download www.zobodat.at

Untersuchungen über Mineralführung und Mineralgenese der bayerischen Pegmatite

I.

Von Dr. Adolf Scholz, Regensburg

Literatur-Verzeichnis.

(Die im Text verwendeten Abkürzungen sind unmittelbar dem Namen des Autors in Klammern nachgedruckt.)

1. A. F. Besnard: Die Mineralien Bayerns nach ihren Fundstätten. (Augsburg 1854.)
2. H. Bücking: Über ein neues Vorkommen von Kalifeldspat, Turmalin, Apatit und Topas im Granit des Fichtelgebirges. (Bericht über die Senkenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a. M. 1896, 145.)
3. Frau Curie (C.): Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen. (Braunschweig 1904.)
4. G. J. Brush und E. S. Dana: Über eine merkwürdige Mineralfundstätte in Fairfield Co., Connecticut, und Beschreibung der dort vorkommenden Mineralien. (I. Teil: Zeitschrift für Kristallographie usw. II, 529; II. Teil: Zeitschr. f. Kristallogr. usw. III, 577; III. Teil: Zeitschr. f. Kristallogr. usw. IV, 69; IV. Teil: Zeitschr. f. Kristallogr. usw. V, 191, V. Teil: Zeitschr. f. Kristallogr. usw. XVIII, 7.)
5. C. Doelter: Handbuch der Mineralchemie. (Dresden und Leipzig 1912—1924.)
5. V. Dürrfeld (D. I): Die Drusenmineralien des Waldsteingranits im Fichtelgebirge. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. XXXXVI, 563.)
7. Derselbe (D. II): Die Drusenmineralien des Waldsteingranits im Fichtelgebirge. Nachtrag. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. XXXXVII, 242.)
8. Derselbe (D. III): Herderit vom Epprechtstein mit neuen Formen und natürlichen Ätzfiguren. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. XXXXVIII, 236.)
9. M. v. Flurl (F.): Beschreibung der Gebirge von Bayern und der Oberen Pfalz. (München 1792.)
10. M. Frentzel: Das Passauer Granitmassiv. (Geognostische Jahreshefte XXIV, 105.)
11. P. Giebe: Übersicht über die Mineralien des Fichtelgebirges und der angrenzenden fränkischen Gebietsteile. (Geogn. Jahresh. VII.)
12. F. Glungler: Das Eruptivgebiet zwischen Weiden und Tirschenreuth. (Sitzungsberichte der K. B. Akademie der Wissenschaften XXXV, 169.)

download www.zobodat.at

13. W. v. Gümbel (G. B.): Geologie von Bayern. (Cassel 1894.)
14. Derselbe (G. O.): Geognostische Beschreibung von Bayern. II. Abt. Das Ostbayerische Grenzgebirge. (Gotha 1868.)
15. Derselbe (G. F.): Geognostische Beschreibung von Bayern. III. Abt. Das Fichtelgebirge mit dem Frankenwalde. (Gotha 1879.)
16. M. Henglein: Topas vom Epprechtstein. (Centralblatt für Mineralogie usw. XII, 370.)
17. C. Hintze: Handbuch der Mineralogie. (Leipzig 1897—1924.)
18. K. A. Hofmann (K. A. H.): Lehrbuch d. anorganischen Chemie. III. Aufl. Braunschweig 1920.
19. v. Hornberg (C. XII): Verzeichnis der Mineralien des Fichtelgebirges. (Correspondenzblatt des zoologisch-mineralogischen Vereins zu Regensburg XII, 99.)
20. M. B. Kittel (K.): Skizze deer geognostischen Verhältnisse der nächsten Umgebung von Aschaffenburg. (Aschaffenburg 1840.)
21. G. Klemm: Beiträge zur Kenntnis des kristallinen Grundgebirges im Spessart. (Abhandlungen der Großherzoglich Hessischen geologischen Landesanstalt II, 165.)
22. E. Kraus: Geologie des Gebietes zwischen Ortenburg und Vilshofen in Niederbayern an der Donau. (Geognostische Jahreshefte XXVIII, 91.)
23. H. Laubmann und H. Steinmetz (L. St.): Phosphatführende Pegmatite des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes. (Zeitschrift f. Kristallographie usw. LV, 523.)
24. H. Laubmann (L. II): Die Phosphatmineralien und Edelerden des Amberg-Auerbacher Erzkörpers. (Geognostische Jahreshefte XXXV, 193.)
25. W. Machert: Beiträge zur Kenntnis der Granite des Fichtelgebirges mit besonderer Berücksichtigung des Granites von Epprechtstein und seiner Mineralführung. (Inaug.-Dissertatiton Erlangen 1894.)
26. K. Mieleitner: Über einige Mineralien vom Fuchsbau im Fichtelgebirge. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. LVI, 90.)
27. Derselbe: Über einige Mineralien von der Gregnitz im Fichtelgebirge. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. LVI, 94.)
28. P. Niggli (N. I.): Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Leipzig 1920.
29. K. Oebbeke: Topas im Fichtelgebirge. (Zeitschr. f. Kristallogr. usw. XXII, 274.)
30. F. v. Sandberger (S. I): Über Lithiongranite mit besonderer Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges usw. (Sitzungsber. der K. B. Akademie der Wissenschaften XVIII, 423.)
31. Derselbe (S II): Übersicht der Mineralien des Regierungsbezirkes Unterfranken und Anschaffenburg. (Geognostische Jahreshefte IV, 1.) Geol. 1885, I, 185.)
32. Derselbe (S. III): Fairfieldit am Hühnerkobel. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1885, I, 185.
33. A. Schmidt: Die Mineralien des Fichtelgebirges und des Steinwaldes. (Bayreuth 1903.)
34. H. Thürach (Th.): Über die Gliederung des Urgebirges im Spessart. (Geognostische Jahreshefte V, 1.)

download www.zobodat.at

35. E. Weinschenk: Beiträge zur Mineralogie Bayerns. (Zeitschrift für Krystallographie usw. XXVIII, 135.)
36. Derselbe: Bodenmais-Passau. II. Aufl. (München 1914.)
37. A. Werner: Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. 4. Auflage. Braunschweig 1921.
38. Wineberger: Versuch einer geognostischen Beschreibung des bayerischen Waldes. (Passau 1851.)

Einleitung

Die wechselvolle Mineralführung der Pegmatite, welche sie ihrem Charakter als magmatischen Restlaugen verdanken, ist für den Mineralogen und Petrographen gleich reizvoll. Die bayerischen Mittelgebirge, mit ihren so ausgedehnten Gebieten eruptiver und metamorpher Bildungen, bieten eine selten günstige Gelegenheit, diese merkwürdigen Spaltungssteine in ihren vielseitigen Erscheinungsformen zu beobachten. Ein eingehendes Studium dieser eigenartigen Minerallagerstätten erschien um so lohnender, als seit Gümbels grundlegenden Arbeiten (G. O, G. F., G. B.) keine zusammenhängende Darstellung des Gesamtgebietes der bayerischen Pegmatite mehr erschienen ist. Nachdem mit Rücksicht auf die weitgestreckten Terraingrenzen und die derzeit vielfach recht ungünstigen Aufschlußverhältnisse auf eine lückenlose Behandlung des Stoffes ohnehin verzichtet werden mußte, wurde im Interesse der Übersichtlichkeit nur eine beschränkte Anzahl charakteristischer Vorkommnisse zur Untersuchung herangezogen.

Die Aufgabe vorliegender Arbeit ist demnach, einen Überblick über die Mineralführung und Verbreitung der verschiedenen, in den bayerischen Urgebirgsgebieten auftretenden Pegmatittypen zu geben, neue Mineralvorkommen zu beschreiben und die bisherigen Kenntnisse über die Sukzessionsverhältnisse und die chemischen Vorgänge in gewissen Stadien der Pegmatitbildung zu erweitern.

Zu diesem Zwecke waren regelmäßig wiederholte, umfangreiche Bereisungen der einschlägigen Gebiete nötig, welche sich auf eine lange Reihe von Jahren erstreckten und wobei die Zahl der Besuche für besonders wichtige Punkte, wie Hagensdorf und Pleystein, sich nach Dutzenden beziffert.

Außer dem auf diesen Exkursionen gewonnenen reichen Material stand mir noch in vereinzelten Fällen solches aus öffentlichen und privaten Sammlungen zur Verfügung. Bei älteren Vorkommen, welche heute nicht mehr zugänglich sind oder von welchen Belegmaterial nicht erhältlich war, ist die jeweilige Literaturangabe in Klammern beigefügt worden.

download www.zobodat.at

Herrn Geheimrat Professor Dr. K. Oebbeke, welcher mir nicht nur seinen erfahrenen Rat, sondern auch alle Hilfsmittel seines Institutes in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt hat, gebührt mein ganz besonderer Dank; desgleichen bin ich den Herren Universitätsprofessor Dr. Steinmetz, Studienprofessor Dr. Priehäußer und Assistent Dr. Müllbauer für ihr freundliches Interesse an dieser Arbeit und manche wertvolle Anregung verpflichtet.

Einzelne Mineralstufen wurden mir in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt:

1. von Herrn Prof. Dr. Steinmetz aus der mineralogischen Sammlung des Bayerischen Staates in München;
2. von Herrn Studienprofessor Dr. Priehäußer aus der Ostbayern-Sammlung des Naturwissenschaftl. Vereins, Regensburg;
3. von Herrn Studienrat Dr. Dürrfeld in Brake (Oldenburg);
4. von Herrn Studienrat Petzi in Regensburg;
5. von Herrn Kaufmann Hartlaub in Regensburg;
6. von Herrn Steinbruchbesitzer Müller in Nagel (Fichtelgebirge).

I.

Charakter und Verbreitung der bayerischen Pegmatite.

A. Allgemeiner Charakter der bayerischen Pegmatite

Nach der äußeren Form ihres Auftretens unterscheiden wir bei unseren Pegmatiten eine schlierige Form, mit unregelmäßigen Grenzen im Granit „schwimmend", oft Hohlräume „Drusen" umschließend, und eine gangförmige, sowohl den Granit als auch andere Gesteine durchsetzend.

Die Schlierenform beherrscht die Pegmatite des saueren Fichtelgebirgszentralgranits, während sie in den übrigen Teilen unseres Beobachtungsgebietes fast unbekannt ist. In der Nachbarschaft der Drusen bemerkt man eine ganz allmähliche Kornvergröberung des Granits; die Glimmerblättchen verlieren sich und machen einzelnen größeren Büscheln von Zinnwaldit oder Muskovit Platz, die Drusenwandung wird häufig von Schriftgranit gebildet. Am häufigsten sind die Schlieren im Kopfteil des Lakkolithen zu finden und nehmen mit wachsender Abbautiefe an Zahl ab. Kleinere Drusen zeigen meist Eiform, größere sind in der Regel flacher, mehr taschenförmig. Reihenweise Anordnung ist nicht selten, so daß man den Eindruck gewinnt, daß eine langgestreckte Schliere durch Abschnürung mehrfach zerlegt worden sei. Dafür spricht auch der gleichartige Mineral-

download www.zobodat.at

bestand in solchen „angereihten" Drusen. (So stammen z. B. alle Epprechtsteiner Euklasstufen aus einem einzigen der dortigen Brüche.) Tatsächlich kann man anderweitig (z. B. am Fuchsbau) bis 10 m lange Schlieren beobachten, welche nur stellenweise zu Drusen aufgeblasen sind, dazwischen aber geschlossen erscheinen; kapillare Zusammenhänge zwischen diesen Drusenräumen bestehen indessen auch jetzt noch, wie aus der Limonitisierung des Pyrits, der im Nebengestein noch frisch ist, hervorgeht..

Gangpegmatite sind überall, auch in der Randzone des Fichtelgebirges, verbreitet. Bald sind sie mit dem Nebengestein intensiv verschweißt, bald mehr oder weniger scharf abgegrenzt. Aplitische Salbänder wurden mehrfach beobachtet. Schmale Gänge sind meist von ebenen Seitenwänden begrenzt, mächtigere sind oft sehr unregelmäßig und wechseln sehr in Form und Ausdehnung; durch lokale starke Querschnittvergrößerung wird oft eine stockförmige Ausbildung vorgetäuscht. Auch sehr mächtige Gänge gehen selten in bedeutendere Tiefen, doch mögen Ausnahmen vorkommen.

Wo sich die Pegmatite weiter von ihrem Ursprung entfernen, gehen sie meist in Quarzgänge über, welche jedoch durch charakteristische Begleitmineralien oft ihren pegmatitischen Ursprung verraten. An kleineren Apophysen kann man diesen Übergang schon innerhalb weniger Meter beobachten.

Eine gewisse Regelmäßigkeit im Aufbau der Gangpegmatite ist nicht zu verkennen: Auf feinkörniges Gestein an den Ganggrenzen folgen nach innen zu grobkörnige Partien, oft mit Schriftgranit und größeren, zusammenhängenden Feldspatmassen; die Mitte wird größtenteils von Quarz (oft Rosenquarz oder Fettquarz) eingenommen. Längs der Berührungszone von Quarz und Feldspat findet sich dann die Hauptmenge der akzessorischen Mineralien, welche sich in den anderen Gangpartien nur vereinzelt ausgeschieden haben.

Ursprüngliche Hohlräume kommen wohl sehr selten vor; dagegen trifft man öfters durch Auslaugungsprozesse entstandene, die dann gelegentlich mit schönen Kristallbildungen jüngerer Mineralien besiedelt sind.

B. Spezieller Charakter der bayerischen Pegmatite

Der Mineralbestand unserer Pegmatite ist überwiegend aufgebaut aus den Elementen H, Li, Be, B, F, Al, Si, P, Mn, Fe, untergeordnet auch aus C, Cl, Ti, Cu, Zn, As, Zr, Mo, Cd, Nb, Sn, Ta, W, Bi und U.

Auf Grund dieses Elementarbestandes läßt sich nun eine nähere Einteilung der Pegmatite treffen. Naturgemäß können dabei keine scharfen Abgrenzungen entstehen, vielmehr werden sich von Typus

download www.zobodat.at

zu Typus mehr oder weniger kontinuierliche Übergänge ergeben, wie dies dem Charakter der magmatischen Differentiation entspricht.

Der folgenden Betrachtung ist wesentlich das bewährte System von Niggli (N. I.) zu Grunde gelegt; kleine Abweichungen davon, welche durch regionale Verhältnisse bedingt waren, sind jeweils im Text näher begründet.

Unter Berücksichtigung des Gesagten ergeben sich für unser Beobachtungsgebiet folgende Pegmatittypen:

1. Gewöhnlicher Pegmatittypus — Schriftgranite, Glimmer-, Magnetitpegmatite.
2. Aluminium-Typus — Andalusit-, Almandin-, Sillimanit-, Disthen-, Lazulithpegmatite.
3. Bor-Fluor-Typus — Turmalinpegmatite.
4. Fluor-Bor-Typus — Topas (Beryll)-Pegmatite.
5. Lithium-Zinn-Typus — Lithionit-, Edelturmalin-, Zinnstein-Pegmatite.
6. Mangan-Fluor-Phosphoattypus — Triplit-, Manganapatit-, Triphylinpegmatite.
7. Mangantypus ohne Fluor — Spessartinpegmatite.
8. Sulfid-Typus — Erzpegmatite.

