© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der Limburgit von Sasbach am Kaiserstuhl und seine hydrothermale Mineralführung.

Von

Guido Lorent

aus Thorn.

Mit 8 Abbildungen auf 1 Tafel und 1 Abbildung im Text.

(Mitteilung aus dem Mineralogischen Institut der Universität Freiburg i. Br. (seit 1926) Nr. 111.)

Inhaltsübersicht.

Seite

Vorwort 2

I. Geologischer Aufbau des Limberges 4

II. Petrographie der drusenführenden Ströme 6

1. Überblick über die drei Limburgitströme 6
   - a) Unterer, schwarzer Limburgitstrom λ_1 7
   - b) Zweiter, brauner Limburgitstrom λ_2 7
   - c) Dritter, brauner Limburgitstrom λ_3 9
2. Untersuchung der Gesteinskristallisation des Limburgits 9
   - a) Liegende Zone 9
   - b) Kompakte Zone des unteren Stromteils 10
   - c) Übergang zur schlackigen Stromoberfläche mit beginnender Blasenführung 13
   - d) Schlackige Stromoberfläche 14
3. Ausscheidungsfolge innerhalb der liquidmagmatischen Phase 16
4. Zusammenfassung der petrographischen Untersuchungsergebnisse 17
5. Chemische Zusammensetzung der Ströme λ_2 und λ_3 sowie des Augits 18
6. Anhang 19
   - a) Petrographische Untersuchung von Tephrit-Augititblöcken Tuffe t_2 19
   - b) Parallelen zwischen der Gesteinskristallisation des Limburgits und Augitits 19

III. Ausbildung der Blasenräume im Limburgit 20

IV. Diffuse hydrothermale Gesteinszersetzung 20

V Die hydrothermalen Drusenmineralien 23

1. Übersicht über die verschiedenen Mineralbildungen 23
   - a) Kieselsäurehydrogel (Hyalit — Chalcedon — Opal); b) Faujasit;

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Seite

c) Phillipsit; d) Aragonit: e) Kalkspat: f) Magnesit; g) Magnesiumsilikatgel; h) Brauneisenbildungen; i) Andere in der Literatur erwähnte Limburgitmineralien.

2. Paragenetische Beziehungen der hydrothermalen Mineralien 36

3. Bildung der Mineralien in der Hydrothermalphase 38

VI. Drusenführender Tuff 40

VII. Schlußsätze 44

VIII. Schrifttumsangaben 46

Vorwort.

Die vorliegende Arbeit verfolgte zuerst nur das Ziel, die hydrothermalen Mineralien in den limburgitischen Gesteinen und Tuffen des Limberges bei Sasbach zu untersuchen. Im Verlaufe der Arbeit ergab sich die Notwendigkeit einer genaueren Bestimmung der magmatischen Gesteine der Limburg. Seit der ersten Untersuchung von H. ROSENBUSCH aus dem Jahre 1872 (49)[1]) waren die Limburgite nicht mehr petrographisch behandelt worden. Vor allem aber zeigte es sich, daß die Eruptivgesteinsbildung und die hydrothermalen Vorgänge aufs engste ineinander übergingen. Beide mußten somit zusammen bearbeitet werden.

H. ROSENBUSCH definierte das Gestein an der Limburg, dem er den Namen Limburgit zuwies, als ein Gestein mit amorpher Grundmasse und Einsprenglingen von Augit, Hyalosiderit und Magnetit. Von den nächsten Bearbeitern (GRAEFF (13) 1891 und KNOP (24) 1892) des Kaiserstuhls und Limberges wird besonders von KNOP auf Fragen hingewiesen, die für die vorliegende Arbeit Richtlinien waren. KNOP schreibt: „Sind die Ströme petrographisch identisch oder zeigen sie wesentliche Abweichungen voneinander? Ferner lag die Frage nahe, ob die kristallinische Ausbildungsweise in verschiedenen Regionen der Höhe nach von der Basis gegen die Oberfläche dieselbe oder wechselnd sei, da sich gegen die Oberfläche eine raschere Erkaltung vermuten läßt als in den inneren Teilen des Stromes

In jüngerer Zeit wurden die Kenntnisse über den Limburgit nur insofern erweitert, als in der Physiographie von ROSENBUSCH-WÜLFING (52) das Hinzutreten von Feldspat und Feldspatvertretern

---

[1]) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Schrifttumsangaben am Schlusse der Arbeit.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

in wechselnder Menge zu den bekannten Gemengteilen des Limburgits erwähnt wird, während für den Limburgit von Sasbach selbst das Auftreten von Feldspatmikrolithen beschrieben wird. J. Soellner (58), der 1914 den geologischen Aufbau des Limberges eingehend untersuchte, hat zur Petrographie der Gesteine selbst keine neuen Beiträge geliefert.

