstein muß jedoch geschlossen werden, daß ein Teil des Kalksilikates und ebenso auch das Eisenoxydulsilikat des Strahlsteines durch die Kohlensäure und freien Sauerstoff führenden Tagwässer unter Bildung von kohlensaurem Kalk und Eisenkarbonat und Abscheidung von Kieselsäure zersetzt wurden. Hierbei wurde das Kalkkarbonat und wohl auch zum Teil das Eisenkarbonat als Bikarbonate aufgelöst, ebenso auch ein Teil der frei gewordenen Kieselsäure, und hinweggeführt. Als Rückstand dieses mit Auslaugung verbundenen Verwitterungsprozesses verblieb das durch kohlensäureführende Wässer nur äußerst schwer zersetzbare wasserhaltende Magnesiumsilikat, der Talk, zurück, welcher, da nur ein Teil des Eisenoxydulsilikates zersetzt worden ist, ein anderer aber durch den in den Tagwässern aufgelösten freien Sauer-

<sup>1)</sup> Bischof, Chem. und physikal. Geologie, 2. Aufl., I. u. II. Bd.

stoff zu Eisenoxydsilikat oxydiert wurde, eisenoxydhaltend ist. Dadurch erklärt sich der größere oder geringere Gehalt des Zöptauer Topfsteines an  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . — Die dem Strahlstein des Strahlsteinschiefers beigemengte dunkelgrüne Hornblende, welche tonerde- und eisenoxydhaltend ist, liefert bei diesem Verwitterungsprozesse außer dem wasserhaltenden Magnesiumsilikat auch noch die durch kohlenstoffführende Wässer nicht zersetzbaren Silikate der Tonerde und des Eisenoxydes, welche mit dem ersteren den Chlorit bilden.<sup>1)</sup> Hierbei können alle Veränderungen, welche die gemeine Hornblende durch die Einwirkung der atmosphärischen Wässer erleidet, durch die Oxydation ihres Eisenoxydulgehaltes und durch gänzliche oder teilweise Auslaugung des Kalkes und der anderen Basen erklärt werden. Chlorit, Talk, Magneteisen und Limonit sind die ausgelaugten Rückstände, Bitterspat, Kalk, Dolomit und Quarz hingegen die Auslaugungsprodukte. — In derselben Weise wird auch die Hornblende des Hornblendeschiefers in Chlorit umgewandelt, wodurch der erstere in Chloritschiefer übergeht.

Der im Topfstein und Chloritschiefer abgeschiedene Magnetit verdankt seine Entstehung dem Eisenoxydul- und Eisenoxydgehalt des Strahlsteines und des Hornblendeschiefers. Ein Teil des Eisenoxydulsilikates wird durch kohlenstoffhaltende Wässer zersetzt und als Bikarbonat weggeführt, ein anderer Teil wird jedoch zu Eisenoxydsilikat oxydiert, welches als unzersetzbar in der Topfsteinbeziehungsweise Chloritschiefermasse verbleibt. Nach Bischof<sup>2)</sup> wird nun bei der Oxydation des Eisenoxydulsilikates zu Eisenoxydsilikat das Verwandtschaftsband zur Kieselsäure gelockert und dadurch die Bedingung zu einer Verbindung beider Oxyde des Eisens gegeben. Da die Kieselsäure eine größere Neigung hat, Silikate mit höherem Kieselsäuregehalt zu bilden, als solche mit niedrigerem Kieselsäuregehalt, und diese Neigung nur dann ihre Befriedigung finden kann, wenn durch die Bildung von Magneteisen ein Teil der Kieselsäure zu diesem Zwecke ausgeschieden wird, so ist die Bildung des Magneteisens nicht nur das Resultat der starken Verwandtschaft des Eisenoxyduls zum Sauerstoff und zum Eisenoxyd,

<sup>1)</sup> In der 1. Auflage der Chem. Geologie von J. Roth, II. Bd., p. 951 und 953, wurde die Umwandlung von Hornblendeschiefer in Chloritschiefer geognostisch nachgewiesen und bemerkt, daß dieselbe hauptsächlich mit einer Ausscheidung von Kalk verknüpft sein muß.