Gewöhnlicher Pegmatittypus.

Reine Glimmerpegmatite sind in unserem Gebiet wenig ausgeprägt. Von den Glimmern ist Muskovit der häufigere; er findet sich in großen, silberglänzenden oder goldgelb angelaufenen Tafeln z. B. bei Zwiesel, Schwandt, Pfrentsch, Tröglersricht, Muglhof, Schwarzenbach i. O. und an der Sägmühle bei Tirschenreuth, an den drei letztgenannten Punkten mit Beryll und Columbit vergesellschaftet. Beryll findet sich auch in den Glimmerpegmatiten von Zahlholz bei Blaibach und vom Huthberg bei Aschaffenburg, in dessen nächster Umgebung Muskovitpegmatite überhaupt sehr verbreitet sind. Seltener ist im allgemeinen der Biotit, welcher in den Pegmatiten mit Vorliebe Nadel- oder Leistenform annimmt, wie bei Bach (G. O. 330), Großkonreuth (G. O. 332) und zusammen mit Muskovit bei Dölsch (G. O. 330). Große Tafeln von Biotit führen dagegen die Vorkommen von Neurandsberg (G. O. 329), Oberviechtach (G. O. 330) und vom Gregnitzgrund im Fichtelgebirge, hier noch mit derbem Beryll und Uranglimmer.

Dem gewöhnlichen Pegmatittypus darf man, mangels anderer typomorpher Mineralien wohl auch den Pegmatitgang an der Bischofshaube bei Bodenmais anschließen, welcher größere Butzen von attraktorischem Magneteisen ohne sonstige charakteristische Mineralien führt; ein ähnlicher, aber sehr unbedeutender Gang findet sich

download www.zobodat.at

auch in der Nachbarschaft des Urkalklagers am Reitbacherhof bei Hausbach a. Donau vor.

Aluminium-Pegmatitypus.

Pegmatite des Al-Typus sind in Bayern sehr verbreitet und charakterisiert durch das Auftreten von Mineralien wie Andalusit, Sillimanit, Disthen, Cordierit (Pinit), Staurolith, Dumortierit, Lazulith, von denen meist mehrere zusammen vorkommen; unsicher erscheint ein Fund von Korund (vergl. F. 228).

Sehr ausgeprägt zeigt sich der Typus in den Andalusitpegmatiten, welche außer oft riesigen Andalusitindividuen häufig Cordierit-Pinit, Biotit, Turmalin, gelegentlich auch Kibdelophan und Uranglimmer enthalten. Derartige, meist sehr quarzreiche Vorkommen finden sich im Waldgebirge auf der Taferlhöhe b. Oberfrauenau, im Bärenloch am Arber, zu Ansdorf b. Hohenwarth, zu Lengau und Herzogau bei Waldmünchen, am Düllnberg b. Waldsassen usw., im Fichtelgebirge am Wintersberg und Katharinenberg b. Wunsiedel, während sie im Spessart völlig unbekannt sind.

Eine andere Erscheinungsform des Al-Typus sind jene, Sillimanit oder Disthen, selten auch Staurolith, Dumortierit, Lazulith und vielfach Granat und Turmalin enthaltenden, meist feinkörnigen Pegmatite, welche bei Gümbel in der Regel als „Granulite" erscheinen. Über die chemische Zusammensetzung der Granaten in diesen „Granuliten" ist nichts bekannt; meist handelt es sich wohl um Almandin, während typische Spessartine zu fehlen scheinen. Zwar sind Spuren von Mangan qualitativ häufig nachweisbar; solche dürften indessen wohl keinem Granat unseres Gebietes ganz fehlen.

Lazulith fand ich in einem Pegmatit nächst Kreuth bei Eslarn zusammen mit Sillimanit, Granat und Turmalin; ähnlich scheint ein Vorkommen vom Kramberg (G. O. 340) zu sein.

Staurolith und Dumortierit dürften zu den seltenen Erscheinungen gehören; bis jetzt sind sie nur einmal in einem Übergangstypus mit Phosphatführung bei Marchaney (L. St. 527) nachgewiesen.

Die weite Verbreitung der gewöhnlichen (Sillimanit-) „Granulite" im Waldgebirge läßt spezielle Fundortsangaben überflüssig erscheinen, zumal die Aufschlüsse meist nur zufällige, oft schnell vorübergehender Art sind und Gümbel zahlreiche einschlägige Vorkommen namhaft gemacht hat.

Im Fichtelgebirge treffen wir Disthenpegmatite mehrfach als Injektionsadern in Eklogiten; ein besonders schönes Vorkommen mit bis 10 cm langen Disthenleisten war früher am Buchanger bei Falls (Düll, 65) aufgeschlossen. Mit den Eklogiten sieht man auch des

download www.zobodat.at

öfteren die, nur dem Fichtelgebirge eigene, Spezies der Zoisitpegmatite (G. F 131) auftauchen.

Im Spessart spielen die Al-Pegmatite eine recht bescheidene Rolle; Disthenpegmatite sind vom Galgenberg und Pfaffenberg bei Damm bekannt geworden, während Sillimanit zwar weitverbreitet, aber anscheinend nirgends typomorph auftritt.

Bor-Fluor-Pegmatittypus.

Unter diesen Typus fallen lediglich die gewöhnlichen, lithiumfreien Schörlpegmatite, welche bei allgemeiner Verbreitung nirgends besonderes Interesse bieten, weshalb hier auf Fundortsangaben verzichtet werden soll. Schöne und große Tumaline treten dagegen in einigen Spessartinpegmatiten auf, wie z. B. am Hörnlberg, wo bis 30 cm lange und 7 cm dicke Kristalle vorkamen.

Fluor-Bor-Pegmatittypus.

Die hieher gehörigen Pegmatite sind bisher nur im Fichtelgebirgsgranit bekannt geworden, doch darf ihr Auftreten vielleicht auch im Oberpfälzer Wald erwartet werden, nachdem in dessen Graniten Topas mikroskopisch nachgewiesen ist (Gl. 183).

Außer den für den Typus charakteristischen Mineralien Topas, Fluorit, Apatit und Schörl stellen sich gerne Beryllium- und Uranverbindungen ein. Als Glimmer finden sich Muskovit und Biotit; durch das Hinzutreten von Lithionglimmern entstehen Übergänge zum Li-Sn-Typus. Der Pegmatit vom Gregnitzgrund bei Nagel, ausgezeichnet durch seine prächtigen Topas-, Fluorit- und Apatitkristalle, ist noch besonders interessant durch das Vorkommen von Anatas, Eisenglanz und klarem, flächenreichem Phenakit.

Ein ähnliches Vorkommen ist jenes vom Fuchsbau bei Leupoldsdorf; hier ist der Topas überaus häufig, während Apatit, Fluorit und selbst Turmalin nur spärlich vertreten sind. Beryll gehört hier zu den Seltenheiten, dagegen sind Uranglimmer stellenweise reichlich vorhanden. Neben Muskovit und Biotit stellt sich hier auch etwas Zinnwaldit ein, welcher den Anschluß an die weiter nördlich folgenden Lithium-Zinn-Pegmatite vermittelt.

Lithium-Zinn-Pegmatittypus.

Dieser fluorreiche Typus ist durch einen besonderen Reichtum an schönen und seltenen Mineralien ausgezeichnet, unter welchen die Lithium-, Zinn-, Arsen-, Wolfram- und Uranverbindungen in erster Linie als charakteristisch gelten müssen.

download www.zobodat.at

Über die berühmteste und reichhaltigste dieser Lagerstätten, jene vom Epprechtstein im Fichtelgebirge, liegt neben älteren Arbeiten eine neuere, eingehende Untersuchung von Dürrfeld (D. I, II, III) vor.

Neben Fluorit, Topas, Apatit, Schörl findet sich dort Zinnwaldit, Edelturmalin, Zinnstein, Arsenkies, Wolframit, Scheelit, Autunit, Torbernit; Beryllium ist durch die mineralogischen Seltenheiten Herderit, Euklas und Bertrandit vertreten. Kalifeldspat, Albit und Quarz in schönen Kristallen, sekundäre Glimmer, ein unbenanntes Magnesiumtitanat, Kupferkies Bleiglanz, Hyalith und Lithiophorit vervollständigen das Bild der Lagerstätte, welches sich am kleinen Kornberg, großen Waldstein und Rudolfstein an einer minder reichen Paragenesis getreulich wiederholt.

Lithionglimmer und bunte Lithionturmaline führte auch ein Gang im Eisenspatlager von Eulenlohe bei Tröstau (G. F. 137); dieser mag stellenweise auch Zinnstein enthalten haben, weil auf dem benachbarten Zinnseifenwerk bisweilen grober Zinnstein mit anhängendem Geschiebe und grüne Turmaline gefunden wurden. Ähnliche Vorkommen sind vielleicht auch in der Selber Gegend zu finden, wo nach Sandberger (S. I) ebenfalls Lithionitgranite heimisch sind; der „dichroitische Schörl", welchen v. Hornberg (C. XII) anführt, dürfte wohl einem derartigen Pegmatitgang entstammen.

Mangan-Fluor-Phosphat-Pegmatittypus.

Die bayerischen Pegmatite dieses Typus sind unlängst von H. Laubmann und H. Steinmetz (L. St.) als „Phosphatpegmatite" eingehend beschrieben und mit den Pegmatiten von Branchville, Limoges, Chanteloube, Alluaud, Hureaux usw. in Parellele gestellt worden.

Niggli (N. I) hat dann unter Berücksichtigung der zahlreichen, gut erforschten Vorkommen dieser Art in den U. S. A. die Phosphatpegmatite weiter unterteilt, indem er die Lithium-haltigen Amblygonit- und Triphylinpegmatite seinem Li-Sn-Typus unterstellte und die Lithium-freien Triplitpegmatite als neuen, aber „wenig selbständigen Fluor-Mangan-Phosphattypus" davon abtrennte.

Die Zweckmäßigkeit dieser Einteilung für die amerikanischen Mineralprovinzen kann ich nicht bestreiten; für unser Gebiet indessen würde eine derartige Scheidung weder reinlich noch befriedigend ausfallen.

Zwar kann eine gewisse Übereinstimmung in der Mineralführung unserer bayerischen Triphylinpegmatite mit derjenigen der Zinnsteinpegmatite nicht in Abrede gestellt werden — Beryll, Columbit, Uraninit, Uranocker, Uranglimmer, Zirkon und Arsenkies würden dafür sprechen —, allein genau dieselbe Paragenesis, nur noch ergänzt

download www.zobodat.at

durch gediegen Wismut, findet sich auch in dem Lithium-freien Triplitpegmatit von Plößberg i. Opf. Seitdem ich überdies am Hühnerkobel den Triplit in großer Menge nachweisen konnte, erscheint auch der einzige, bisher als „typisch" betrachtete Lithium-Pegmatit unseres Gebietes nur noch als eine Variation des Triplittypus. Dies wird durch das völlige Fehlen weiterer Li-Mineralien noch unterstrichen.

Da also die Beziehungen zum Zinnsteintypus durch den mäßigen Lithiumgehalt zweier Vorkommen nicht weiter beeinflußt werden, ein Gehalt an Mangan, Fluor und Phosphorsäure aber allen gemeinsam ist, so erscheint es berechtigt, auch die Triphylinpegmatite unseres Gebietes dem Mangan-Fluor-Phosphat-Typus unterzuordnen.

Diesem Typus fügt sich dann ohne Zwang auch der Pegmatit von Hagendorf-Süd ein, welcher als einziges Primärphosphat einen dunkelgrünen Manganapatit, begleitet von Glimmer, spärlichen Sulfiden, Zirkon und Autunit, führt.

Die Gesamtheit der in den Phosphatpegmatiten auftretenden Mineralien findet man im Abschnitt „Sukzession" eingehend geschildert; hier sei nur auf die den Vorkommen von Rabenstein, Pleystein, Hagendorf und Plößberg eigene, reiche Paragenesis sekundärer Phosphate des Eisens und Mangans hingewiesen, welche später noch eingehender besprochen werden soll.

Die Pegmatite von Döfering (G. O. 324) und Marchaney (L. St. 525) stellen Kombinationen mit dem Al-Typus vor; ersteres ist bekannt durch die riesigen Andalusitmassen, welche dort den Triplit begleiteten, des letzteren wurde bereits beim Al-Typus Erwähnung getan.

Außerhalb des ostbayerischen Grenzgebirges, welchem alle genannten Vorkommen angehören, sind Phosphatpegmatite in Bayern nicht bekannt geworden.

Mangangranat-Pegmatittypus.

Bei Aufstellung seines Granatpegmatittypus hat Niggli (N. I) nicht zwischen Almandin und Spessartin unterschieden; dies ist vor allem darin begründet, daß Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Pegmatitgranaten nur recht spärlich vorliegen.

Indessen habe ich beobachtet, daß in unserem Untersuchungsgebiet die Almandite in der Regel mit Aluminium-Mineralien vergesellschaftet sind, während die Paragenesis der Spessartinvorkommen mit Rosenquarz, Muskovit, Apatit, Beryll, Sulfiden und Uraninit resp. Uranglimmer sich mehr jener der Manganphosphatpegmatite nähert. Da die Mangangranatpegmatite oftmals in der Nachbarschaft von Manganphosphatpegmatiten konzentriert sind und sowohl Mangangranat in Phosphatpegmatiten als auch Manganapatit in Spessartin-

download www.zobodat.at

pegmatiten bekannt geworden ist, so läßt dies schon einen gewissen Schluß zu auf die engen genetischen Beziehungen, welche diese beiden Typen verbinden; beide stellen wohl oft nur Differenzierungsformen der gleichen Magmalösung vor, eine Annahme, die durch das Fehlen von Mangan ini allen sonstigen Pegmatittypen gestützt wird.

Zahlreiche Vorkommen dieses Typus finden sich im Bayerischen Walde in der Gegend von Zwiesel-Bodenmais; hier mögen die bekannten Gänge von Klautzenbach, Frath und Frathau, ferner die auch wegen ihrer prächtigen Riesenturmaline berühmten Lagerstätten des Schneider-, Harlach- und Hörnlberges genannt sein. Mehr vereinzelte, wenig bekannte Vorkommen stellen sich die ganze Ostgrenze entlang ein und stellen die Verbindung her mit jenen des Oberpfälzer Waldes, wo sich am Rehbühl bei Pleystein prächtige, bis 5 cm große Spessartinkristalle neben schönen Feldspat- und Schörlkristallen fanden; ein ähnlicher Gang war auch früher bei der Bartelmühle aufgeschlossen und ein Pegmatit beim benachbarten Burkartsrieth führt neben primären, tiefbraunen auch hübsche, himbeerrote jüngere Bildungen von Mangangranat.

Im Fichtelgebirge ist nur ein Spessartinvorkommen bekannt geworden, und zwar am Schönlinder Schloßberg bei Röslau, wo Beryll mit einbrach.