Die Drusenmineralien der Limburggesteine: Aragonit, Kalkspat, Magnesit, Hyalit und die Zeolithe haben schon sehr früh die Aufmerksamkeit der Mineralogen erregt. Von den vielen Forschern, die sich mit der Geologie und Mineralogie des Kaiserstuhls und Limberges beschäftigten, seien erwähnt: Baron v. Dietrich 1774, Saussure 1794, Ittner 1820, Eisenlohr 1829, Frommherz 1838, de Drée 1840, Damour 1842, Merian 1847, Schill 1854, Nies 1862, Rosenbusch 1872, Steinmann 1890, Graeff 1891, Knop 1892, Gruss 1900, Soellner 1914. Den früheren makroskopischen Bestimmungen der Drusenmineralien konnte nur wenig Neues hinzugefügt werden. Neu sind zum großen Teil die mikroskopischen Untersuchungen, Untersuchungen über die Paragenesen und die Verteilung der Mineralgesellschaften, sowie die Erörterungen über ihre Entstehungsvorgänge.

Für die Gliederung ergaben sich mithin zwei Teile; der erste behandelt die Petrographie der limburgitischen Gesteine und der zweite Teil ist der Mineralogie der hydrothermalen Drusenmineralien gewidmet.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Schneiderhöhn, für die Überlassung der Arbeit sowie für seine freundlichen Anregungen bei ihrer Abfassung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Dank schulde ich auch den anderen Herren des Freiburger Mineralogischen Institutes, vor allem Herrn Prof. Dr. Cissarz sowie Herrn Dr. Moritz und Herrn Dr. Krüll für manche Unterstützung während meiner Tätigkeit im Institute.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

I. Geologischer Aufbau des Limberges.

Der geologische Aufbau des Limberges wurde in jüngerer Zeit ausführlich von J. Soellner (58) behandelt. Da es nicht Aufgabe dieser Arbeit war, nochmals die geologischen Verhältnisse am Limberg zu studieren, lehnt sich der folgende Abschnitt eng an die Untersuchung von Soellner an, dessen Bezeichnungen für die einzelnen Ströme und Steinbrüche in die Arbeit übernommen wurden.

Der Limberg (zusammen mit dem Litzelberg) ist dem Kaiserstuhl in seiner Nordwestecke vorgelagert. In der schmalen Talsohle zwischen beiden Erhebungen liegt die Ortschaft Sasbach. Südlich und südwestlich wird der Limberg begrenzt von der Straße von Sasbach zum Rheine, im Westen fällt der Berg steil zum Rheine ab und trägt hier die Ruine Limburg (gegenüber der alten Schiffbrücke aufs elsässische Ufer). Nördlich und nordwestlich bildet die Begrenzung der alte Mühlbachlauf; im Osten neigt sich der Limberg langsam zur Rheintalebene, in der unteren östlichen Hälfte geht er über in den Litzelberg. Die höchste Erhebung liegt 273 m ü. M. und rund 100 m über dem Rheinspiegel.

Als älteste vulkanische Bildung tritt am Limberg ein Agglomerat (α) auf, das an der am Limberge entlang führenden Rheinstraße stellenweise gut zu sehen ist. Über dem Agglomerat ist lokal Tuff zu erkennen. Über dem Tuff folgt ein schwarzer Limburgitstrom (λ_1), der gut unter der Nordwand der Ruine Limburg aufgeschlossen ist; auch auf λ_1 folgt ein z. T. pflanzenführendes Tuffband. Darüber liegt eine durch Zersetzung intensiv rot gefärbte Kuppe von Nephelinbasalt β_2 [1]), direkt auf den Nephelinbasalt folgt der zweite, braune Limburgitstrom λ_2, der durch Auskeilen von λ_1 und β_2 unmittelbar auf α zu liegen kommt. Auf λ_2 steht die Ruine Limburg. Alle diese Bildungen sind ausgezeichnet an den Steilhängen unter der Ruine aufgeschlossen.

Das Material über λ_2 wurde früher als nur aus Tuff bestehend angesehen. Soellner hat das Verdienst nachgewiesen zu haben, daß die meisten Ablagerungen über λ_2, die in vielen Steinbrüchen gut freigelegt waren, tertiäre Sedimente sind. Auf dem Tertiär ruht als nächste vulkanische Bildung der dritte Limburgitstrom λ_3, der in zwei Steinbrüchen aufgeschlossen ist. Auf λ_3 folgen der

---

[1]) Mit β_1 wird von Soellner der untere, schwarze Nephelinbasalt des Litzelberges bezeichnet.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

vierte (λ_4) und der fünfte Limburgitstrom (λ_5). Als jüngste Bildung tritt am Limberge noch jüngerer Löß auf.

Im einzelnen sind also an dem Limberg folgende Ströme und Ablagerungen von oben nach unten zu sehen:

d_{co} jüngerer Löß,
λ_5 fünfter Limburgitstrom, auf der Höhe des Limbergs,
λ_4 vierter Limburgitstrom, auf der Höhe des Limbergs,
λ_3 dritter Limburgitstrom, West- und Südseite des Limbergs,
t_3 roter Tuff, auf der Südostseite,
t_e tertiäre Sedimente,
t_2 Tuff an der Basis des Tertiärs,
λ_2 zweiter Limburgitstrom, West- und Südseite,
β_2 roter Nephelinbasalt, Westseite,
t_1 pflanzenführender Tuff, Westseite,
λ_1 unterster Limburgitstrom, Westseite,
α Agglomerat und Tuff, an der Basis des Limberges.