<sup>2)</sup> Bischof, Chem. Geologie, II, 897.

sondern auch der Neigung der Basen mit Kieselsäure Verbindungen mit höherem Kieselsäuregehalt einzugehen. Es wird also bei der höheren Oxydation des Eisenoxydulsilicates Eisenoxyd teilweise ausgeschieden, welches sich mit dem Eisenoxydul zu Eisenoxyd-oxydul, dem Magneteisen, verbindet. Hierdurch findet die Abscheidung von Magneteisen im Topfstein und Chloritschiefer ihre naturgemäße Erklärung. Für die Abscheidung des Titaneisens gilt dasselbe, was über die Abscheidung des Magneteisens gesagt wurde.

Die die Topfsteinmassen durchsetzenden Adern von weißem oder apfelgrünem Talk, welche Bitterspat einschließen, sind durch Infiltration mit Talk- und Bitterspatmasse ausgefüllte Klüfte und Hohlräume. Hie und da findet man zwischen Talk und Bitterspat auch Aggregate von Chlorit. Die Anordnung der drei Minerale in den Klüften und Nestern läßt erkennen, daß der Talk zuerst, dann der Chlorit und zuletzt der Bitterspat zum Absatz gelangten. Es ist klar, daß diese Minerale aus dem Nebengestein stammen, also Auslaugungsprodukte des Topfsteines sind. Der schwer lösliche Talk der Topfsteinmasse als auch der noch schwerer lösliche Chlorit wurden von den kohlen säureführenden Tagwässern nach und nach zum Teil aufgelöst und in den Klüften und Hohlräumen des Topfsteines in fester Form wieder abgesetzt. Der Bitterspat, der in den Klüften zuletzt abgesetzt wurde, füllt das Innerste derselben aus und erscheint daher überall in dem Talk eingeschlossen. Er bildete sich durch teilweise Zersetzung des allerdings sehr schwer zersetzbaren Magnesiumsilicates des Talkes durch Einwirkung von kohlen säurehaltenden Wässern; denn auch dieses wird von denselben bei längerer Einwirkung unter Bildung von Magnesiumkarbonat zersetzt, allerdings nach Bischof erst dann, wenn alle anderen leichter zersetzbaren Silikate zersetzt worden sind und nur, wenn es sich in wässriger Lösung befindet. Der in den Klüften des Topfsteines abgesetzte, von Talkmasse eingeschlossene Bitterspat ist also als ein Zersetzungs- und Auslaugungsprodukt des Talkes der Topfsteinmasse anzusehen und verdankt seine Entstehung dem Umstande, daß die lösende und zersetzende Wirkung der kohlen säurehaltenden Tagwässer mit der Bildung des Topfsteines nicht aufhörte, sondern sich auch mit der Zeit auf den Topfstein selbst, obwohl derselbe zu den widerstandsfähigsten Gesteinen gehört, erstreckte.

## Assoziation von Bergkristallen mit Chlorit, Albit, Prehnit etc. auf Chloritgneis in der „Hackschüssel“ bei Wermsdorf.

Nach Kretschmer<sup>1)</sup> besteht der in der „Hackschüssel“ anstehende Chloritgneis aus wasserhellem bis milchweißem Quarz, weißem bis rötlichem perlmutterglänzenden Feldspat (viel Albit und wenig Orthoklas) und aus lauchgrünem blätterigen bis körnigen Chlorit. Alle diese Minerale treten oft auch in größeren Massen als Trümer, Wülste und Nester ausgeschieden auf. Der Feldspat erscheint häufig in Kaolin, der Chlorit in Grünerde, Limonit oder auch in Hämatit umgewandelt. Im Chloritgneise sind mehr weniger mächtige Lager von Chloritschiefer eingeschlossen, welcher akzessorischen Magnetit in Form von oktaedrischen Kristallen führt.

Zahlreiche teils mehr, teils weniger geöffnete Quer- und Längsklüfte sind mit kleinen Bergkristallen bedeckt, welche stets von Albitkristallen mit Periklinverwachsungen und von tafelförmigen Chloritkristallen begleitet werden. Außerdem treten hie und da auch Prehnit, Pyrit, Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit in schönen Kristallen oder derb auf.