Sehr verbreitet ist der Typus im Spessart, wo er namentlich in der Umgebung von Aschaffenburg in zahlreichen Vorkommen bekannt geworden ist. Leider lassen derzeit die Aufschlußverhältnisse sehr zu wünschen übrig und viele der alten, berühmten Vorkommen sind heute unzugänglich geworden. Bemerkenswerte Mineralien, die sich in diesen Pegmatiten finden, sind: Uranpecherz und Rutil im Steinbruch an der Schindkaute (K. 11), Beryll und große Muskovittafeln am Richtplatz, große Apatite bei der Aumühle und bei Goldbach, ein Lithionglimmer am Aftholder bei Damm (Th), schließlich noch Gadolinit und Orthit am Korsberg, bzw. Scheidberg bei Dürrmorsbach (Th).

Erz-Pegmatittypus.

Von eigentlichen Erzpegmatiten kann in unserem Gebiet kaum gesprochen werden; indessen dürfte ein kurzer Hinweis auf einige verwandte Erscheinungen nicht ganz unnütz sein.

Am meisten nähert sich dem Typus wohl der Gang von Kronau (G. B. 537), welcher große Putzen von Arsenkies und Molybdänglanz führt; größere Ausscheidungen von Arsenkies führt auch der Pegmatit vom Kohlenberg b. Zwiesel und die ähnlichen Vorkommen von Kapfing b. Deggendorf, sowie von Fahrmannsreuth und Hofkössen im Fichtelgebirge.

download www.zobodat.at

Bemerkenswert sind schließlich auch die nicht unbedeutenden Mengen von Zinkblende, bezw. Arsenkies, welche in einigen Phosphatpegmatiten angetroffen wurden.

Anhangsweise sollen hier noch die Beziehungen zwischen Pegmatiten und Fahlbändern gestreift werden. Das Hauptmineral der letzteren, der Magnetkies, tritt auch in den Pegmatiten von Frathau und Blötz b. Bodenmais auf und ist dort vergesellschafet mit Glimmer und Mangangranat, zum Teil auch mit Pyrit, Turmalin, Hornblende, Andalusit, Pinit und Kalkspat. Demgegenüber finden wir auf der Bodenmaiser Kieslagerstätte nicht nur diese, sondern auch noch andere Mineralien, wie Zinnstein, Fluorit, Sillimanit, Rutil und Zinkspinell, welche für eine Mitwirkung pegmatitischer Lösungen sprechen. Der intrusive Charakter ist durch Weinschenk's Untersuchungen (Zeitschr f. prakt. Geol. 1900) sichergestellt; berücksichtigt man noch die Massen von grünem Orthoklas, welche das Erzlager begleiten, so gewinnt die Ansicht an Wahrscheinlichkeit, daß zwischen Erzpegmatiten und intrusiven Fahlbändern kontinuierliche Übergänge bestehen und manche derselben wohl als „exaltierte Erzpegmatite" angesprochen werden dürfen.

II.

Neue Mineralvorkommen in bayerischen Pegmatiten.

Auf zahlreichen Exkursionen, welche ich in den Jahren 1919—1923 in den bayerischen Urgebirgsterritorien ausgeführt habe, ist es mir gelungen, ein reiches Material interessanter Pegmatitstufen zu sammeln; darunter befinden sich eine bedeutende Zahl neuer Vorkommen schöner und seltener Mineralien, wovon die wichtigsten nachstehend kurz beschrieben werden sollen.

Gediegen Wismut.

Im erdigen Phosphosiderit von Plößberg i. Opf. finden sich selten kleine Metallkörner von rötlich silberweißer Farbe und treppenförmigen Bruch eingesprengt; sie lassen sich mit dem Messer schneiden, aber nicht auf dem Ambos ausplätten, schmelzen sehr leicht vor dem Lötrohr und geben einen weißen Oxydbeschlag; dieser färbt sich beim Beräuchern mit Jodwasserstoff bräunlich und wird beim darauffolgenden Anblasen mit feuchtem Ammoniakgas schön orangerot. Ammoniumsulfid färbt den Beschlag schwarz, ohne ihn zu lösen. Die salpetersaure Lösung des Minerals mit einem Körnchen Chlornatrium

download www.zobodat.at

versetzt und stark verdünnt läßt eine starke weiße Trübung erkennen. Danach kann kein Zweifel mehr herrschen, daß tatsächlich Wismut vorliegt.

Durch diesen Fund aufmerksam gemacht, habe ich auch die übrigen Phosphatpegmatite auf ein derartiges Vorkommen untersucht mit dem Erfolg, daß ich am Kreuzberg zu Pleystein das Auftreten von Wismut gleichfalls nachweisen konnte. Hier erscheinen die Körner in Quarz eingesprengt, welcher Columbitkristalle und Reste zersetzten Triplites umschließt.

Bleiglanz.

Dieses Mineral findet sich als große Seltenheit am Epprechtstein im Fichtelgebirge. Eine Stufe von dort zeigt einen 3 mm großen Würfel mit etwas unebenen Flächen aufgewachsen auf kleinen Albitkristallen, welche einen Orthoklaszwilling überkrusten; ein zweiter kleinerer Kristall sitzt auf der Basisfläche eines mit einer Gilbertithaut überzogenen Apatites.

Greenockit.

Dieses seltene Mineral findet man gelegentlich als gelben, feinkristallinen Überzug über Zinkblende, Quarz, Glimmer oder Triplit. Bei der Zersetzung der cadmiumhaltigen Blende, hervorgerufen durch die bei der Oxydation der Kiese entstehende Schwefelsäure, ist dieses Sulfid, infolge seiner geringen Löslichkeit, wieder ausgefüllt worden.

Uranpecherz.

Zwischen tafeligen Columbitkristallen, häufiger in denselben eingewachsen finden sich in Hagendorf schwarze, mehr oder weniger glänzende Kriställchen von oktaedrischem Habitus, welche in kochender, konzentrierter Schwefelsäure allmählich in Lösung gehen und auf Zusatz von Natriumazetat zur abgestumpften Lösung eine reichliche Kristallisation der charakteristischen Tetraeder von Natriumuranylazetat liefern. Von Schwermetallen konnte nur Blei in geringen Mengen neben Spuren von Eisen nachgewiesen werden; ein Gehalt an Yttererden blieb zweifelhaft.

Neben dem Oktaeder zeigen die Kriställchen öfters auch Rhombendodekaederflächen; kontrollierende Messungen ergaben innerhalb der durch die Flächenbeschaffenheit bedingten Fehlergrenzen die berechneten Winkelwerte. Danach handelt es sich zweifellos um ein sehr reines Uranpecherz. Im Strich ist das frische Mineral schwarz; beginnende Hydratation kennzeichnet sich durch eine grünliche Ver-

download www.zobodat.at

färbung desselben und zugleich werden die vordem glänzenden Kristallflächen matt und etwas porös. Es ist charakteristisch, daß man das frische Mineral nur dort vorfindet, wo der Columbit nicht mit Uranglimmer vergesellschaftet ist; wo Autunit auftritt, ist die Pechblende in Uranocker umgewandelt. Der letztere bildet Pseudomorphosen mit oft recht deutlicher Erhaltung der Kristallgestalt des Mutterminerals. Oft kann man Dutzende dieser Pseudomorphosen in einem einzigen Columbitkristall, meist tief in dessen Oberfläche eingesenkt, beobachten, während die frischen Individuen infolge des vollkommen gleichartigen Glanzes beider Mineralien kaum zu unterscheiden sind.

(Der Sammelbegriff „Uranocker" wurde gewählt wegen der verschiedenartigen Zusammensetzung dieser Pseudomorphosen, welche, wenn frisch, dem Rutherfordin entsprechen, häufig aber auch Uranylsulfate und -Phosphate enthalten. Der Rutherfordin entsteht im hydrothermalen Stadium, während Sulfate und Phosphate erst durch die Einwirkung der vadosen Wässer aus ihm gebildet wurden.)

Solchen Verwachsungen von Columbit und Uranpecherz scheint eine größere Verbreitung zuzukommen und davon dürfte auch die schwache Radioaktivität herrühren, welche an verschiedenen Columbiten beobachtet worden ist. Mme. Curie (C) erhielt z. B. bei der Messung verschiedener Vorkommen (nach ihrer Kompensationsmethode mit Hilfe des piezoelektrischen Quarzes) Sättigungsströme von 0,3—0,1.10—11 Ampère gegenüber 8,3.10—11 Ampère bei Pechblende von Johanngeorgenstadt. Dies würde (unter Voraussetzung des erreichten U-Ra-Gleichgewichtes) einem Gehalt von 1,3—4% Uranpecherz entsprechen, was mit den Mengenverhältnissen der Hagendorfer Mineralien gut übereinstimmt.

Auch in Plößberg und am Hühnerkobel kommen diese Pseudomorphosen vor, jedoch nicht im Columbit, sondern im Feldspat, Quarz und Triplit. Von letzterem Fundort ist Uranocker seit langem bekannt, indessen hatte bisher niemand dessen Pseudomorphosencharakter erkannt. An beiden Stellen kann man darin öfters noch Kerne von unzersetztem Uranpecherz erkennen. Durch die Auffindung der Pechblende ist auch die Herkunft des Uranglimmers erklärt, dessen Entstehung aus einem primären Uranmineral Gümbel (G. O. 326) bereits für wahrscheinlich hielt; allerdings hatte er wegen der Nachbarschaft des Columbits an ein Urantantalat, den Samarskit, gedacht.

Zirkon.

Kleine braune Kriställchen dieses Minerals finden sich in Plößberg einzeln oder zu mehreren, oft rosenkranzartig zu Schnüren angereiht,

download www.zobodat.at

im Quarz, Feldspat und Kraurit nicht allzuselten. Sie sind immer frisch und zeigen ihren vollen Härtegrad = 7—7,5 der Mohs'schen Härteskala. Das Volumgewicht wurde mit 4,26 bestimmt, dürfte aber in Wirklichkeit etwas höher sein, da die Kriställchen von anhängendem Quarz nicht vollständig befreit werden konnten. Der Glanz ist fettig, der Bruch uneben bis feinmuschelig, eine undeutliche Spaltbarkeit nach einer Pyramide ist öfters wahrnehmbar. Unter dem Mikroskop zeigte sich ein Mineral von recht hoher Lichtbrechung, ziemlich kräftiger positiver Doppelbrechung und gerader Auslöschung. Vor dem Lötrohr erweist sich das Mineral unschmelzbar, Kaliumbisulfat greift es nur langsam an, schneller wird es durch schmelzendes Kaliumhydroxid oder Fluorkalium aufgeschlossen; in der Lösung ist ziemlich reichlich Uran enthalten; nach Neutralisation gibt sie auf Zusatz von Natriumjodat eine weiße Fällung von Zirkonjodat.

Die Zirkonkriställchen überschreiten selten eine Länge von 2 mm; gewöhnlich sind sie prismatisch gestreckt und stets doppelendig entwickelt. Recht häufig ist der Hyazinth-Habitus, manchmal soweit verkürzt, daß dadurch ein Rhombendodekaeder vorgetäuscht wird; eine Verwechslung mit Granat ist dann naheliegend.

An einem der Kriställchen wurde gemessen: (111) : ($\bar{1}$11) = 95°5′ (berechnet 95°20′). Die Abweichung vom berechneten Werte ist durch eine leichte Krümmung der Pyramidenflächen bedingt.

Ganz ähnliche Kriställchen, aber mit sehr verkürzten oder fehlenden Prismen I. und II. Stellung fand ich auch im feinschuppigen Glimmer, Triplit, Quarz, Primärapatit und selten im Columbit eingewachsen zu Hagendorf; in Pleystein habe ich das Mineral in Triplit sitzend gefunden; außerdem bewahrt auch die mineralogische Sammlung des bayerischen Staates eine Stufe von dichtem Kraurit, welcher einen 4 mm großen Zirkonkristall umschließt.

Scheelit.

Das Vorkommen von Wolframit am Epprechtstein, welches ich erst neuerdings wieder beobachten konnte, ließ die Gegenwart auch des Scheelits vermuten, was durch eine sorgfältige Nachforschung bestätigt wurde. Der bisher einzige Fund zeigt etwa zwanzig oktaederähnliche bräunliche Kriställchen auf der mit jüngerem Quarz verheilten Bruchfläche eines Rauchquarzkristalles aufsitzend. Die ungünstige Flächenbeschaffenheit ließ zwar keine Winkelmessung zu; durch den optischen und analytischen Befund ist das Mineral aber zweifellos als Scheelit bestimmt.

download www.zobodat.at

Eosphorit.

Dieses, bisher nur aus dem Phosphatpegmatit von Branchville, Co. bekannt gewordene seltene Phosphat kommt auch in Hagendorf vor; die besten Kristalle beobachtete ich in derbem Phosphoferrit eingewachsen. In Habitus und Winkelwerten stimmen sie genau mit dem Originalvorkommen überein.

Lehnerit.

Dieses neue Mineral erscheint selten in deutlichen, aber immer recht kleinen Kristallen des monoklinen Systems, häufiger in derben, hellgrünen Massen, welche durch eine sehr vollkommene Spaltbarkeit ausgezeichnet sind. Der Lehnerit ist überwiegend Ferrophosphat; ein Teil des Eisens kann durch Mangan und Magnesium vertreten werden. Die Analyse führt auf die Formel $(Fe, Mn, Mg)_7 (OH)_2 (PO_4)_4 \quad 5 H_2O$.

Wentzelit.

Der Wentzelit, ebenfalls ein neues Mineral, kommt ausschließlich in rosettenartig gruppierten Kristallen von blaß rosenroter Farbe vor, welche dem monoklinen System angehören. Er ist ein saueres Phosphat von vorwiegendem Mangan, welches teilweise durch Eisen und Magnesium vertretbar ist. Nach der Analyse ergibt sich die Formel $(Mn, Fe, Mg)_3 (PO_4)_2 \quad 5 H_2O$.

Anmerkung: Mein Material an Eosphorit, Lehnerit und Wentzelit habe ich schon vor Beginn dieser Arbeit Herrn F. Müllbauer (Assistent am mineralogischen Institut der Universität München) übergeben, welcher darüber binnen kurzem ausführlicher berichten wird. Ich mußte mich daher auf vorstehende kurze Angaben beschränken.

(Die Herren Brauereibesitzer Ferdinand Lehner und Pater Hieronimus Wentzel in Pleystein, nach welchen die neuen Mineralien benannt sind, haben sich um die Erforschung der dortigen Phosphatpegmatite große Verdienste erworben und auch der Sammlung des Bayerischen Staates wertvolle Mineralien der dortigen Vorkommen geschenkweise überlassen.)

Skorodit.

In dem Pegmatit von Plößberg fanden sich auf einem Kiesäderchen im Quarz kleine, wassergrüne Kriställchen, welche ich erst für Strengit hielt; da ihr spez. Gewicht für diesen zu hoch war, wurden sie näher untersucht. Eine kleine Probe im Glasröhrchen erhitzt gab reichlich Wasser ab und bei Reduktion mit Kaliumcyanid wurde leicht ein glänzender dunkelbrauner Arsenspiegel erhalten. Sonst war das Mineral durch sehr hohe Lichtbrechung, kräftige positive Doppelbre-

download www.zobodat.at

chung,e gerade Auslöschung und anomale Interferenzfarben charakterisiert. Nach diesen Kriterien kann kaum noch ein Zweifel bestehen, daß hier tatsächlich Skorodit vorliegt.

Bertrandit.