Die Sedimente über λ_2 gehören dem Oberoligozän an. α bis λ_2 sind Ergüsse im Oberoligozän, die wahrscheinlich unter Wasser erfolgten. Die Ströme λ_3 bis λ_5 werden dem untersten Miozän zugerechnet [1]).

Die Ströme des Limberges sind in zahlreichen natürlichen Aufschlüssen und mehreren großen Steinbrüchen freigelegt. Zur Zeit Soellner's zählte man sieben Steinbrüche (I—VII). In jüngerer Zeit ist ein neuer Bruch entstanden, der zwischen Steinbruch VI und VII liegt und im folgenden als VI a aufgeführt wird. Die Steinbrüche I—VI liegen auf der Westseite des Limbergs mit der Front gegen den Rheinstrom. Steinbruch I befindet sich nördlich der Ruine, II unter der Limburg selbst, III—VI südlich der Burgruine. Steinbruch VII liegt auf der Südostseite des Limberges mit der Stirnseite gegen Sasbach. Der Weg vom Eingang des Steinbruchs VII zur Burgruine führt am Steinbruch VI a vorbei. In VI a ist nur der

[1]) Nach Beendigung dieser Arbeit erschien das Werk „Der Kaiserstuhl", in dem Pfannenstiel (44) die tertiären Sedimente des Limberges einer genaueren Gliederung unterzieht. Er schreibt: „Es ist ziemlich sicher, daß das obere Tertiär des Limberges in das Torton des oberen Miozän gehört. Die über dem Tertiär folgenden Ströme λ_3 bis λ_5 könnten in die sarmatische, die höchste Stufe des Miozäns gehören. Die unter dem älteren Tertiär liegenden Lavaströme können mittelmiozänen (helvetischen) Alters sein. Es ist aber wahrscheinlicher, daß die gesamten Limbergeruptionen tortonisch sind; darüber werden die Schneckenschalen aus dem unteren Tertiärband Aufschluß geben."

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

mächtige zweite Strom aufgeschlossen, in Steinbruch VII außerdem noch der dritte Strom, der aber unzugänglich ist. Die alten, verfallenen Steinbrüche III – VI brauchten nicht näher untersucht werden, da sie ebenfalls nur Aufschlüsse des zweiten Stromes darstellen. Von allen diesen Brüchen sind heute nur noch VI a und VII in Betrieb, sie haben für die Untersuchung das meiste Material geliefert. Die Bedeutung des Aufschlusses unter der Ruine (Steinbruch II, s. das Profil im Anhang) ist oben schon dargelegt worden. Der Steinbruch I am Westhange nördlich der Ruine ist die einzig zugängliche Stelle des dritten Stromes und daher noch von Interesse. — Auf weitere, hier unbesprochene Einzelheiten wird im Texte verwiesen werden.

II. Petrographie der drusenführenden Ströme.

1. Überblick über die drei ersten Limburgitströme.

Zur petrographischen Untersuchung wurden in erster Linie die drei Hauptströme λ_1, λ_2 und λ_3 herangezogen, die gut aufgeschlossen und zum großen Teil gut zugänglich sind. Die Gesteinskristallisation in verschiedenen Teilen des Stromprofils von unten nach oben konnte am besten am Material des zweiten Stromes studiert werden, der in bezug auf seine Mächtigkeit und seine Aufschlüsse eine Sonderstellung am Limberg einnimmt. Bei den mikroskopischen Bestimmungen haben sich weitgehende Parallelen in der Gesteinskristallisation der drei Ströme feststellen lassen, die im folgenden Abschnitt im Zusammenhang besprochen werden. Es werden an Hand von Proben aus dem zweiten Strome die Veränderungen des Gesteines von unten nach oben dargestellt, und, sofern Material aus entsprechenden Zonen der beiden anderen Ströme vorliegt, werden diese Parallelen behandelt werden.

Dieser petrographischen Übereinstimmung der drei Ströme entspricht auch dasselbe makroskopische Aussehen. Die Gesteine der drei Ströme sind in frischen Handstücken vorwiegend braun bis schwarzbraun, deutlich erkennbar sind schwarzglänzende Einsprenglinge von Augit und rostbraune Flecken zersetzten Olivins. Die durchgreifende Umwandlung des Olivins zeigt die weitgehende Zersetzung des Limburgits an [1]). Frisches Material von schwarzer

[1]) In der Sammlung des hiesigen Mineralogischen Institutes zeigen die meisten Handstücke, die aus den verschiedensten Teilen der drei Ströme herrühren, durchgehend eine tiefschwarze, frische Farbe. Trotzdem durch den

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Farbe und grünen Einsprenglingen von Olivin wurde nur in einem Limburgitblock gefunden. Es kam einschlußartig in braunem, zersetztem Limburgit vor. Die Grenze des braunen Limburgits mit umgewandeltem Olivin und dem frischen Gestein war deutlich zu sehen. Weiterhin zeigen λ_1 und λ_2 texturelle Veränderungen mit zunehmender Höhe: in den unteren Partien sind sie kompakt und gehen langsam durch das Auftreten und Zunehmen von Drusen und Hohlräumen in ein blasenreiches Gestein über, das seinerseits wieder durch weitere Zunahme der Blasen in eine ausgeprägte Schlackenzone übergeht.