In den Klüften des Chloritgneises fand Kretschmer bei seinen Schürfungen außerdem noch große lose Bergkristalle, welche von den Klüftflächen abgebrochen waren, aber auch einen 9 *cm* langen wohl ausgebildeten Bergkristall auf dem Muttergestein aufgewachsen. Die im Jahre 1880 von dem Steinbrecher J. Nitsch unter einem Blocke von riesigen Dimensionen im Humus eingebettet gefundenen 12 Bergkristalle stammen gleichfalls aus den vorhin erwähnten Klüften; dieselben wurden von G. vom Rath mit der Fundortangabe „Spitzberg“ als „Quarze von Zöptau“ eingehend beschrieben.<sup>2)</sup>

Viele Bergkristalle dieses Vorkommens zeigen zahlreiche Einschnitte, ferner Gegenwachsungsflächen und Zellenräume, welche auf die ursprüngliche Anwesenheit von Kalzit hinweisen. Dieser Nachweis ist überdies von Kretschmer erbracht worden, indem

<sup>1)</sup> Kretschmer, Die Mineralfundstätten von Zöptau und Umgebung: Bergkristallvorkommen in der „Hackschüssel“ bei Wermsdorf. (In Tschermaks Mineral. u. petrogr. Mitt., N. F., 14. Bd., 1895).

<sup>2)</sup> Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft, 1880.

er angibt, daß an einzelnen Drusen kleiner Quarzkristalle ein etwas verwitterter farbloser bis weißer kristallinischer Kalzit vorkommt. Derselbe besteht aus Lamellen, längs welcher die Verwitterung in ebenflächigen Einschnitten fortschreitet und gegen welche nachher die Quarzkristalle wachsen. Die überwiegend farblosen Bergkristalle enthalten bisweilen Einschlüsse von Chlorit in Blättchen und Körnern, welcher die Kristalle bei Anreicherung lauch- bis olivengrün färbt, wie dies an den Bergkristallen aus dem „Schwarzgraben“ der Fall ist; sie zeigen ferner auch Magnetiteinschlüsse, welche sich in kleinsten Körnern derart anreichern, daß eine rauchgraue bis schwarze Färbung entsteht, seltener enthalten sie Pyrit eingeschlossen. Bisweilen sind die Kristalle durch Eisenocker gelblich gefärbt. Mit den Bergkristallen kommt schwarz- bis lauchgrüner, fett- oder perlmutterglänzender Chlorit in sechsseitigen Täfelchen assoziiert vor, welche zu eigentümlichen kugeligen Gruppen und Bündeln verwachsen sind. An einigen Stufen bilden solche Chloritgruppen vollständige Überwindungen. Die Albite, welche hier die Bergkristalle begleiten, haben dieselbe Ausbildung wie jene vom „Pfarrerbgut“ bei Zöptau, sind jedoch viel kleiner. Sowie im „Schwarzgraben“ konnte man auch hier an einzelnen Drusen zwischen den Bergkristallen Prehnit in Kristallen und auch in derben Rinden beobachten.

Was die paragenetischen Verhältnisse dieser Mineralassoziation anlangt, so ist es sicher, daß die Bergkristalle sich durch Absatz von Kieselsäure aus wässriger Lösung gebildet haben. Die Kieselsäure wurde frei durch die Zersetzung von Silikaten im Nebengesteine. Aus den Einschnitten, Gegenwachsungsflächen und Zellräumen, welche an den Bergkristallen vorhanden sind, ist zu schließen, daß der eine lamellare Struktur zeigende Kalkspat vor den Bergkristallen vorhanden war, später aber infolge von Auflösung nach und nach bis auf die vorhandenen Überreste verschwunden ist.

Auch der Albit und der Chlorit, welche die Bergkristalle begleiten, haben sich aus wässrigen Lösungen abgesetzt. Der Chloritabsatz mag schon während des Wachstums der Bergkristalle stattgefunden haben, dauerte jedoch auch nach ihrer Ausbildung fort; hierauf deuten die Chloriteinschlüsse in den Bergkristallen, beziehungsweise die Chloritüberzüge auf den letzteren hin. Ebenso deuten die Magnetiteinschlüsse derselben auf die Bildung des

Magnetits während der Bildung der Bergkristalle. Dieser Magnetit ist ein Produkt der Zersetzung der im Chloritgneis enthaltenen Eisensilikate. Der in der Assoziation vorkommende Pyrit mag durch Einwirkung von organischen Substanzen und schwefelsauren Salzen auf das Eisenoxyd entstanden sein; er ist vielfach in Limonit umgewandelt (Pseudomorphosen von Limonit nach Pyrit).

Was den Chlorit des Chloritgneises anlangt, so ist derselbe wahrscheinlich durch Umwandlung von Hornblende entstanden; hierbei mußten  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$  und  $\text{SiO}_2$  aus der Mischung austreten, wodurch das Auftreten von Kalzit, Magnetit, Hämatit und Quarz in den Klüften seine naturgemäße Erklärung fände. Ein Teil des Chlorits wurde jedenfalls durch die atmosphärischen Wässer aufgelöst und ebenfalls in den Klüften in Form von Kristallen abgesetzt.