Bertrandit vom Epprechtstein sah ich zuerst in der Sammlung Petzi-Regensburg; später wurde mir von Dr. V. Dürrfeld in Brake (Oldbg.) eine kleine Stufe mit Kriställchen dieses Minerals gütigst überlassen; ein drittes Exemplar ist in der Sammlung Seligmann-Coblenz enthalten.

Die kleinen farblosen oder schwach gelblichen Täfelchen des Bertrandits sitzen über Fluorit, Apatit oder sekundärem Glimmer. Einmal konnte ich zwischen den Täfelchen Reste von Herderit feststellen, welcher in diesem Falle wohl als das Muttermineral gelten darf; außer der optischen Prüfung, welche ein monoklines, negatives Mineral von mittlerer Lichtbrechung aber kräftiger Doppelbrechung ergeben hatte, wurde zum Nachweis auch die intensive, goldgelbe Pyrolumineszenz, welche dem Herderit eigentümlich ist, herangezogen. Auf den Nachweis von Beryllium im Lichtbogenspektrum, welcher an sich sehr empfindlich ist, wurde mit Rücksicht auf die Nachbarschaft des Bertrandits verzichtet, dagegen wurde ein hoher Phosphorsäuregehalt festgestellt.

Die Kriställchen des Bertrandits zeigen ausschließlich die drei Endflächen, mit Perlmutterglanz auf der Basis. Zwillinge waren nicht zu beobachten. Einzelne Exemplare wiesen Andeutungen einer hemimorphen Ausbildung auf, indem die eine Basisfläche ganz eben, die andere etwas gewölbt und paralell (010) gestreift erschien. Die optische Prüfung ergab ein Mineral von großem Axenwinkel, gerader Auslöschung und negativem Charakter; der mittlere Brechungsindex wurde nach der Methode von Schröder van der Kolk sehr nahe mit 1,59 übereinstimmend gefunden. Das spezifische Gewicht wurde nach der Schwebmethode zu 2,61 bestimmt. Dies sind aber die wesentlichsten Eigenschaften des Bertrandits.

Außer den vorstehend beschriebenen Mineralien, deren Auftreten in den bayerischen Pegmatiten bisher überhaupt nicht bekannt war, wurden noch folgende neue Vorkommen mehr oder weniger seltener Pegmatitmineralien beobachtet:

Pyrrhotin.

Magnetkies war bisher nur im Pegmatit von der Blötz bei Bodenmais als derbe Einsprengung bekannt. In dieser Form habe ich ihn auch noch auf der Fratt bei Unterried gefunden. In neuerer Zeit kam

download www.zobodat.at

Magnetkies auch in dem Phosphatpegmatit von Hagendorf vor und neben derbem Erz fand sich auch einmal ein gut entwickelter Kristall in Form einer Kombination von hexagonalem Prisma mit der Basis; die Prismenflächen waren paralell den Basiskanten gestreift. Er sitzt zwischen kleinen, klaren Quarzkriställchen eingewachsen im Triploidit.

Arsenkies.

Dieses, in vielen Pegmatiten sehr häufige Mineral wurde von mir in dem Pegmatit von Pleystein als große Seltenheit beobachtet. Man findet es eingesprengt im Quarz, leicht erkenntlich durch seine zinnweiße Farbe und den körnigen Bruch. Einfachste Lötrohroperationen bestätigen den Befund. Die Seltenheit dieses Minerals, wie auch der übrigen Sulfide in Pleystein dürfte aufs engste mit der intensiven Tätigkeit der Atmosphärilien in dem schon frühzeitig durch Erosion und Verwitterung bloßgelegten Quarzriff des Kreuzberges zusammenhängen, durch welche der größte Teil der Schwefelmetalle der Oxydation anheimfiel.

Eisenglanz.

Zusammen mit Anatas und Phenakit findet sich dieses Mineral in den Drusen eines Granitbruches im Gregnitzgrund bei Nagel. In einzelnen sechsseitigen Täfelchen oder zu kleinen „Eisenrosen" gruppiert, ist es teils in der äußeren Hülle der Quarz- und Feldspatkristalle, teils im Gilbertit eingewachsen. Die Randflächen sind stets mehr oder weniger gerundet und deshalb zu Messungen ungeeignet. Ein mäßiger Titangehalt scheint stets vorhanden zu sein.

Anatas.

Bisher war Anatas in bayerischen Pegmatiten nur mikroskopisch nachgewiesen; neuerdings habe ich das Mineral auch in makroskopischen Kristallen mehrfach angetroffen. In dem oben erwähnten Bruch im Gregnitzgrund kommt es in zwei Generationen vor, welche durch Farbe und Habitus unterschieden sind. Typus I, schwarze, in der Durchsicht ölgrüne, oktaederähnliche Kriställchen finden sich mit Vorliebe auf Rauchquarz, meist von einer Gilbertithaut überkrustet; als Formen beobachtet man entweder die Grundpyramide oder (335). Seltener ist der Typus II, der nur auf einer Stufe vertreten ist; die Kriställchen sind haar- bis dunkelbraun und sitzen auf einer Kluft der Drusenwandung zusammen mit kleinen Apatit- und Quarzkristallen. Sie sind flächenreicher als Typus I; festgestellt wurden drei Pyramiden I. Art und eine solche II. Art.

download www.zobodat.at

Die Messungen ergaben:

	Gemessen:	Berechnet nach Hintze:
(111) : (1$\bar{1}$1)	81° 59′	82° 8″
(112) : (1$\bar{1}$2)	67° 21′	67° 11′
(113) ?	?	?
(105) : (015)	26° 59′	27° 24′

Die Pyramide (113) gab niur sehr schlechte Reflexe, so daß sie als nicht sicher bestimmt gelten kann.

Auch in dem Pegmatit am Wimhof bei Vilshofen (Niederbayern) fand ich mehrere Stufen mit Anatas; die kleinen schwarzen Kriställchen zeigen nur die Grundpyramide und in einem Falle auch die Basis. Hier sind sie aus der Zersetzung von Titaneisen hervorgegangen, dessen Überreste noch deutlich erkennbar sind.

Rutil.

Im Spessart sind Rutilkristalle im Pegmatit nicht selten und seit langer Zeit bekannt; ein neues Rutilvorkommen beobachtete ich vor einigen Jahren am Katzberg bei Cham. In einer pegmatitischen Schliere fand sich ein Bündelchen voni 4 mm langen Rutilnadeln neben hübschen, gut ausgebildeten Glimmerkristallen und einem größeren Apatit; bei den markanten optischen Eigenschaften des Rutils bot ihre Bestimmung keine Schwierigkeiten. Es ist wahrscheinlich, daß sie aus titanhaltigem Glimmer hervorgegangen sind.

Columbit.

Columbit von Hagendorf ist bereits bekannt (L. St. 563); in den letzten Jahren kam er ziemlich häufig vor und unter dem gesammelten Material fanden sich auch einige zur Messung geeignete Kristalle. Diese sind durchwegs tafelig nach (100) und dem Vorkommen von Rabenstein ähnlich. Zum Vergleich sind Dana's Winkelwerte mit angegeben:

	Gemessen:	Dana:
(100) : (530)	26° 36′	26° 26′
(530) : (110)	13° 16′	13° 12′
(110) : (010)	50° 27′	50° 22′
(010) : (021)	29° 20′	28° 50′
(021) : (001)	60° 40′	61° ca.
(100) : (133)	75° 01′	75° 17′ ca.
(133) : ($\bar{1}$33)	29° 57′	30° ca.

download www.zobodat.at

Triplit.

Triplit war im Quarzbruch am Hühnerkobel bisher unbekannt und Laubmann bestätigt dies ausdrücklich: „Es ist zu bemerken, daß am Hühnerkobel niemals Triplit gefunden wurde . ." (L. St. 573); „ . . obwohl die ganze Mineralgesellschaft dieser Lagerstätte denselben auch dort vermuten läßt." (L. St. 581.) Tatsächlich ist dieses Mineral am Hühnerkobel aber sehr häufig und es ist geradzu unverständlich, wie es an einer so berühmten und über hundert Jahre von Sammlern und Wissenschaftlern regelmäßig besuchten Lagerstätte so vollkommen übersehen werden konnte. Mein Material entstammt nämlich keineswegs, wie man unter diesen Umständen annehmen möchte, neuen Anbrüchen, sondern den uralten, immer wieder durchwühlten Schutthalden.

Meist bildet der Triplit rundliche Knollen im Feldspat, darunter solche bis 5 kg Gewicht; recht häufig bemerkt man auch gradlinig begrenzte Querschnitte, welche Triplitkristallen angehören; die Isolierung derselben scheitert aber an der Festigkeit der Feldspatmatrix und der guten Spaltbarkeit des Triplits. Das Mineral zeigt Fett- bis Harzglanz auf den Bruchflächen und ist reh- oder kastanienbraun gefärbt. Eine grünliche Verfärbung am Rande zeigt vielfach eine beginnende Umwandlung in Kraurit an, auch Anflüge von Purpurit sind gelegentlich zu beobachten. Im übrigen ist das Mineral aber bemerkenswert frisch und nur selten von schwarzen Manganoxyden infiltriert.

Apatit.

Neue Apatitvorkommen beobachtete ich in den Pegmatiten von Roßbach (Opf.), Katzberg bei Cham und Wimhof bei Vilshofen (Niederbayern). Die Kristalle zeigen durchwegs einfachste Formen, meist nur Prisma und Basis. Am Wimhof fanden sich Exemplare mit schaligem Aufbau aus hell- und dunkelgrünen Schichten.

Herderit.

Die bisher aus dem Fichtelgebirge beschriebenen Herderite entstammen alle den Drusen des Epprechtsteins. Inzwischen hat sich ein vermeintlicher Topaskristall von Reinersreuth am großen Waldstein ebenfalls als Herderit entpuppt. Der ursprünglich mit Apatit verwachsene Kristall von zirka 1 cm Größe ist in der Richtung der Längsaxe gestreckt; da weder eine Zwillingsnaht, noch eine Verschiedenheit der Flächen in Glanz, Streifung usw. wahrnehmbar ist, so dürfte jedenfalls ein einfacher Kristall vorliegen. Als solcher aufgefaßt, ergeben sich folgende Formen: (001), (031), (332), (302), (331), (132) ?

download www.zobodat.at

Die Form ($\bar{1}32$) ist für den Herderit neu; gemessen wurde: ($\bar{1}32$): ($0\bar{3}2$) = 14° 56′; unter Zugrundelegung des von Dürrfeld berechneten Axenverhältnisses für den Waldsteinherderit würde diese Form allerdings 16° 03′ 56″ verlangen. Die Abweichung vom berechneten Wert ist durch die Krümmung der Fläche bedingt; von den verschiedenen Reflexen wurde der beste ausgewählt.

Die ganze untere Hälfte des Kristalls wird von drei gekrümmten Flächen eingenommen, welche ihrer Lage und Beschaffenheit nach keine Krisallflächen, sondern Anlagerungsflächen darstellen.

Lazulith.

Zu Kreuth bei Eslarn fand sich in einem Versuchsbau, welcher dort zwecks Gewinnung technisch verwertbaren Feldspats angelegt wurde, neben Turmalin, Almandin und Sillimanit auch ein körniges, blaues Phosphat. An diesem wurden folgende Eigenschaften festgestellt:

Die Lichtbrechung stimmt sehr nahe mit der des Acetylentetrabromides (n = 1,636) überein; Spaltblättchen zeigen lebhaften Pleochroismus von himmelblau zu farblos, kräftige Doppelbrechung, randlichen Austritt einer optischen Axe, wahrscheinlich negativen Charakter. In konzentrierter Salpetersäure war das Mineral unlöslich, nach dem Glühen ging es aber in Lösung und gab Phosphorsäure-, Eisen- und Aluminiumreaktion. Nach diesem Befund muß das Mineral als Lazulith angesprochen werden.

Kupferuranit.

Hübsche, smaragdgrüne Täfelchen dieses Minerals fand ich in den Drusen des obenerwähnten Granitbruches im Gregnitzgrund bei Nagel und des großen Waldsteins bei Reinersreuth. Im letzteren Falle sitzen die zahlreichen Kriställchen dicht zusammengedrängt in Höhlungen eines sehr intensiv gefärbten Rauchquarzes. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß in diesen Löchern ursprünglich ein primäres Uranmineral saß. Hier wie auch anderwärts machte ich die Beobachtung, daß die bei Entnahme aus der Druse vollkommen klaren, lebhaft glasglänzenden Kristalle nach einigen Tagen trüber und matter geworden waren. Möglicherweise steht der beim Kupferuranit bekannte schwankende Wassergehalt damit im Zusammenhang.

Beryll.

In dem Pegmatit des Kalkbruches am Wimhof bei Vilshofen (Niederbayern) fanden sich zusammen mit Apatit, Titanit, Rauchquarz und Albit auch farblose Edelberylle aufgewachsen auf einem per-

download www.zobodat.at

thitischen Orthoklas. Die nach der Hauptaxe gestreckten Kristalle erreichten 10 mm in der Länge und waren von einem zähen tonigen Drusenschmand bedeckt. An einem losen Kristall (ein aufgewachsener befindet sich in der mineralogischen Sammlung des Bayerischen Staates in München) konnte nur ein hexagoales Prisma mit Basis und die mit drei Flächen vertretene Pyramide (11$\bar{2}$1) festgestellt werden.

Sphen.

Die bis 1 cm großen Sphenkristalle, welche mit den obenerwähnten Beryllen vorkamen, zeigen kurzprismatischen oder pyramidalen Habitus. Die kleinsten davon sind orangegelb und klar durchsichtig, die größeren honigbraun und durchscheinend; sie sind ebenfalls dem Orthoklas aufgewachsen und mit dem Beryll etwa gleichaltrig. Die Kristalle sind eine Kombination der Formen: (111), (110), (1$\bar{1}\bar{1}$), (1$\bar{1}$0).

Im Anschluß an diese Neufunde sollen nun noch einige Irrtümer in der Literatur richtiggestellt werden, welche Mineralvorkommen in den bayerischen Pegmaliten betreffen.

Baryt.

Die von Dürrfeld (D. I. 593) beschriebene Barytstufe stammt jedenfalls nicht vom Epprechtstein. Dürrfeld selbst ist das eigenartige Aussehen derselben aufgefallen, denn er schreibt: „. ., welche offenbar einer Kluft im Granit entstammt" und weiterhin: „auf den Granit als S a l b a n d folgt derber Quarz, darüber Flußspat in schönen Kristallen, dann Schwersspat . "; damit ist an sich schon zugegeben, daß keine Pegmatitstufe vorliegt. Berücksichtigt man noch, daß der bunte Granit, welcher die Unterlage des Quarzes und der Kristalle bildet, vom Waldsteingranit völlig verschieden ist und daß die von Dürrfeld gemessenen Formen am Baryt von Wölsendorf fast alle recht gewöhnlich sind, so wird man als sicher annehmen dürfen, daß Dürrfeld einer Etikettenverwechslung zum Opfer gefallen ist.

Axinit.

Nach freundlicher Mitteilung von V. Dürrfeld hat sich der von ihm (D. I. 598, Fußnote) angekündigte Fund von Axinit nicht bestätigt.

Calcit.

Dieses Mineral kommt am Epprechtstein nicht vor; die irrtümliche Angabe von Niggli (N. I. 208) beruht auf einem Druckfehler, indem anstelle von „Kalk- und Kupferuranit" versehentlich „Calcit und Kupferuranit" gesetzt wurde.

download www.zobodat.at

III.