Alle drei Limburgitströme haben theralithgabbroiden Magmencharakter.

Die Textur ist richtungslos, wechselweise kompakt oder schlackig. Die Struktur ist in der Hauptsache hypokristallin-porphyrisch.

Die drei Ströme zeigen im einzelnen folgendes Bild: Aufschlüsse des unteren, schwarzen Limburgitstromes λ_1 befinden sich in den seit Jahren auflässigen Steinbrüchen I und II. Das Gestein steht in Steinbruch II in einer Mächtigkeit bis zu 6 m an und wird von nahezu senkrecht verlaufenden Erstarrungsklüften durchzogen. Es ist schwarz gefärbt, eine dunkelbraune Varietät tritt untergeordnet auf. Die Augiteinsprenglinge treten nur wenig hervor. Von diesem Gestein wurden Proben aus der unteren, einer mittleren Partie und aus der Schlackenzone entnommen (Proben 9, 10 und 11). Die erste Gesteinsprobe stammt aus einer Gesteinszone, die nur wenig über der untersten Grenze des Stromes liegt. Sie wurde einige Meter östlich der Stelle geschlagen, an der auf dem Profil des Steinbruchs II (s. Abb. 1 im Anhang) die Grenze des Basisagglomerats α und des Stromes λ_1 zu sehen ist, die aber durch eine Halde mit Buschwerk verdeckt wird.

Der zweite, braune Limburgitstrom λ_2 ist besonders gut in den Steinbrüchen VIa und VII aufgeschlossen. Der Limburgit ist im Steinbruch VII in einer Höhe von über 25 m anstehend; das Gestein zeigt eine Braun- bis Schwarzbraunfärbung, lokal eine dunkelgrüne Farbe. Die Absonderung ist unregelmäßig, stellen-

---

regen Steinbruchbetrieb im Strome λ_2 heute stets frisches Material zu finden ist, konnte ich nur in einem Falle ein ähnliches Stück mit einigermaßen gut erhaltenem Olivin entdecken. — Auch in der Literatur wird der Limburgit von Sasbach häufig als schwarzes Gestein mit ölgrünen Olivineinsprenglingen beschrieben. Material von dieser Beschaffenheit ist aber heute so gut wie nicht mehr zu finden.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

weise ist eine kugelige oder auch eine gut ausgeprägte Zerklüftung in die typischen sechsseitigen Säulen zu beobachten. Die untere Grenze des Stromes ist nicht aufgeschlossen, wohl aber die obere Zone, die von dem ebenfalls freigelegten dritten Strom durch ein Tertiär-Tuffband verschiedener Mächtigkeit getrennt ist. Bemerkenswert ist, daß in etwa 6 m Höhe rechts über der Sohle des Steinbruchs das kompakte Gestein in einen mit Hohlräumen reich erfüllten Limburgit übergeht. Durch Zunahme der Blasen entsteht 1—2 m höher ein deutlich ausgeprägtes Band von 50 cm Breite schlackigen Gesteins, das sich in ansteigender Höhe durch fast die ganze aufgeschlossene Wand von λ_2 verfolgen läßt. Über dieser Zone ist der Limburgit wieder kompakt, geht aber alsbald in eine breitere Zone blasigen Gesteines über, die sich ebenfalls durch den Steinbruch verfolgen läßt. Dieser Wechsel von kompakten und blasigem Gestein ist noch zweimal zu sehen.

Die Proben des Gesteines wurden mit wachsender Höhe geschlagen. Probe 1 stammt von der Sohle des Steinbruchs [1]), Probe 2 aus einer etwa 1 m höher liegenden Gesteinspartie usw.; Probe 5 wurde aus der Zone der beginnenden Blasenbildung, Probe 6 aus der Schlackenzone, 7 aus dem wieder kompakten Limburgit und Probe 8 aus der zweiten Blasenzone entnommen (s. Abb. 3). Weiterhin wurde aus der oberen Grenze des Stromes noch ein Handstück geschlagen. Von diesen Proben gehören also 1—4 sowie Probe 7 dem kompakten Gestein an, Probe 5 der Region beginnender Blasenbildung und die Proben 6 und 8 sind den Schlackenzonen entnommen. Makroskopisch bieten die verschiedenen Gesteinsproben — abgesehen von den mehr oder minder zahlreichen Drusen — keinen Unterschied. Das Gestein ist braunschwarz, deutlich erkennbar sind zahlreiche Einsprenglinge von schwarzen, durchschnittlich $^1/_2$ cm großen, idiomorphen Augitkristallen (zuweilen finden sich gebogene und gedrillte Individuen), Olivine zeigen sich als rostbraune Flecken an. Drusen mit Karbonat-Zeolitherfüllung treten