Obwohl die Bestandteile des Chlorits bisher in keinen Wässern chemisch nachgewiesen werden konnten, so deuten die Chloritkristalle in den Klüften unzweifelhaft auf seinen Absatz aus wässriger Lösung hin. Jedenfalls ist der Chlorit in den Wässern in so geringen Mengen aufgelöst enthalten, daß er sich darin chemisch nicht nachweisen läßt; seine Menge beträgt nur einen geringen Bruchteil der in den Wässern aufgelöst enthaltenen und chemisch leicht nachweisbaren Kieselsäure, welche zur Bildung der Bergkristalle verwendet wurde. Unter der Voraussetzung der gleichzeitigen und periodischen Bildung des Quarzes und des in demselben eingeschlossenen Chlorits würde die geringe Menge des letzteren im Verhältnisse zu der größeren Menge des ersteren ein Maß für diese Stoffe in Gewässern sein, in welchen beide Minerale aufgelöst vorkommen.<sup>1)</sup> Über die Entstehung des die Bergkristalle begleitenden Prehnits verweise ich auf das über die Bildung der Zeolithe Gesagte.

### Zusammenfassung.

Aus den mitgetheilten paragenetischen Verhältnissen der in der Umgebung von Zöptau vorkommenden Minerale geht zunächst hervor, daß der Mineralreichtum dieser Gegend in erster Linie auf dem Vorkommen von Amphiboliten (Hornblendeschiefer, Horn-

<sup>1)</sup> Bischof, Chemische und physikal. Geologie, 2. Auflage, 1864, II. Bd., 673, 761, 773 u. 774.

blendegneis, Strahlsteinschiefer) beruht. Die als wesentliche Gemengbestandteile der Amphibolite auftretenden Hornblenden und Plagioklase sind es, welche als Mutterminerale der in ihren Klüften assoziierten Minerale anzusehen sind. Wir haben gesehen, daß die gemeine Hornblende sich bald in Chlorit, bald in Epidot oder Granat, der Aktinolith in Asbest (Amiant) und Talk umwandelt. Wir haben ferner gesehen, daß die in unserem Gebiete auftretenden Zeolithe durch Hydratisierung der Plagioklase entstehen. Bei der Umwandlung der Hornblende in Chlorit wird das CaO ganz, das FeO und die Kieselsäure mehr weniger aus der Verbindung entfernt. Die Umwandlung der Hornblende in Serpentin, bei welcher gleichzeitig auch noch das  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entfernt wird, wurde in unserem Gebiete nicht beobachtet. Bei der Umwandlung des Aktinoliths (Strahlstein) in Asbest wird Wasser in die Verbindung aufgenommen und ein Teil des CaO und der Kieselsäure abgeschieden. Wird noch mehr Wasser aufgenommen und das ganze CaO und alle anderen Basen mit Ausnahme von MgO und dann noch Kieselsäure abgeschieden, so entsteht Talk, welcher jedoch geringe Mengen von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zurückbehalten kann. Nimmt die Hornblende Wasser, CaO und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auf und wird gleichzeitig MgO und Kieselsäure abgeschieden, so entsteht Epidot. In ähnlicher Weise verwandelt sich die Hornblende in Granat. Der größere Gehalt des Epidots und des Granats an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und CaO der Hornblende gegenüber läßt erkennen, daß bei ihrer Bildung aus Hornblende zweierlei Minerale zusammenwirken müssen, nämlich außer Hornblende noch der in den Amphiboliten vorkommende Plagioklas. Die Bildung des Epidots und Granats aus den Hornblenden der Amphibolite von Zöptau beweist, daß diese Hornblenden in der Regel kalk- und eisenreich sind; denn die kalk- und eisenarmen Hornblenden verwandeln sich in Biotit.