Die Succession der Mineralien in den bayerischen Phosphatpegmatiten.

In seiner Arbeit über die bayerischen Phosphatpegmatite (L. St.) hat Laubmann zwar für einige der einschlägigen Mineralien eine Ausscheidungsfolge angegeben; allein auch diese unvollständigen Angaben sind nach meinen Beobachtungen nicht in allem zutreffend. Außerdem ist inzwischen eine nicht unbedeutende Zahl weiterer Mineralien ans Tageslicht gekommen, welche berücksichtigt werden müssen.

Es erschien deshalb angebracht, die Paragenesis dieser interessanten Minerallagerstätten etwas eingehender zu untersuchen. Hierzu hielt ich das Vorkommen von Hagendorf als das bestaufgeschlossene und reichhaltigste am geeignetsten; die nachstehenden Ausführungen geben daher ein getreues Bild der Hagendorfer Lagerstätte und nur für die dort fehlenden Mineralien Beryll, Wismut, Turmalin, sowie einige an dieser Stelle nur spärlich erscheinende vadose Bildungen wurden auch die Pegmatite von Plößberg, Pleystein und Rabenstein herangezogen.

Uranpecherz.

Kleine, glänzende, schwarze Oktaeder dieses Minerals sitzen in oder auf dem Columbit, auch im primären Manganapatit; am letzteren läßt sich dann meist im Umkreis von etwa $^1/_2$ mm eine leichte Verfärbung beobachten. Im Columbit ist das Mineral häufig so eingewachsen, daß eine seiner Oktaederflächen in die Ebene (100) des Columbitkristalls fällt; dann ist es sehr schwierig zu erkennen; leichter unterscheidet man es, wenn es durch beginnende Hydrastisierung einen Stich ins Grünliche angenommen hat. Deutlich erkennt man aber die Art der Verwachsung an den weniger seltenen, aus Uranocker oder Uranglimmer bestehenden Pseudomorphosen.

Zirkon.

Im Columbit, Primärapatit, Triplit, Feldspat, Glimmer und Quarz findet man die fettglänzenden braunen Kriställchen dieses Minerals nicht häufig, aber stets in mehreren Exemplaren.

download www.zobodat.at

Columbit.

Stets kristallographisch begrenzt erscheint das Mineral eingewachsen in Primärapatit, Zinkblende, Triplit, Feldspat und Glimmer, seltener auch in Triphylin und Quarz. Im Triplit kommen auch sonnenartig um einen Zentralpunkt gruppierte Aggregate vor; mit Feldspat bildet der Columbit manchmal schriftgranitartige Verwachsungen, welche wohl ein Eutektikum andeuten.

Beryll.

Beryll ist von Hagendorf nicht bekannt. In Plößberg und Rabenstein kommt er meist im Quarz, am letzteren Orte auch gern in Triphylin eingewachsen vor. Hier zeigt er sich auch mit Columbit verwachsen, welcher beim Ablösen ziemlich tiefe Eindrücke hinterläßt.

Manganapatit.

Isolierte, graugrüne, rauhflächige Apatitkristalle beobachtet man umschlossen von Glimmer, Feldspat, Quarz und gelegentlich auch von Triplit. Besonders charakteristisch sind bandartige, mit Quarz oder Glimmer wechsellagernde Partien dieses Minerals, welche manchmal den Eindruck eines Eutektikums machen, aber vielleicht nur auf einer Parallelstellung der tafeligen Apatitkristalle durch vektoriellen Druck beruhen.

Muskovit.

Große Glimmertafeln finden sich besonders im Quarz, aber auch in Zinkblende und Triplit eingewachsen. Kleinblättrige und feinschuppige bis fast dichte Aggregate sind wasserhaltig und jedenfalls aus Feldspat hervorgegangen; man beobachtet solche mit Vorliebe als Umhüllung von Columbit, Zinkblende und Triplit.

Pyrit I.

Die ältere Generation des Eisenkieses trifft man häufig als derbe Einsprengung in Quarz, Zinkblende, Triplit, Triphylin, selten in Feldspat. Kristallographische Begrenzung (meist Würfel mit Oktaeder) zeigt sie in der Regel nur im Quarz.

Zinkblende.

Schwarzbraune kristalline Massen von Blende, fast immer von Eisenkies durchsetzt und von Glimmer, Feldspat oder Quarz umgeben, sind ebenso häufig wie die kleinen rötlichen Äderchen dieses Minerals, welche man in größeren Knollen von Triplit bzw. Triphylin

download www.zobodat.at

vorfindet. Recht selten sind dagegen einheitlich durchspaltende Individuen tiefschwarzer, stark glänzender Blende, welche vereinzelte Fetzen von Triplit umschließen.

Turmalin.

Der Hagendorfer Pegmatit enthält dieses Mineral nicht, dagegen ist es in Plößberg gemein. Es erscheint dort in schlecht ausgebildeten Kristallen von bedeutender Größe im Feldspat und wurde auch einmal in einem Triplitkristall eingewachsen beobachtet.

Wismut.

Auch dieses Mineral wurde bisher in Hagendorf nicht gefunden. In Plößberg sah ich es in einem aus Triplit entstandenen Phosphosideritknollen, in Pleystein im Quarz eingewachsen.

Triplit und Triphylin.

Größere Massen von Triplit findet man eingewachsen in Feldspat, Glimmer oder Quarz; im feinschuppigen Glimmer kann man oft auch Anhäufungen von Einzelkristallen beobachten, die sich jedoch infolge ihrer guten Spaltbarkeit selten aus der zähen Matrix auslösen lassen. Seltener findet man Tripliteinschlüsse im Triphylin, dann aber immer ohne scharfe Abgrenzung; gelegentlich kommt auch der umgekehrte Fall vor. Diese Verwachsungen der beiden Mineralien sind aber immer untergeordneter Art; die größeren Massen derselben treten in getrennten Nestern auf. Im allgemeinen scheint der Triplit das ältere Mineral zu sein, weil die ersten Mineralausscheidungen Uranpecherz, Zirkon und Columbit sogut wie ausschließlich auf diesen beschränkt sind, während sie im Triphylin gar nicht oder sehr selten auftreten.

Feldspat.

Der Feldspat ist weit überwiegend orthoklastisch, doch sind kleinere Ausscheidungen eines dem Oligoklas nahestehenden Plagioklases nicht selten; diese lassen sich an ihrer charakteristischen Zwillingsstreifung oft schon mit unbewaffnetem Auge, leichter unter Zuhilfenahme einer Lupe erkennen. Selten beobachtet man größere, rauhflächige Orthoklaskristalle, meist mikroperthitisch von Albit durchwachsen. Weder in Hagendorf noch in irgendeinem bayerischen Phosphatpegmatit ist Mikroklin nachweisbar.

Quarz I.

In Hagendorf tritt der Quarz gegenüber den gewaltigen Feldspatmengen etwas zurück. Er ist oft stark kataklastisch und häufig von

download www.zobodat.at

Eisen- und Manganoxyden infiltriert. In der Nachbarschaft des Columbites ist er vielfach fettglänzend und dunkelgrau bis fast schwarz gefärbt; dies mag vielleicht auf radioaktive Strahlung von mit dem Columbit vergesellschafteter Pechblende zurückzuführen sein. Neben dem derben Quarz treten gelegentlich auch bis 1 m große, rauhe, oft als Kappenquarz entwickelte Kristalle auf. Schriftgranitische Verwachsungen mit Feldspat wurden bisher nicht beobachtet.

Magnetkies.

Einsprengungen dieses Erzes kommen im Triploidit vor und zeigen manchmal vereinzelte Facetten; ein einziges Mal wurde ein deutlicher, von Prisma und Basis begrenzter Kristall zwischen den kleinen, wasserhellen Kriställchen des Quarzes II beobachtet.

Quarz II.

Der jüngere Quarz bildet meist recht kleine, ebenflächige, klare Kristalle, welche im Triploidit, Phosphoferrit und anderen jüngeren Phosphaten als Einschluß vorkommen; er ist sicher eine hydrothermale Bildung, wenn auch sein Anfangsstadium noch der pneumatolytischen Ausscheidungsperiode angehören dürfte. Die mit Triploidit verwachsenen Kriställchen weisen vereinzelt falsche Flächen auf, häufiger aber sind Abdrücke der Quarzkristalle im Triploidit festzustellen. Mehrere Zentimeter lange, weißlich getrübte Quarzkristalle finden sich öfters von jüngerem Pyrit eingehüllt.

Triploidit.

Unter den sekundären Phosphaten ist der Triploidit das älteste; da er kein Kristallwasser enthält, dürfte er wohl durch pneumatolytische Zersetzung des Triplits entstanden sein. Er findet sich häufig mit Triplit verwachsen, wobei oft deutlich erkennbar ist, daß die Triploitbildung von Rissen aus erfolgt ist. Auch die Tripliteinschlüsse im Triphylin sind oft ganz oder teilweise so verändert. Sonst findet man ihn häufig verwachsen mit Eosphorit, Phosphorferrit und Lehnerit, welche nur wenig jüngere Bildungen vorstellen. Daß der Triploidit entgegen der Auffassung von Brush und Dana (Br. D.) und Laubmann (L. St.) keine Primärbildung ist, geht mit Sicherheit auch daraus hervor, daß in ihm der Mangangehalt wesentlich angereichert ist, außerdem stets kleine Mengen von Calcium darin enthalten sind, welche nach den von Laubmann angeführten Analysen dem Triplit fremd sind.

download www.zobodat.at

Eosphorit.

Der Eosphorit ist in Hagendorf ein recht seltenes Mineral; ich beobachtete ihn in stengeliger Form verwachsen mit älterem Triploidit und jüngerem Apatit II; sehr scharfe Kristalle waren vollständig im derben Phosphoferrit eingewachsen. Mehrfach fanden sich auch Überkrustungen von Fairfieldit. Eine isolierte Masse von stengeligem Eosphorit enthielt in einer kleinen Höhlung ebenfalls deutliche Kristalle.

Apatit II.

Der jüngere Apatit bildet oft erdige und kryptokristalline Massen, häufig aber auch kleine, farblose, gelbliche oder himmelblaue Kriställchen, deren Kanten und Flächen meist gekrümmt erscheinen. Er ist mit vielen jüngeren Phosphaten, wie Eosphorit, Phosphoferrit, Vivianit und Fairfieldit vergesellschaftet, tritt aber auch isoliert in Höhlungen des Quarzes oder Glimmers auf. Er ist manchmal ein Umkristallisationsprodukt des primären Manganapatites, häufiger aber durch Umsetzung von Phosphatlösungen mit dem Kalk der Plagioklase gebildet; er entsteht aber auch noch aus vadosen Lösungen, wie die Apatitüberzüge auf Strengit und Phosphosiderit in Pleystein unzweideutig beweisen.

Lehnerit.

Das Mineral erscheint gerne mit dem hellfarbigen, manganreichen Triploidit, noch häufiger mit Phosphoferrit innig verwachsen. Die eingeschlossenen Triploiditkristalle sind von ihm völlig ungestört, während der Phosphoferrit regelmäßig zahlreiche falsche Flächen zeigt, die durch Anlagerung an Lehneritkristalle entstanden sind. Deutliche Kristalle sind aber auch selten und klein; sie finden sich hin und wieder auf winzigen Drusenräumen des derben Minerals oder auch in Fairfieldit eingewachsen. Wo das Mineral auftritt, ist es durch seine sehr vollkommene Spaltbarkeit mit Perlmutterglanz auf der Spaltfläche leicht erkenntlich.

Phosphoferrit (vgl. Fußnote 1 Seite 114.)

Der Phosphoferrit ist ein relativ häufiges Mineral, welches vorzugsweise am Rande und längs Rissen der Triphylinknollen zu finden ist, aber auch gerne in Gesellschaft von Triploidit, Eosphorit, Lehnerit und Wentzelit auftritt. Er erleidet manchmal eine Umwandlung in Fairfieldit, wobei eingeschlossene Lehnerit- und Eosphoritkristalle keine Veränderung erfahren. Kristalle von Phosphoferrit sind bisher nicht gefunden worden.

download www.zobodat.at

Wentzelit.

Den Wentzelit beobachtet man fast ausschließlich in Höhlungen zersetzten Triphylins zusammen mit Phosphoferrit, auf dem er manchmal aufsitzt. Da mir nur wenige Stufen des Minerals bekannt geworden sind, kann seine Stellung in der Ausscheidungsreihe nur als provisorisch gelten.

Vivianit.

Die häufigen erdigen Partien dieses Minerals, welche die Phosphatnester am Rande aufweisen, gehören wohl nur teilweise zu den hydrothermalen Bildungen, sicher gehören aber hierzu die Zwickelfüllungen zwischen den Lehnerit- und Phosphoferritindividuen und die ursprünglich oft farblosen Kristalle, welche man neben anderen Oxydulphosphaten in den Hohlräumen der zersetzten Primärphosphate antrifft.

Phosphophyllit (vgl. Fußnote 2 Seite 115).

In Einzelkristallen oder Gruppen zeigt sich dieses seltene Mineral in den Cavernen des ausgelaugten Triplits, Triphylins und Manganapatits unmittelbar dem Muttermineral aufsitzend; außerdem findet es sich noch isoliert oder von Vivianit begleitet in Höhlungen kleinblättrigen Glimmers. Die von Laubmann erwähnten zwillingslamellierten, dicktafeligen, gerieften Kristalle (L. St. 566) sind wahrscheinlich mit dem Phosphophyllit nicht identisch, da die Zersetzungsprodukte der letzteren von denen des ersteren vollständig abweichen.

Fairfieldit.

Derbe, kleinblättrige oder radialstrahlige Massen von Fairfieldit sind meist aus Phosphoferrit hervorgegangen und enthalten dann dieselben Einschlüsse wie das ursprüngliche Mineral. Daneben kommen im zerfressenen Feldspat und Glimmer und auf älteren Phosphaten noch feinnadelige und filzige Partien desselben Minerals vor. Übergänge von Plagioklas in Fairfieldit konnte ich am Hühnerkobel bei Rabenstein konstatieren.

Pyrit II.

Der Pyrit II zeigt meist die Form des Zellkieses und ist aus kleinen, oktaedrischen Kriställchen aufgebaut. Als Einschluß sind öfters größere Quarzkristalle zu beobachten; während anderweitige ältere Mineralien bisher nicht mit ihm verwachsen gefunden wurden. Dementsprechend ist seine Stellung in der Bildungsreihe nicht eindeutig bestimmt. Über dem vollkommen frischen Kies finden sich

download www.zobodat.at

stellenweise kleine Krauritbüschel und hübsche, fleischrote Phosphosideritkriställchen abgeschieden.