[1]) Die Sohle des Steinbruchs VII reicht nahe an die untere Grenze von λ_2 heran. Nach Knop und Graeff war früher in diesem Bruche noch ein älterer Strom aufgeschlossen, den Knop als Schlackenagglomerat beschrieb. Schon zur Zeit der Soellner'schen Untersuchungen war die Sohle des Steinbruchs VII um mehrere Meter gehoben, so daß auch Soellner dieser liegende Strom unzugänglich war. Soellner glaubt jedoch, daß dieses „Schlackenagglomerat" mit dem Basisagglomerat α identisch ist. — Für uns ist wesentlich, daß die unterste Probe 1 aus λ_2 nahe der unteren Grenze des Stromes entnommen wurde.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

schon in der Probe 1 auf, in höheren Stromteilen werden sie immer zahlreicher und größer. Ihre Höchstzahl erreichen sie in der Probe 6. Die kleinen Hohlräume sind im Querschnitt häufig rund, die größeren zeigen unregelmäßige Formen, die manchmal in einer Richtung (der Fließrichtung) gestreckt sind. Größere Hohlräume sind oft nur durch eine dünne Haut von Kieselsäuregel ausgekleidet.

Der dritte, braune Limburgitstrom λ_3 ist nur zugänglich in Steinbruch I, einem Bruch, der ebenfalls schon Jahre außer Betrieb steht. Wie auch der Strom λ_2 in Steinbruch II ist λ_3 aufgeteilt in runde Blöcke, die durch kugelige Absonderung entstanden sind. Die Mächtigkeit beträgt etwa 8—10 m; äußerlich unterscheidet sich das Gestein nicht von λ_2. Teilweise ist dieser Strom durchsetzt von Schnüren und Adern kalkigen Materials, das wohl aus deszendenten Lösungen stammt; Soellner spricht von einer Zone der Infiltrationen.

Aus λ_3 wurden in gleicher Höhe nahe der unteren Grenze des Stromes zwei Handstücke geschlagen (Proben 12 und 13). Die Beschaffenheit dieser Blocklava erklärt das Fehlen einer Gliederung in kompaktes und blasenführendes Gestein, die für die Untersuchung der beiden anderen Ströme maßgebend war. Aus diesem Grunde und wegen der Unerreichbarkeit der oberen Gesteinspartien wurde auf Handstücke aus der oberen Grenze des Stromes verzichtet.

2. Untersuchung der Gesteinskristallisation in verschiedenen Höhenlagen von den unteren Stromteilen zur Stromoberfläche hin.

In jedem Strom sind vier ungefähr horizontal übereinanderliegende Schichten zu unterscheiden: a) Die liegende Zone, b) Dichtes, kompaktes Gestein der unteren Stromteile, c) Übergangsgestein zur schlackigen Stromoberfläche mit beginnender Blasenführung, d) Schlackige Stromoberfläche.

a) Die liegende Zone,

die wahrscheinlich schlackig-porös ausgebildet ist, ist z. Zt. in keinem Steinbruch aufgeschlossen [1]). Die Profile von λ_1 und λ_2 fangen gleich mit einem dichten, kompakten Gestein an, daß den unteren Stromteilen angehört.

[1]) Der Strom λ_2 ist allerdings in Steinbruch II in seinen unteren Teilen freigelegt, aber seine Beschaffenheit als Blocklava macht dieses Vorkommen für unsere spezielle Untersuchung ungeeignet. Ebenso ist die Mächtigkeit von λ_2 in Steinbruch I zu gering, um dort die vier aufgestellten Hauptzonen eingliedern zu können.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

b) Dichtes, kompaktes Gestein der unteren Stromteile.

Das mikroskopische Bild der einzelnen Proben stellt sich folgendermaßen dar:

Probe 1 (aus λ_2): Das Gestein zeigt in einer dichten, kristallinen Grundmasse Einsprenglinge von Augit, Olivin und Magnetit. Augit in frischen Kristallen von durchschnittlich $^1/_2$ cm Größe, meist gut begrenzt von (100), (010), (110), ($\bar{1}$11). Farbe gelblichbraun, der Kern manchmal grün (Ägirinaugit) und deutlich pleochroitisch, äußerst selten eine äußere Randzone von Ägirinaugit, diese jedoch oft durch Titangehalt mit einem Stich ins Violette, auch hier wahrnehmbarer Pleochroismus. Zonare Einschlüsse sind oft anzutreffen, diese bestehen hauptsächlich aus Glas und Magnetit. Zonarbau und Sanduhrstruktur verbreitet. Nicht selten auch Augite mit Mörtelstruktur, ebenso finden sich radialstrahlig gruppierte Augitkristalle. Zwillinge nach (100), selten nach (101) und ($\bar{1}$22). Die Auslöschung ist durchweg undulös, $c : \gamma$ etwa $= 43^0$.