Das Vorkommen von Kalzit, Bitterspat, Dolomit, Limonit, Magnetit und Quarz in den Gesteinen unseres Gebietes erklärt sich durch die Ausscheidung von CaO, MgO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und von Kieselsäure bei der Bildung der angeführten Minerale aus den primären Silikaten. Diese Bildung beruht auf einem durch kohlenstoffführende und freien Sauerstoff enthaltende Wässer eingeleiteten Zersetzungs-(Verwitterungs-)prozeß, welcher mit Auslaugung verbunden ist. Hierbei werden gewisse Silikate gar nicht, andere ganz oder zum Teil zersetzt, ihre Basen in Karbonate umgewandelt,

welche ebenso wie die gleichzeitig freigewordene Kieselsäure gänzlich oder teilweise als Bikarbonate aufgelöst, in wässriger Lösung hinweggeführt und in den Klüften in fester Form wieder abgesetzt werden.

Die Kieselsäure scheidet sich als Quarz ab. Es verdanken somit alle in den Klüften und Hohlräumen der Gesteine unseres Gebietes vorkommenden Quarze, also auch die Bergkristalle, diesem Verwitterungsprozesse ihre Entstehung. — Inwiefern sich die Hornblende durch ihr Kalksilikat und Tonerdesilikat an der Bildung der Zeolithe in unserem Gebiet beteiligt, konnte ich nicht ermitteln; ich glaube jedoch, daß alle hier vorkommenden Zeolithe durch Hydratisierung der Plagioklase entstanden sind, wobei kohlenstofffreie Wässer auf letztere eingewirkt haben.<sup>1)</sup> Die in unserem Gebiete auftretenden Ilmenite (Titaneisen) haben sich aus  $TiO_2$ -haltender Hornblende in ähnlicher Weise wie die Magnetite gebildet. Sie lieferten wieder das  $TiO_2$  zur Bildung der Titanite (Sphene). Das Auftreten der Orthoklase und Albite in den Klüften der Amphibolite erklärt sich aus dem Umstande, daß diese beiden Minerale Gemengbestandteile der letzteren sind. Die braune Erde (eisenschüssiger Ton), welche die Klüfte in den Amphiboliten ausfüllt, ist als das Endprodukt des durch die Verwitterung bewirkten Umwandlungsprozesses der Amphibolite anzusehen.

Endlich geht aus meinen Darlegungen mit Bestimmtheit hervor, daß die in unserem Gebiete auftretenden Chloritschiefer metamorphische Umwandlungsprodukte der dortigen Amphibolschiefer und die mit dem Chloritschiefer im innigen Zusammenhang stehenden Talkschiefer (Topfstein) metamorphische Umbildungen der den Amphibolschiefern eingelagerten Aktinolithschiefer sind.

---

<sup>1)</sup> In der letzten Zeit ist von Blumrich, Pirrson, Pelikan u. a. die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Zeolithe primär in Gesteinen entstehen können. Pelikan, welchem es gelungen ist, die primäre Natur des Analcims in zwei Gesteinen nachzuweisen („Über zwei Gesteine mit primärem Analcim nebst Bemerkungen über die Entstehung der Zeolithe“ in Tschermaks Mineral. und petrogr. Mitt., 25. Bd., 1906, p. 113), spricht sogar die Meinung aus, daß die Zeolithe im allgemeinen keine Produkte der Gesteinsverwitterung seien. Doch glaube ich die sekundäre Entstehung der Zeolithe in den Amphiboliten von Zöptau bis auf weiteres aufrecht halten zu müssen.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Geologische und petrographische Verhältnisse des Amphibolitgebietes von Zöptau . . . . .	120
Geschichtliches . . . . .	124
Die im Amphibolitgebiet von Zöptau vorkommenden Mineralassoziationen	129
Zur Genesis der Minerale im Amphibolitgebiet von Zöptau . . . . .	136
Mineralassoziationen mit Epidot und Albit in den Klüften des Hornblendeschiefers . . . . .	142
Mineralassoziationen mit Zeolithen im Amphibolgneis und Amphibolschiefer	150
Assoziation von Granat mit Quarz, Hornblende, Orthoklas, Epidot und Asbest im Hornblendegneis am Hofberg bei Wermsdorf . . . . .	156
Mineralassoziation in den Klüften des Strahlsteinschiefers . . . . .	157
Über die Bildung von Asbest, Talk und Chlorit im Strahlsteinschiefer .	160
Die Zöptauer Topfsteinlager und ihre Mineralassoziation . . . . .	164
Über die Genesis der Zöptauer Topfsteinlager . . . . .	170
Assoziation von Bergkristallen mit Chlorit, Albit, Prehmit etc. auf Chloritgneis in der „Hackschüssel“ bei Wermsdorf . . . . .	176
Zusammenfassung . . . . .	178

---