Während die bisher aufgezählten Mineralien durchwegs bei erhöhter Temperatur gebildet sind, verdanken die nun folgenden ihre Entstehung den zirkulierenden Tagewässern. Dieser Bildungsweise entsprechend, läßt sich für sie keine bestimmte Sukzession mehr angeben, weil oft verschiedenartige Prozesse zum gleichen Produkte führen, manche Vorgänge sich wiederholten und auch die neuentstandenen Mineralien öfters noch an weiteren Umsetzungen teilnahmen. Zu diesen vadosen Bildungen gehört ein Teil des Vivianits und vielleicht auch das Fairfieldits, weiterhin alle Oxydphosphate, wie Kraurit, Beraunit, Strengit, Phosphosiderit, Heterosit, Purpurit, Kakoxen und Xanthoxen, ferner Greenockit, Uranocker, Uranglimmer und ein dem Mesolith nahestehender Zeolith. (Am Kreuzberg zu Pleystein kommen noch hinzu Kreuzbergit, Gips, Sternquarz und Apatit, in Plößberg fand sich als Seltenheit auch ein Arseniat, der Skorodit.)

IV.

Die genetischen Beziehungen zwischen den Primärphosphaten und ihren Abbauprodukten in den bayerischen Phosphatpegmatiten.

Die große Zahl jünoerer Phosphatmineralien, welche aus der Zersetzung der drei Urphosphate Triplit, Triphylin und Manganapatit hervorgeht, kann man nach ihrer chemischen Zusammensetzung in zwei Gruppen unterteilen, welche zugleich ihrem Vorkommen in der Natur entsprechen. Wir wollen sie kurz als Oxydul- bzw. Oxydgruppe unterscheiden, je nachdem darinnen die Hauptelemente Eisen und Mangan in zwei- bzw. dreiwertiger Form auftreten.

Unter die Oxydulgruppe fallen demgemäß die Spezies: Triploidit, Eosphorit, Lehnerit, Wentzelit, Phosphoferrit, Phosphophyllit, Fairfieldit, Vivianit.

Diese Mineralien erscheinen vielfach mit den Primärphosphaten und untereinander innig verwachsen und namentlich die ersten Glieder der Reihe zeigen eine sehr vollkommene Raumerfüllung, welche nur ganz ausnahmsweise die Bildung deutlicher Kriställchen auf winzigen Hohlräumen zuließen, ein Beweis, daß die Umwandlung der Primärsubstanzen unmittelbar an Ort und Stelle ohne merklichen Stofftransport vor sich gegangen sein muß.

download www.zobodat.at

Der Beginn der Umänderung der Primärphosphate dürfte zeitlich zusammenfallen mit der Verfestigung der Silikate, welche von der Abspaltung bedeutender Mengen der leichtflüchtigen Substanzen begleitet war, die nun lokal Konzentrationen erreichten, welche jene im magmatischen Stadium um das Mehrfache übersteigen mußten. Von den so angereicherten Substanzen treten insbesondere Wasser, Kohlendioxyd und Schwefelwassserstoff in Erscheinung, welche auch in den Einschlußgassen des Quarzes leicht nachweisbar sind. Ihre Anwesenheit wird weiterhin bestätigt durch das Vorkommen von kristallwasserhaltiger Mineralien, Carbonaten (welche teils fein verteilt und dann undefinierbar zwischen den Phosphaten sitzen, teils auch isoliert als Manganspat, Rutherfordin usw. auftreten), sowie durch Sulfidmineralien wie Pyrit und Pyrrhotin.

Den erhöhten Konzentrationen der leichtflüchtigen Stoffe gegenüber mußten sich nun verschiedene der älteren Bildungen als unstabil erweisen und neben den Phosphaten wurden auch silikatische Mineralien einem Abbau unterwerfen. Von solchen Zersetzungsprozessen der Silikate ist für uns zunächst nur derjenige der Feldspäte von größerem Interesse, weil einige ihrer Abbauprodukte bei der Bildung der Sekundärphosphate eine gewisse Rolle spielen. Durch den Einfluß von Kohlensäure und Wasserdampf erleiden namentlich die plagioklastischen Feldspäte leicht eine weitgehende Zersetzung, deren Endphase etwa durch folgende Formel wiedergegeben werden kann: $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8 + 2\ C\ O_2 + 4\ H_2\ O = 7\ Al\ (OH)_3 + 2\ Si\ O_2 + Ca\ (HCO_2)_2$.

(Anstelle von Oligoklas, der hier in Betracht kommt, ist einfachheitshalber Anorthit eingesetzt; es ist klar, daß im Falle des Oligoklases noch Alkalikarbonate entstehen müssen. Es muß noch erwähnt werden, daß der Kalifeldspat gegen die genannten Reagenzien viel widerstandsfähiger zu sein scheint.)

Aluminium und Calcium treten so als Sekundärkomponenten neben die primären Bestandteile und beteiligen sich an weiteren Reaktionen. Als weitere Komponente tritt noch Magnesium auf, welches jedoch kaum dem geringen Magnesiumgehalt der Feldspäte entnommen sein kann, sondern eher aus zerstörtem Biotit stammen dürfte.

Der allgemeine Charakter der Prozesse, durch welche die Primärphosphate schließlich in die Mineralien der Oxydulgruppe umgewandelt wurden, besteht einerseits im Ersatz von Fluor durch Hydroxyl, andererseits in einem Austausch von Alkali- und Schwermetalljonen gegen Wasserstoff- oder sonstige elektropositive Jonen; gleichzeitig wird meist auch Wasser in den Molekülverband aufgenommen.

Die in der Sukzession gegebenen Zusammenhänge lassen diese

download www.zobodat.at

Vorgänge bereits einigermassen verständlich erscheinen; aber erst das Studium eines so umfangreichen und charakteristischen Beobachtungsmaterials, wie es mir auf Grund meiner jahrelangen Sammeltätigkeit zur Verfügung stand, ermöglichte es, einen tieferen Einblick in den Mechanismus dieser Prozesse zu gewinnen.

Die Beziehungen, welche die primären Phosphate mit ihren Abkömmlingen aus der Oxydulgruppe verbinden, sind aus der folgenden Aufstellung zu entnehmen.

1. $Me_2\,FPO_4 + H_2O = Me_2\,(OH)\,PO_4 + HF$
   Triplit — Triploidit
2. $Me_2\,(OH)\,PO_4 + Al\,(OH)_3 + 2\,CO_2 =$
   Triploidit
   $Me\,Al\,(OH)_2\,PO_4 + Me\,(HCO_3)_2$
   Eosphorit
3. $Me\,Li\,PO_4 + CO_2 + H_2O = Me\,H\,PO_4 + Li\,HCO_3$
   Triphylin — Phosphoferrit
4. Die Phosphate Phosphophyllit, Fairfieldit und Vivianit lassen, weil aus wässerigen Lösungen abgesetzt, kein bestimmtes Muttermineral mehr erkennen.*)

Der Abbauprozeß läßt deutlich vier Stufen unterscheiden:

Die erste Stufe ist die Bildung von Triploidit aus Triplit, ein Vorgang, welche ohne Volumveränderung abläuft und daher unabhängig vom Druck, nur dem Massenwirkungsgesetz folgt. Gelegentlich verlief der Prozeß auch quantitativ im angegebenen Sinne (Gleichung 1), wenn nämlich der freigewordene Fluorwasserstoff durch eingeschlossene oder unmittelbar benachbarte Silikate unschädlich gemacht wurde. In den meisten Fällen kann man deutlich beobachten, daß die Umwandlung des Triplits von Rissen und Spalten aus sich fortgepflanzt hat. Tripliteinschlüsse im Triphylin sind dabei oft ganz oder teilweise in Triploidit übergegangen, ohne daß der umhüllende Triphylin merkliche Veränderungen erlitten hätte.

Die Substitution sauerer Bestandteile, welche für die erste Stufe kennzeichnend ist, wird in der zweiten Stufe abgelöst durch eine solche der basischen Gruppen.

Dort, wo der Triplit randlich von Plagioklas umgeben war, blieb es nämlich nicht bei der Triploitbildung, vielmehr trat ein Ersatz der einwertigen Gruppe MnOH durch die gleichwertige Gruppe $Al\,(OH)_2$ ein. Man wird kaum fehlgehen, wenn man dem Vorgang der Eos-

*) Anmerkung: In den obigen Gleichungen ist für Me ein zweiwertiges Element (Fe, Mn, Mg) zu denken. Phosphoferrit (vgl. Anmerkung 1 auf Seite 114) ist hier nur schematisch als saueres Phosphat eingesetzt; die Kristallwassergehalte sind bei allen Vorgängen außer acht gelassen.

download www.zobodat.at

phoritbildung folgende Teilreaktionen zugrunde legt, welche das Bild übersichtlicher gestalten:

2a) $Mn_2\ OHPO_4 + 2\ H_2\ CO_3 = MnHPO_4 + Mn\ (HCO_3)_2 + H_2O$
2b) $MnHPO_4 + Al\ (OH)_3 = Mn\ Al\ (OH)_2\ PO_4 + H_2O$

Der Gleichgewichtszustand in der Basenverteilung zwischen Phosphorsäure und Kohlensäure ist natürlich in erster Linie von der Massenwirkung abhängig; Druckerhöhung begünstigt den Rechtsverlauf durch Vergößerung der CO_2-Konzentrationen, während Temperatursteigerung infolge rascheren Anwachsens der Disssoziationskonstante der Phosphorsäure dem entgegenwirken muß. Wenn trotzdem die Eosphoritbildung bei Temperaturen erfolgt, welche unter den bestehenden Verhältnissen die Existenz merklicher Mengen saueren Phosphates nicht zulassen sollten, so liegt dies daran, daß durch Bildung der schwerlöslichen Aluminiumverbindung das Gleichgewicht ständig verschoben wird.

Unter ganz gleichgearteten Bedingungen kann Eosphorit auch aus Triphylin hervorgehen:

2c) $MnLiPO_4 + H_2CO_3 + Al\ (OH)_3 = Mn\ Al\ (OH)_2PO_4 + LiHCO_3 + H_2O$

Tatsächlich konnte ich auch Eosphorit als Einschluß in dem gleichfalls aus Triphylin entstandenen Phosphoferrit beobachten.

In ähnlicher Weise läßt sich auch die Entstehung des Lehnerites und des Wentzelites deuten:

2d) $Me\ Li\ PO_4 + CO_2 + H_2O = MeH\ PO_4 + Li\ H\ CO_3$
(intermediäre Bildung von sauerem Phosphat)
2e) $4\ Me\ H\ PO_4 + 3\ Me\ (OH)_2 = Me_7\ (OH)_2\ (PO_4)_4 + 4\ H_2O$ Lehnerit
2f) $2\ Me\ H\ PO_4 + Me\ (OH)_2 = Me_3\ (PO_4)_2 + 2\ H_2\ O$ Wentzelit

Wie ersichtlich ist der Vorgang der Eosphoritbildung völlig analog und erfordert keine besondere Erklärung; daß er erst bei tieferer Temperatur verläuft, dürfte mit der leichteren Löslichkeit der Magnesiumverbindung zusammenhängen.

Erst in der nun folgenden dritten Stufe war die Temperatur soweit gesunken, daß die Bedingungen für die Existenz größerer Mengen sauerer Phosphate gegeben waren. In dieser Periode entstand der Phosphoferrit.[1]

[1] Die von Laubmann (L. St. 569) mitgeteilte Analyse des Phosphoferrits dürfte sicher an einem nicht einheitlichen Material ausgeführt worden sein. Es existieren nämlich sicher zwei, wahrscheinlich aber drei äußerlich ziemlich ähnliche Mineralien, welche überdies oft innig verwachsen auftreten; aus der Analyse ist mit Sicherheit nur zu entnehmen, daß eines davon ein wasserfreies, saueres Phosphat ist. Die obigen Ausführungen über „Phosphoferrit" sind daher „cum grano salis" zu lesen.

download www.zobodat.at

Die Entstehungsweise dieses Minerales geht aus Gleichung 3 hervor und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Der Phosphoferrit scheint aber auch gelegentlich aus Triploidit zu entstehen, weil er öfters halbzersetzte Partien desselben umschließt. Überhaupt werden in diesem Abschnitt alle älteren Mineralien mit Ausnahme des Eosphorits mehr oder weniger stark angegriffen und es bilden sich dann manchmal Mineralgemenge heraus, deren Einzelkomponenten nicht mehr zu deuten sind.

Für die vierte Stufe ist charakteristisch, daß ihre Mineralien auch abseits von den Phosphatnestern in Höhlungen der Silikate auftreten, demnach unzweifelhaft aus wässrigflüssigen Lösungen abgesetzt sind. Dementsprechend finden wir bei diesen Phosphaten auch vielfach eine sehr vollkommene Kristallausbildung.

Die Kohlensäurekonzentration dieser Thermalwässer war nur mehr gering, sodaß bedeutendere Zersetzungsprozesse dadurch kaum mehr hervorgerufen wurden. Allmählich mußten sich indessen diese Wässer mit allen Baustoffen der Silikate und Phosphate sättigen und so ein kompliziertes Jonengleichgewicht entstehen. Sollten nun aus dieser Lösung Mineralien abgeschieden werden, so konnte dies in verschiedener Weise erfolgen:

1. Mit der fortschreitenden Abkühlung der Lösung mußte eine Übersättigung an irgendwelchen Bestandteilen eintreten und nach Bildung von Kristallkeimen mußte dann die schwerstlösliche, stabile Verbindung ausfallen, was natürlich an beliebigen Stellen vor sich gehen konnte.
2. Aus gesättigter oder ungesättigter Lösung konnte die Ausscheidung erfolgen, wenn durch Aufnahme einer schon vorhandenen Jonenart das Löslichkeitsprodukt für irgend eine Jonenkombination überschritten wurde.

Der letztere Fall war augenscheinlich am meisten begünstigt; wir finden deshalb auch in der vierten Stufe die neuen Mineralien zum größten Teil über den älteren Phosphaten abgesetzt. Interessant ist in diesem Zusammenhang die verschiedene Kristallausbildung, welche die Kristalle des Phosphophyllits[2] aufweisen, je nachdem sie auf Triplit, Triphylin oder Apatit zur Ausscheidung gelangt sind. Offenbar haben diese Kristalle eine etwas verschiedenartige Zusammensetzung dadurch erlangt, daß an der Ausfällung neben den

[2] Die Formel des Phosphophyllites steht noch nicht fest; in der bei Laubmann wiedergegebenen Analyse ist offenbar ein Analysenfehler unterlaufen, denn das Mineral ist keineswegs ein Sulfatphosphat, sondern vollkommen schwefelfrei; leider war eine Nachprüfung der sonstigen Analysendaten wegen Materialmangels noch nicht möglich.

download www.zobodat.at

Phosphorsäureionen auch noch elektropositive Jonen verschiedener Art mitgewirkt haben. Es darf nicht verschwiegen werden, daß auch in der vierten Stufe unter günstigen Verhältnissen ein Basenaustausch zwischen Lösung und festen Mineralien stattfinden konnte; so scheinen kompaktere Massen von Fairefieldit, welche auch manchmal Kriställchen von Eosphorit und Lehnerit einschließen, aus Phosphoferrit hervorgegangen zu sein.

Die vorstehenden Ausführungen sollen lediglich einen Ausschnitt aus dem Gesamtbild geben und die wichtigsten Etappen auf dem Wege von den magmatischen bis zu den letzten hydrothermalen Phosphatbildungen aufzeigen. Bei einer Reihe weiterer Phosphate liegen die Verhältnisse so ungünstig, daß ihre Bestimmung bisher nicht möglich war; diese konnten daher keine Berücksichtigung finden. Auf Vollständigkeit erhebt der Verfasser aber umsoweniger Anspruch, als er sich wohl bewußt ist, daß er nur die von der Natur meistbeschrittenen Wege aufgedeckt, ihre heimlichen und verschlungenen Seitenpfade aber kaum gestreift hat.