Olivin (meist der eisenreiche Hyalosiderit). Bis $1^1/_2$ mm große, oft gut begrenzte Formen. Größere Individuen zeigen Korrosion. Magnetit- und Glaseinschlüsse sehr verbreitet. Meist völlig umgewandelt unter Brauneisenausscheidung, die oft den ganzen Kristall rostbraun färbt und auch für die Braunfärbung des Gesteines verantwortlich ist. Die Umbildung der Olivine dringt vom Rande ins Innere, wie die oft nur randliche Eisenausscheidung und der frische Kern verrät. Manche im Kern noch scheinbar frischen Kristalle lassen ihre Umwandlung erst unter gekreuzten Nicols erkennen. Zuweilen ergreift die Eisenausscheidung nur den Kern des Kristalls, die Randzone ist noch frisch und nur der äußerste Saum zeigt einen schmalen Rahmen einer Umwandlung in ein rotbraunes Produkt, wie es in den Schlackenzonen des Limburgits stets auftritt [1]). Serpentinisierung ist häufiger zu beobachten als Karbonatisierung, Iddingsitbildung fehlt anscheinend völlig. Außerdem konnte im Mikroskop ein Umwandlungsprodukt festgestellt werden, das optisch mit dem Ausfüllungsmaterial einzelner Drusen in λ_2 (siehe „Magnesiumsilikatgel" bei der Mineralbesprechung) übereinstimmt. Weiterhin ist ein farbloses bis gelbliches Material zu erkennen, das unter gekreuzten Nicols teils isotrop erscheint, andererseits sich in ein Aggregat feiner Kügelchen mit Interferenzkreuz auflöst (Lichtbrechung

[1]) Knop fand in umgewandelten Hyalosideriten Eisenoxyd und Kieselsäure. Er spricht von einer Pseudomorphose von Quarz und Eisenoxyd nach Olivin.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

≦ Kollolith, Doppelbrechung niedrig, Charakter der Hauptzone teils positiv, teils negativ). Dieses Produkt kann auch aus zwei Schalen aufgebaut sein, die optische Erscheinung in den zwei Schalen ist nicht immer dieselbe. Serpentin sowie Karbonat treten neben dem gelblichen Zersetzungsprodukt auf. Ebenso trifft man nebeneinander isotropes und radialfaseriges Material. Hierbei zeigt das erste kleinere Lichtbrechung als das zweite.

Die Olivine sind unter Brauneisenausscheidung in ein Kieselsäuregel und Karbonat aufgespalten. Bei dem Eintrocknen des Gels entstand zuerst Hyalit, der bei Wassermangel z. T. Eisenoxydhydrogel einlagerte. Bei der weiteren Verfestigung des Gels bildete sich Chalcedon, der als äußere Schale den Hyalit umgab, und sich von diesem durch den negativen Charakter der Hauptzone unterscheidet. Die Aufspaltung des Olivins (bzw. Hyalosiderits) unter Mitwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser läßt sich chemisch wie folgt formulieren:

$$\underset{\text{Olivin}}{2(Mg, Fe)_2SiO_4} + xH_2O + 4CO_2 + 3O_2 = \underset{\text{Eisenoxydhydrogel}}{2Fe_2O_3\,aq} + 4MgCO_3 + \underset{\text{Kieselsäuregel}}{2SiO_2\,aq}$$

Aber auch der sekundär aus Olivin entstandene Serpentin zeigt Umwandlung in Kieselsäuregel und Karbonat:

$$\underset{\text{Serpentin}}{H_4Mg_3Si_2O_9} + 2H_2O + 3CO_2 = 3MgCO_3 + \underbrace{2SiO_2 + 4H_2O}_{\text{Kieselsäuregel}}$$

Magnetit in Körnern von 0,1—0,2 mm Durchmesser reichlich vertreten.

Die Grundmasse ist aufgebaut aus Plagioklas, Augit, Titaneisen, Apatit und Nephelin, sowie Glas.

Die sehr zahlreich in der Grundmasse auftretenden Plagioklase bilden Leisten bis zu 2 mm Länge. Die Kristalle zeigen unvollkommene Begrenzung, frisches Aussehen, häufig sind Einschlüsse von Apatit, Magnetit und Titaneisen. Bemerkenswert ist das häufige Zusammentreffen von Ilmenit und Plagioklas: Ilmenitskelette durchwachsen den ganzen Plagioklaskristall. Der Plagioklas ist optisch positiv, hat größere Lichtbrechung als Kollolith und eine Auslöschungsschiefe von 35° in symmetrischen Schnitten. Es handelt sich also um Labrador-Bytownit.

Apatit kommt nur in langen feinen Nadeln vor und ist besonders gut als Einwachsung in Plagioklas zu beobachten.

Daneben finden sich in der Grundmasse kleine Titanaugite

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

und Augitmikrolithe, Ilmenite in den verschiedensten Skelettformen, allotriomorpher Nephelin und selten farblose bis braune Glaspartien. Das Gestein wird durchzogen von Kapillarspalten, die z. T. in Verbindung stehen mit den in der Grundmasse zahlreichen zersetzten Gesteinsteilen, d. h. Partien gesteinsfremden Materials, die sich gegen ihre Umgebung durch keine scharf ausgeprägte Umrandung abgrenzen (im Gegensatz zu den Drusen). Meist ist der Mineralinhalt dieser Gesteinspartien auch von dem der eigentlichen Drusen verschieden.

Verfolgen wir nun den Gesteinsaufbau weiter, so ist bei der mikroskopischen Betrachtung der Proben 2 und 3 im allgemeinen kein Unterschied zu bemerken. Lediglich ein langsames Zurückgehen des Plagioklasgehaltes zugunsten eines Anwachsens der Glasgrundmasse ist festzustellen. Das Zurückdrängen der Plagioklaskomponente wird deutlich in Probe 4. Hier tritt Plagioklas nur noch vereinzelt in kleinen Leisten auf; gänzlich verschwindet er erst in Probe 5.

Den Verhältnissen der Probe 3 entspricht der Schliff der Probe 9 aus dem untersten Strome: In einer feinkristallinen bis glasigen Grundmasse erscheinen zahlreiche Einsprenglinge von Magnetit, Olivin und Augit.

Augit wie in λ_2.

Olivine durchweg magmatisch korrodiert. Z. T. Umwandlung in gelblichen Serpentin, die Maschenstruktur ist deutlich zu erkennen. Neben Resten von Serpentin ist Karbonat und Kieselsäurehydrogel zu beobachten. Die Umwandlungserscheinungen dieser Olivine machen es wahrscheinlich, daß (wie auch Rosenbusch annahm) der Olivin primär serpentinisiert wurde und später die Aufspaltung mit Bildung von Kieselsäuregel erfolgte. Brauneisenausscheidung nicht so reichlich wie bei λ_2.

Magnetit in zahlreichen Körnern.

Die Grundmasse besteht aus Augit, Apatit, Ilmenit und Plagioklas. Der letztere wird durch einen ausgedehnten Glasgehalt zurückgedrängt. Die Glaspartien sind teils farblos, durch Limonit können sie gelb bis orangegelb gefärbt sein. Kapillarspalten und porös zersetzte Gesteinspartien treten auf.

Auch der Schliff von Probe 7 aus der zweiten kompakten Zone von λ_2 ist hierherzustellen. Während (wie wir sehen werden) in Probe 6 sämtliche Ausscheidlinge der Effusionsperiode durch die vorherrschende Glasgrundmasse unterdrückt werden, treten hier

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

diese Gemengteile wieder auf. Plagioklas, der in diesem Schliff besonders gerne von Ilmenitskeletten durchwachsen ist, lange Apatitnadeln und Augitkriställchen erscheinen wieder als wesentliche Gemengteile der Grundmasse. Das ganze Bild entspricht in seinen Grundzügen dem der Proben 2 bis 3.

c) Übergang zur schlackigen Stromoberfläche mit beginnender Blasenführung.

Während das Kennzeichen der kompakten Zone das Auftreten eines mehr oder minder reichen Plagioklasgehaltes der Grundmasse ist, lassen sich die Charakteristika der Übergangsregion mit beginnender Blasenführung kurz folgendermaßen zusammenfassen: Fehlen des Plagioklases in der Grundmasse, Zunahme der Glasbasis. Die übrigen effusiven Gemengteile sind noch vorhanden, gehen aber mengenmäßig ebenfalls langsam zurück. Diesen Bedingungen entsprechen die Proben 5, 10, 12 und 13.

Neben dem völligen Verschwinden des Plagioklases ist in der Probe 5 ein Zurückgehen der kleinen Kristallausscheidlinge der Effusionsperiode zu beobachten. Die kleinen Augitkristalle fehlen, an ihre Stelle treten Diopsidnadeln, die in großer Menge wirrstrahlig die Grundmasse erfüllen. Die Ilmenitskelette fehlen in dieser Probe ebenfalls völlig; inwieweit Apatit noch am Aufbau der Grundmasse beteiligt ist, läßt sich schwer feststellen. Einzelne Nadeln konnten noch beobachtet werden. Die ganze Basis hat gegenüber der in den vorhergehenden Handstücken einen einheitlichen Charakter. Während sie in den Proben 1—4 eine durch das Durcheinander der verschiedensten Komponenten bedingte fleckige Färbung aufwies, ist sie hier durch ihren grundlegenden Glasgehalt einheitlich gelblichbraun gefärbt. Auch die porös zersetzten Gesteinspartien treten in diesem Schliff zahlenmäßig zurück, dagegen ist er mit zahlreichen Drusen erfüllt.

In Probe 10, dem Schliff aus λ_1 mit beginnender Blasenführung, fehlt der Plagioklas allerdings noch nicht völlig, tritt aber nur noch vereinzelt auf. Die Olivine haben sich in ihrer Umwandlung denen von Probe 5 angepaßt.

In Probe 12 (aus λ_3) treten neben den bekannten Limburgiteinsprenglingen als Gemengteile der effusiven Phase eine zweite Generation Augit, untergeordnet Ilmenit und Apatit, sowie zahllose Mikrolithe auf. Die zweite Probe (13) aus dem Strom gleicht vollkommen der ersten, nur ist der Limburgit stark zertrümmert. Die

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

einzelnen Teile werden durch Kalkspat verkittet. Eine Erscheinung, wie sie makroskopisch in der Grenzregion von λ_2 zu beobachten ist.

d) Schlackige Stromoberfläche.