Eine charakteristische Erscheinung, welche bisher übergangen wurde, verdient hier noch erwähnt zu werden; es ist dies die ausgesprochene Separation der Elemente Eisen und Mangan, welche mit der Umwandlung von Triplit und Triphylin Hand in Hand geht. Wenn auch ohne weiteres einzusehen ist, daß die Löslichkeitsunterschiede entsprechender Verbindungen der beiden Elemente zu einer gewissen Trennung führen mußten, so dürfte der ausschlaggebende Grund doch in anderer Richtung zu suchen sein: Während nämlich bei hohen Temperaturen die analog gebauten Eisen- und Manganverbindungen isomorphe Reihen ohne Mischbarkeitsgrenze bilden — ein besonders instruktives Beispiel bietet die Reihe Triphylin-Lithiophilit — scheinen bei tieferen Temperaturen nur mehr isodimorphe Reihen mit beschränkter Mischbarkeit der Komponenten existenzfähig zu sein; ein Beispiel dafür liefern die gleichgearteten Mineralien Baldaufit[3] $(Fe, Mn)_3 (PO_4)_2 \cdot 3 H_2O$ und Reddingit $(Mn, Fe)_3 (PO_4)_2 \cdot 3 H_2O$, von denen das Eisenmineral nur in monoklinen, das Manganmineral nur in rhombischen Kristallen bekannt geworden ist.

Es erheben sich noch zwei Fragen, auf welche eine befriedigende Antwort nicht gegeben werden kann. Die erste betrifft die Temperaturen und Drucke, unter denen die geschilderten Prozesse verlaufen sind. In dieser Hinsicht lassen sich aber wenigstens qualitative Daten gewinnen: Die Tatsache nämlich, daß in den ersten drei Stufen keines der neugebildeten Phosphate getrennt von den Muttermineralien auftritt, deutet darauf hin, daß bis zum Beginn der vierten Stufe nur

[3] Baldaufit, ebenfalls ein neues Phosphat von Hagendorf, ist von Dr. F. Müllbauer untersucht worden; vgl. Zeitschr. f. Krist. Bd. 61 Heft 3.

download www.zobodat.at

dampfförmige Lösungen wirksam waren; dabei muß deren Temperatur, mindestens von der zweiten Stufe an, unter der kritischen Temperatur des Wassers gelegen haben, nachdem in diesem Stadium bereits kristallwasserhaltige Verbindungen auftreten. Wäre nun der Druck einigermaßen erheblich gewesen (Wasser hat bei 200° erst eine Dampfspannung von 15,8 at, bei 300° von 87,4 at), so müßte schon in der zweiten Stufe flüssiges Wasser nachweisbar sein; da dies nicht der Fall ist, muß man annehmen, daß während der drei ersten Stufen eine kontinuierliche Verdampfung stattgefunden hat, ein Schluß, der auch durch die beobachtete Betätigung der Lösungen ausschließlich von Rissen und Spalten aus gestützt wird. Die Schließung solcher Risse durch die neugebildeten Substanzen mußte dann automatisch zur Unterbrechung des Vorganges führen und es mußte dann ein Teil der Primärphosphate, wie man dies auch sehr häufig beobachten kann, von der Umbildung verschont bleiben.

Die zweite Frage ist der schließliche Verbleib des Lithiums bei der Zersetzung des Triphylins, nachdem dieses in keinem der jüngeren Phosphate nachweisbar ist. Es läßt sich nur vermuten, daß es fortgeführt wurde oder, was bei der geringen Löslichkeit seines Karbonates und Phosphates nicht ganz ausgeschlossen erscheint, daß es noch in dem Pegmatit vorhanden und nur bisher der Beobachtung entgangen ist.

Da sich die vorstehenden Ausführungen ausschließlich auf die Verhältnisse des Hagendorfer Pegmatites stützen, so bleibt noch einiges über die sonstigen bayerischen Phosphatpegmatite zu bemerken:

Mit Ausnahme des allgegenwärtigen Vivianites zeigt von allen Mineralien der Oxydulgruppe nur der Fairfieldit größere Verbreitung. Er wurde zuerst von Sandberger (S. III) am Hühnerkobel erkannt, während ihn Gümbel, wie Laubmann nachwies (L. St. 578), für Wavellit hielt. Genau in derselben Weise beschreibt aber Gümbel „Wavellit" vom Kreuzberg zu Pleystein (G. O. 330) und von der Ansätz (einem Phosphatpegmatit, der von Laubmann nicht erwähnt wird) bei Bodenmais (G. O. 323). Immerhin wäre es verfrüht, wenn man wegen dieses Vorkommens auch bei diesen Phosphatpegmatiten auf eine Mitwirkung größerer Kohlensäuremengen schließen wollte; diese letzten Oxydulmineralien könnten vielleicht auch durch die Einwirkung vadoser Wässer gebildet worden sein, nachdem deren Sauerstoffgehalt bereits durch anderweitige Reaktionen verzehrt war.

Wenden wir uns nun der zweiten Gruppe zu!

Zur Gruppe der Oxydphosphate gehören die Mineralien Kraurit, Phosphosiderit, Strengit, Beraunit, Kakoxen, Xanthoxen, Heterosit und Purpurit. Neben diesen kristallinen Gebilden erscheinen auch

download www.zobodat.at

noch amorphe, pulverige oder glasige Massen von brauner, roter oder grüner Färbung, welche in der Hauptsache aus Ferrihydroxyd mit wechselnden Mengen von Phosphorsäure bestehen und die kurz als „Phosphatgele" bezeichnet werden sollen.

Diese letzteren sind auch nach Laubmann „ausgesprochen vadose Bildungen" (L. St. 537); die übrigen Oxydphosphate dagegen charakterisieren sich nach seiner Ansicht „durch die ganze Art der Entwicklung als thermale Bildung". Aus dem Wortlaut läßt sich nicht entnehmen, inwiefern die „Art der Entwicklung" zu einem Rückschluß auf juvenile, thermale Wässer berechtigt; es ist lediglich erwähnt, daß die warzige Ausbildung des Phosphosiderites und Apatites Mineralformen vorstellen, „wie sie nur aus wässeriger Lösung entstehen". An anderer Stelle (585) wird als Kriterium angeführt, daß „die neugebildeten, wasserhaltigen Phosphate hin und wieder von noch jüngeren Zeolithbildungen umhüllt werden" und aus dem Zusammenhang geht schließlich noch hervor, daß auch die „Schönheit der kristallographischen Entwicklung" als Argument für die hydrothermale Entstehung gewertet wird.

Diese an sich schon dürftig begründete Auffassung erweist sich in sämtlichen Punkten als nicht stichhaltig.

Es ist zwar unzweifelhaft richtig, daß die warzigen Ausbildungsformen aus wässerigen Lösungen entstanden sind, nur ist das kein Beweis für die Bildung aus heißen, juvenilen Lösungen. Auch die Umhüllung durch Zeolithe ist nicht beweiskräftig. Solche sind aus dem Mörtel von Quellenfassungen nachweislich bei Temperaturen von 35—70° entstanden und ihre Bildung bei noch tieferen Temperaturen ist mehrfach wahrscheinlich gemacht worden.

Was schließlich die „Schönheit der kristallographischen Entwicklung" betrifft, so ist zu bemerken, daß gerade die bestkristallisierten Phosphate dieser Gruppe seit langer Zeit als Hutmineralien auf Eisenerzlagerstätten bekannt sind und z. B. manche Phosphosideritkristalle von der Grube Kaltenborn im Siegerland, jenen von Pleystein in Größe und Schönheit kaum nachstehen. Da mithin große und schöne Kristalle dieser Mineralien aus vadosen, kalten Lösungen hervorgehen können, so ist auch für die Pleysteiner Phosphate die Annahme einer Entstehung aus juvenilen Thermalwässern mindestens überflüssig.

Daß eine solche aber überhaupt nicht in Frage kommen kann, geht unzweifelhaft aus folgenden Überlegungen hervor:

1. Hydrothermale Bildungen lassen stets eine, dem kontinuierlichen Temperaturabfall entsprechende Ausscheidungsfolge erkennen. Diese fehlt unseren Phosphaten gänzlich; so kann man beispiels-

download www.zobodat.at

weise Strengit oder Phosphosiderit über Triplit, Kraurit, Beraunit und Eisenpecherz abgeschieden finden; sehr charakteristisch ist auch die von Laubmann (L. St. 556) an Dünnschliffen beobachtete regellose Ausscheidungsfolge mit vielfachen Wiederholungen der Einzelmineralien.

2. Die Oxydphosphate sind auf Kosten der primären und sekundären Oxydulphosphate entstanden, wie aus Einschlüssen von Columbit, Wismut, Triplit und Zirkon in denselben unzweideutig hervorgeht. Selbst wenn man den unwahrscheinlichen Fall annimmt, daß die Thermalwässer in einem späteren Stadium Oxydantien irgendwelcher Art mitgebracht hätten — wofür kein Grund vorliegt —, so müßten die oxydischen Bildungen mit zunehmender Teufe eher reichlicher vorkommen; tatsächlich verschwinden sie aber in der Tiefe mehr und mehr, so daß selbst hoch über dem Grundwasserspiegel noch große Mengen leidlich frischer Oxydulphosphate zu finden sind, ein Beweis dafür, daß die Oxydation von der Oberfläche aus durch Luftsauerstoff bewirkt wurde.

Die oxydischen Phosphate müssen daher als Produkte der in der Lagerstätte verkehrenden sauerstoffbeladenen Oberflächenwässer gewertet werden.

Die Größe und Schönheit ihrer Kristalle dürfte auf einen durch lange Zeiträume begünstigten Rekristallisationsprozeß zurückzuführen sein, welcher ein bevorzugtes Wachstum einzelner Individuen auf Kosten der winzigen, beim Umstehen der ursprünglichen Gele entstandenen Kriställchen bewirkte.

Im Nachstehenden wollen wir versuchen, auch die Entstehungsweise der oxydischen Phosphate auszudeuten.

Am Kreuzberg bei Pleystein, wo sich diese Erscheinungen am besten verfolgen lassen, findet man öfters Oxydphosphate als Füllung von Verwerfungsspalten scharfe Quarzsplitter und geknickte Glimmerblättchen umschließend; bei ihrer geringen Löslichkeit ist es wahrscheinlich, daß ihr Absatz auf diesen Spalten auf dem Wege der Diffusion erfolgt ist; sicher trifft dies zu für sehr dünne, plattige Gebilde von Kraurit, Strengit usw., welche auf den Haarrissen des Quarzes häufig sind und gelegentlich deutliche Anzeichen rhtyhmischer Fällung erkennen lassen. Die Hauptmenge der Neubildungen ist aber offenbar durch Einwirkung verschiedenartiger Lösungen auf die festen primären und sekundären Oxydulphosphate entstanden; letzten Endes sind ja auch dies Diffusionsvorgänge, wobei nur infolge der hohen Konzentration der PO_4-Ionen das Löslichkeitsprodukt bereits in sehr

download www.zobodat.at

kleinem Abstande von der Bildungsstätte dieser Jonen überschritten und so die Neubildung fast genau an der Stelle des ursprünglichen Minerals oder doch in seiner unmittelbarsten Umgebung lokalisiert wurde.

Die Lösungen, welchen die Oxydphosphate ihr Dasein verdanken, waren hauptsächlich solche von Ferri- und Ferrosulfat, freier Schwefelsäure und Phosphorsäure, sowie von Alkali-, bzw. Erdkalicarbonaten. Ihre Bildung unter dem Einfluß der Tagewässer ist leicht zu erklären.

Ferrisulfat ist das letzte Oxydationsprodukt des ursprünglich reichlich vorhandenen Pyrits:

$$4\ Fe\ S_2 + 15\ O_2 + 2\ H_2\ O = 2\ Fe_2\ (SO_4)_3 + 2\ H_2\ SO_4;$$

tatsächlich geht die Oxydation aber zunächst nur bis zum Ferrosulfat:

$$2\ Fe\ S_2 + 7\ O_2 + 2\ H_2\ O = 2\ Fe\ SO_4 + 2\ H_2\ SO_4;$$

Überschüssiger Pyrit wirkt nämlich auf Ferrisulfat reduzierend ein:

$$7\ Fe_2\ (SO_4)_3 + Fe\ S_2 + 8\ H_2\ O = 15\ Fe\ SO_4 + 8\ H_2\ SO_4.$$

Erst nach völligem Verbrauch des Sulfides oder in entsprechender Entfernung davon tritt eine Oxydation der Ferrosulfatlösung ein:

$$4\ Fe\ SO_4 + O_2 + 2\ H_2\ SO_4 = 2\ Fe_2\ (SO_4)_3 + 2\ H_2\ O.$$

Wo Ferrisulfatlösungen mit Alkali abgebenden Substanzen, wie z. B. Feldspat, in Berührung kommen, entstehen leicht auch basische Ferrisulfate, z. B.:

$$Fe_2\ (SO_4)_3 + 2\ KOH = 2\ Fe\ (OH)\ SO_4 + K_2\ SO_4;$$

durch fortgesetzte Hydrolyse werden schließlich immer basischere Produkte entstehen, deren Schlußglied Ferrihydroxyd ist.

Die bei diesen Prozessen entstehende freie Schwefelsäure mußte natürlich weitgehende Zersetzung der älteren Phosphate bewirken; die Tätigkeit des dabei aus dem Triplit freigemachten Fluorwasserstoffs ist durch die Zerfressenheit des Quarzes in der Nähe der ehemaligen Triplitnester und durch die Neubildungen von Apatit über manchen Oxydphosphaten hinreichend gekennzeichnet, während die freigemachte Phosphorsäure wohl größtenteils zum Aufbau jüngerer Phosphate wieder Verwendung fand.

Neben Sauerstoff enthalten die Tagewässer auch merkliche Mengen von Kohlendioxyd, welche teils der Atmosphäre, teils der Oxydation organischer Substanzen entstammen. Diese, wie auch die Humussäuren vermögen gleichfalls Alkalien aus den Silikaten zu lösen und die entstandenen, stark hydrolytisch gespaltenen Salze zersetzten wieder ihrerseits die Phosphate unter Bildung von lös-

download www.zobodat.at

lichen Alkaliphosphaten und schwerlöslichen basischen Salzen oder Oxydulhydraten; bei Gegenwart von Sauerstoff unterlagen diese auch noch einer Oxydation, welche zu Ferrihydroxyd bzw. Manganiten führen mußte. Die letzteren gaben bei ihrer Hydrolyse Anlaß zur Entstehung der zahllosen Mangandendriten, welche diese Lagerstätten durchschwärmen.

Durch spätere Zufuhr von Phosphorsäure konnten diese Hydroxyde wieder in Phosphate übergeführt werden. Solcher Entstehung ist z. B. der Purpurit, dessen Oxydationszustand nur durch vorausgegangene alkalische Oxydation erklärlich erscheint, nachdem Manganosalze durch Luftsauerstoff weder in neutraler noch saurer Lösung in Verbindungen des dreiwertigen Mangans übergeführt werden.

So einfach nun die Herkunft dieser mineralbildenden oder umbildenden Lösungen zu erklären war, so unmöglich erscheint eine der Wirklichkeit nahekommende Formulierung der zwischen ihnen verlaufenden Vorgänge. Die neugebildeten Verbindungen sind nämlich keineswegs so einfach gebaut, wie man aus den üblichen empirischen Formeln schließen möchte, sondern wohl durchwegs recht komplexer Natur. Hier sei nur an die eigentümliche Färbung dieser Mineralien, welche bei allen mehr oder weniger stark von derjenigen einfacher Ferrisalze abweicht und an die Beständigkeit gegen Salpetersäure erinnert. Phosphosiderit und Strengit, die sich scheinbar nur durch eine sehr geringe Wassermenge unterscheiden und sich auch kristallographisch nahestehen, zeigen trotzdem ganz verschiedenartiges Verhalten; während Strengit sein Wasser von 100° ab bei verschiedenen Temperaturen abgibt, verliert Phosphosiderit bis 140° überhaupt kein Wasser, wird aber bei dieser Temperatur vollständig wasserfrei. Kraurit und Kakoxen weisen ein weitgehendes Schwanken der Analysenwerte auf, ohne daß dadurch die Kristallform oder die optischen Eigenschaften merklich geändert würden.

Es ist deshalb vermieden worden, hier Reaktionsgleichungen aufzustellen, welche doch über die Bildungsweise der einzelnen Mineralien nichts besagen können, solange uns der Einblick in die Natur dieser Komplexe verwehrt ist.

Ich möchte jedoch nicht verfehlen, in diesem Zusammenhang auf den Kraurit hinzuweisen, als das einzige Mineral dieser Gruppe, welches einen Anhalt für die Erkenntnis seiner Konstitution zu bieten scheint. Die ihm gewöhnlich zuerteilte Formel

$$Fe\,PO_4, Fe\,(OH)_3$$

wird seiner Zusammensetzung nicht gerecht, weil sie von dem stets vorhandenen, oft sehr erheblichen Oxydulgehalt überhaupt nicht Notiz nimmt. Laubmann (L. II), welcher ein sehr oxydulreiches Vorkommen in Auerbach i. O. auffand, hat nun kürzlich die Frage aufgeworfen,

download www.zobodat.at

ob der Kraurit nicht von Haus aus ein Ferri-Ferro-Phosphat sei. Ich glaube diese Frage bejahen zu dürfen.

Bekanntlich zeigt das dem Kraurit entsprechende reine, d. h. oxydulfreie (allerdings wasserhaltige) Ferriphosphat eine lichte Färbung, während schon sehr geringe Mengen von Oxydul die intensive dunkelgrüne Krauritfärbung hervorzurufen vermögen. Daß tatsächlich der Oxydulgehalt die Färbung bewirkt, sieht man bei der Oxydation mit neutralem Wasserstoffperoxyd, welches den Kraurit gelbbraun färbt. Nun hat K. A. Hofmann schon früher gezeigt, daß die Gegenwart zweier Oxydationsstufen im gleichen Molekül eine Vertiefung der Lichtabsorption zur Folge hat („konstitutive Färbung" K. A. H. 611); ein solcher Fall liegt aber bei unserem Mineral tatsächlich vor und die Krauritformel muß also dem Rechnung tragen. Berücksichtigt man noch, daß der wechselnde Oxydulgehalt weder die Kristallform noch die optischen Eigenschaften (vielleicht mit Ausnahme des Grades der Doppelbrechung) nachhaltig beeinflußt, so wird man zu der Annahme gedrängt, daß im Kraurit eine Einlagerungsverbindung im Sinne der Wernerschen Theorie vorliegt, worin sich $Fe(OH)_2$ und $Fe(OH)_3$ weitgehend vertreten können. Als mögliche Formel kommt vielleicht diejenige eines Hexolsalzes in Betracht.

V.

Zusammenfassung.

Der Inhalt der vorliegenden Arbeit läßt sich kurz wiedergeben wie folgt:

Abschnitt I.

Pegmatite treten auf im ostbayerischen Grenzgebirge, Fichtelgebirge und Spessart. Es kommen Schlieren- und Gangpegmatite vor; eine regelmäßige Anordnung der Mineralausscheidungen ist nur selten erkennbar; öfters ist aber eine Anhäufung solcher an der Quarz-Feldspatgrenze zu beobachten. Am Aufbau der Pegmatite sind zahlreiche Elemente beteiligt, jedoch in sehr verschiedenem Ausmaße.

Nach ihrem Gehalt an akzessorischen Bestandteilen kann man unter den bayerischen Pegmatiten unterscheiden:

Glimmer-, Aluminium-, Bor-Fluor-, Fluor-Bor-, Lithium-Zinn-, Mangan-Fluor-Phosphat-, Mangangranat- und Sulfidpegmatite.

Die einzelnen Typen sind durch mannigfaltige Übergänge miteinander verknüpft. Die Fluor-Bor- und Lithium-Zinn-Pegmatite sind

download www.zobodat.at

ausschließlich auf das granitische Zentralmassiv des Fichtelgebirges beschränkt, welches dadurch eine charakteristische Sonderstellung erhält; die restlichen Pegmatittypen verteilen sich ziemlich gleichmäßig über alle anderen Gebiete, einschließlich der schiefrigen Randzone des Fichtelgebirges, wobei besonders die allgemeine Verbreitung der Mangangranatpegmatite beachtenswert ist; wenn aus dem Spessart und der Fichtelgebirgsrandzone bisher keine Beobachtungen von Phosphatpegmatiten vorliegen, so darf man nicht übersehen, daß einerseits diese Gebiete eine relativ geringe Flächenausdehnung und recht mangelhafte Aufschlußverhältnisse aufweisen und daß anderseits die Häufigkeit großer Apatitkristalle und das Auftreten von Pechblende in Mangangranatpegmatiten des Spessart immerhin eine starke Annäherung an den Mangan-Fluor-Phosphattypus bedeutet.

Abschnitt II.

Verfasser beschreibt kurz folgende, von ihm neu aufgefundene, seltene Mineralvorkommen aus bayerischen Pegmatiten:

Gediegen Wismut, Uranpecherz, Zirkon, Scheelit, Eosphorit, Lehnerit, Wentzelit, Skorodit, Bertrandit, Greenockit, Pyrrhotin, Arsenkies, Eisenglanz, Anatas, Rutil, Columbit, Triplit, Apatit, Herderit, Lazulith,, Torbernit, Beryll, Sphen.

Unter den aufgezählten Mineralien befinden sich zwei neue Spezies, sowie mehrere bekannte, deren Auftreten in Pegmatiten noch nicht beobachtet oder zweifelhaft war.

Die Pechblende ist das Muttermineral der Uranglimmer, welches Gümbel im Samarskit vermutet hatte; aus ihrer diskreten Verwachsung mit Columbit erklärt sich in einfacher Weise die bisher rätselhafte Radioaktivität mancher Columbite, welche schon Frau Curie bekannt war. Durch thermale oder vadose Wässer geht die Pechblende unter Beibehaltung ihrer Kristallform in Uranocker über, welcher dann die Art und relative Häufigkeit der Verwachsung deutlich erkennen läßt.

Abschnitt III.

Die Ausscheidungsfolge, bezw. Bildungsreihe der Mineralien der bayerischen Mangan-Fluor-Phosphatpegmatite wird festgestellt und erörtert.

download www.zobodat.at

Abschnitt IV.

Die wasserfreien Primärphosphate Triplit, Triphylin und Manganapatit unterliegen später Umwandlungen; die Neubildungen kann man, von chemischen Gesichtspunkten ausgehend, in eine Oxydul- und eine Oxydgruppe gliedern, eine Einteilung, welche zugleich dem Vorkommen in der Natur gerecht wird.

Die Konzentrationsänderungen, welche durch die Abspaltung großer Mengen leichtflüchtiger Bestandteile — hauptsächlich Wasserdampf und Kohlendioxyd — bei der Erstarrung des Magmas hervorgerufen werden, bewirken Zersetzungserscheinungen an einer Reihe von älteren Ausscheidungsprodukten. Einige Bestandteile zerstörter Silikate treten später in die Phosphatneubildungen ein.

Beim Abbau der Primärphosphate lassen sich vier Stufen deutlich erkennen:

1. Stufe:

Das Fluor des Triplits wird gegen Wasser ausgetauscht. Der Vorgang wird ausschließlich durch Wasserdampf bewirkt, ist unabhängig vom Druck und verläuft quantitativ, wenn der gebildete Fluorwasserstoff anderweitig unschädlich gemacht wird.

2. Stufe:

Mit sinkender Temperatur wird auch die Kohlensäure wirksam; zwar ist in dem Gleichgewicht

$$Mn_2\,(OH)\,PO_4 + 2\,H_2\,CO_3 = Mn\,HPO_4 + Mn\,(HCO_3)_2 + H_2O$$

die Reaktionsgeschwindigkeit im Rechtssinn noch sehr gering, sodaß die Bildung sauerer Phosphate keinen merklichen Umfang annehmen könnte; durch die Möglichkeit zur Bildung schwer löslicher Bodenkörper

$$Mn\,HPO_4 + Al\,(OH)_3 = \underset{\text{(Eosphorit)}}{Mn\,Al\,(OH)_2\,PO_4} + H_2O$$

oder

$$2\,Mn\,HPO_4 + Mg\,(OH)_2 = \underset{\text{(Wentzelit)}}{(Mn,\,Mg)_3\,(PO_4)_2} + H_2O$$

wird aber das Gleichgewicht andauernd verschoben, sodaß ständig Neubildung saueren Phosphats erfolgen muß.

3. Stufe:

Da das obenerwähnte Gleichgewicht neben der Massenwirkung in erster Linie vom Dissoziationsgrad der beiden Säuren abhängig ist,

download www.zobodat.at

so muß mit sinkender Temperatur die Karbonatbildung und damit zugleich die Bildung sauerer Phosphate (Phosphoferrit) begünstigt werden.

4. Stufe:

Die Temperatur ist nun soweit abgesunken, daß flüssiges Wasser auftritt, welches sich schließlich mit allen Baustoffen des Pegmatites sättigt. Die Bildung von Mineralien erfolgt nun entweder durch Übersättigung der Lösung mit fortschreitender Abkühlung oder wenn durch Aufnahme eines schon vorhandenen Jons für irgendeine Jonenkombination das Löslichkeitsprodukt überschritten wird. Wir finden daher auch in dieser Stufe die Mehrzahl der Phosphatneubildungen über älteren Phosphaten zur Ausscheidung gelangt. Gelegentlich scheint auch zwischen Lösung und festen Phosphaten ein Basenaustausch vor sich gegangen zu sein, wie die Bildung von Fairfieldit aus Phosphoferrit andeutet.

Die ausgesprochene Trennung von Eisen und Mangan, welche mit dem Abbau der Primärphosphate Hand in Hand geht, beruht wahrscheinlich auf der Bildung isodimorpher Verbindungsreihen mit beschränkter Mischbarkeit der Komponenten; Beispiele sind der monokline Baldaufit $(Mn, Fe, Mg)_3 (PO_4)_2 .. 3 H_2O$ und der rhombische Reddingit $(Mn, Fe)_3 (PO_4)_2 . 3 H_2O$.

Die Pegmatitbildung ging in Hagendorf unter geringen Drucken vor sich, weshalb bis zur vierten Stufe eine kontinuierliche Destillation stattfand.

Von den Mineralien der Oxydulgruppe treten außerhalb des Vorkommens von Hagendorf nur noch Fairfieldit und Vivianit auf; diese jüngsten Bildungen der thermalen Periode können aber möglicherweise auch aus sauerstofffreien, vadosen Lösungen hervorgehen.

Die Gruppe der Oxydulphosphate verdankt ihre Entstehung den in der Lagerstätte verkehrenden Oberflächenwässern mit ihrem Gehalt an Sauersstoff, Kohlensäure und Humusstoffen.

Der Sauerstoff bewirkt zunächst eine Oxydation der Kiese, welche in Ferro- und Ferrisulfat übergeführt werden; gleichzeitig entsteht auch freie Schwefelsäure. Die Kohlensäure und die ähnlich wirkenden Humussäuren zersetzen die Alkalisilikate unter Bildung stark hydrolytisch gespaltener Alkalisalze. Die Schwefelsäure sowohl, wie auch die alkalischen Lösungen führen weiterhin mannigfache Veränderungen der älteren Phosphate herbei; durch alkalische Oxydation wird auch Mangan in die dreiwertige Stufe übergeführt.

Eine rationelle Formulierung der Umbildungsvorgänge ist bei der komplexen Zusammensetzung der Oxydphosphate nicht möglich.

Eines dieser Phosphate — der Kraurit — läßt jedoch gewisse

download www.zobodat.at

Schlüsse über seine Struktur zu: seine „konstitutive Färbung" beweist, daß er wirklich ein Ferri-Ferro-Phosphat ist, dem vielleicht eine Hexolsalzformel im Sinne der Wernerschen Theorie zukommt.

Nachtrag.

Zu Abschnitt II:

Nach Abschluß dieser Arbeit ist es mir noch gelungen, gediegen Wismut auch in dem Pegmatit von Hagendorf aufzufinden; das Mineral sitzt in Form gerundeter Körner neben Columbit im Feldspat und dürfte in geschmolzenem Zustande eingeschlossen worden sein.

Zu Abschnitt IV:

Analogien zu den in diesem Abschnitt geschilderten pneumatolytischen bezw. hydrothermalen Umbildungsprozessen finden sich weiter verbreitet:

So entspricht z. B. der Bildungsweise des Triploidites diejenige des Hydroherderites:

$$Ca\ Be\ FPO_4 + H_2O = Ca\ Be\ OHPO_4 + HF.$$

Da nun der Herderit nur als Pegmatitmineral vorkommt und Wasser daher stets vorhanden ist, so können, zumal der Vorgang vom Druck unabhängg ist, reine Fluorherderite nicht auftreten; auch reine Hydroherderite werden nur unter besonders günstigen Bedingungen entstehen; vielmehr wird sich, da bei niedriger Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit unmerklich ist, ein Gleichgewichtszustand stabilisieren, so daß Hydrofluorherderite, wie dies auch tatsächlich der Fall ist, am häufigsten auftreten müssen.

Unter den Silikaten finden wir denselben Vorgang bei der Bildung der Hydrofluortopase.

Ein der Eosphoritbildung entsprechender Prozeß könnte auch vom Wagnerit zum Lazulith führen:

$$\text{I. } Mg_2\ FPO_4 + 2\ H_2\ CO_3 = Mg\ HPO_4 + HF + Mg\,(H\,C\,O_3)_2$$

$$\text{II. } 2\ Mg\ HPO_4 + 2\ Al\ (OH)_3 + CO_2 = Mg\ [Al\ (OH)]_2\ (PO_4)_2 + Mg\ CO_3 + 3\ H_2O$$

Eine derartige Bildungsweise des Lazulithes würde dann auch das Zusammenvorkommen der beiden seltenen Mineralien ungezwungen erklären.

Weitere Untersuchungen sind im Gange und werden in diesen Berichten veröffentlicht werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: 17

Autor(en)/Author(s): Scholz Adolf

Artikel/Article: Untersuchungen über Mineralführung und Mineralgenese der bayerischen Pegmatite 83-126