Kennzeichen der schlackigen Oberflächenregion sind: Völliges Fehlen des Plagioklases, Verschwinden auch der übrigen Gemengteile der Grundmasse. Die Basis besteht nur noch aus braunem bis schwarzbraunem Glase mit zahllosen Mikrolithen. Die Olivine zeigen häufig einen rotbraunen Reaktionsrand.

Der Schliff der Probe 6 zeigt deutlich diese Verhältnisse; die Grundmasse hat hier infolge der Hitzeeinwirkung der überlagernden Gesteinspartie eine dunkelbraune Färbung. Das Gesteinsglas [1]), das in den Proben 5 und 6 eine wesentliche Rolle spielt, gehört nach Rosenbusch (52) zum Pechstein. Es hat eine kleinere Lichtbrechung als Kollolith, ist also SiO_2-arm.

In der Probe 6 aus λ_2 wie auch noch an einer anderen Stelle in demselben Limburgitstrom findet sich als Fremdling in der Grundmasse ein Quarzeinschluß. Während er hier als ein einzelnes Korn von 0,1 mm Durchmesser erscheint, ist das zweite Auftreten ein breiteres: mehrere Individuen erfüllen einen größeren, unregelmäßig gestalteten Hohlraum. Beide Stellen zeigen sonst gleiche Erscheinungen. Die an Glas- und Flüssigkeitseinschlüssen reichen Quarze sind umgeben von einem feinen Glassaum, an den sich ein Kranz hellgefärbter Augitkriställchen anschließt, der sich von der Grundmasse scharf abhebt. Diese Quarzeinschlüsse sind, wie das von M. Stark (61) für ein ähnliches Vorkommen in den Euganeenlimburgiten nachgewiesen wurde, exogener Natur.

Die Probe 11 aus der obersten Zone von λ_1 entspricht fast vollkommen der aus der Schlackenzone von λ_2. In einer mit Augitnadeln gespickten braunen bis schwarzbraunen Glasbasis sind die bekannten Limburgiteinsprenglinge eingelagert, alle übrigen Gesteinsmineralien fehlen.

Probe 8 zeigt uns wiederum dasselbe Bild. Die Grundmasse ist glasreich, die kleinen Augitkristalle der Grundmasse sind hier

---

[1]) Trotz der reichen Glasgrundmasse des eigentlichen Limburgits findet man nur sehr selten makroskopisch erkennbare Glaseinschlüsse. Nur in einem einzigen Fall konnte ich einen kleinen Glaseinschluß von etwa $^1/_2$ cm Durchmesser in λ_2 entdecken. Das Glas ist braun gefärbt, durchsichtig und frei von Umsetzungserscheinungen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

durchweg nadlig ausgebildet. Apatit ist noch am Aufbau der Grundmasse beteiligt, dagegen fehlen die Erzskelette. Dieser Schliff vermittelt ungefähr den Übergang der Zonen c und d.

Leider war es nicht möglich wegen der Unzugänglichkeit der höheren Partien den weiteren Verlauf der Kristallisation des Hauptstromes λ_2 zu verfolgen. Es ist aber zweifellos anzunehmen, daß mit dem Wechsel von kompaktem und blasigem Gestein sich das Spiel zwischen plagioklasführendem und glasreichem Limburgit wiederholt. Bestätigt wurde diese Vermutung durch Handstücke aus dem Steinbruch VI a, in dem höhere Stromteile von λ_2 leichter zugänglich sind.

Das nächste Handstück (14) wurde aus der oberen Region (direkt unter der Tertiär-Tuffbedeckung des Stromes) geschlagen. An manchen Stellen ist der oberste Teil des Stromes zerspratzt, die einzelnen Bruchstücke werden durch Karbonat verkittet: brecciöser Limburgit. In den obersten 5—10 cm zeigt λ_2 (wie auch der untere Strom λ_1) eine braune erdige Verwitterungsrinde, in der nur noch die Augiteinsprenglinge einigermaßen gut erhalten sind.

Makroskopisch erkennt man auch in diesem Handstück in einer braunen Grundmasse große Einsprenglinge von Augit; der Hyalosiderit hat hier ein kupferfarbenes Aussehen. Natürlich ist gerade diese Gesteinsregion reich mit Drusen erfüllt. Die Grundmasse ist ein schwarzes bis schwarzbraunes Glas, das auch im Dünnschliff fast undurchsichtig ist, die Olivine zeigen einen mehr oder minder breiten rotbraunen Reaktionsrand (der auch durch künstliche Erhitzung des Hyalosiderits hervorgerufen werden kann).

Ein anderer Schliff (15) aus demselben Handstück, der die oberste Rinde des Stromes erfaßt, zeigt als einziger ein hellbraun gefärbtes, fast mikrolithenfreies Gesteinsglas als Grundmasse.

Der Grund für das Fehlen des Feldspats und das Zurückgehen der Komponenten der Effusionsperiode in der schlackigen Grenzregion liegt auf der Hand, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß wir uns in der Zone reichlicher Blasenbildung befinden. Infolge der raschen Abkühlung und Erstarrung dieser Gesteinspartien konnten die letzten Kristallausscheidlinge nicht mehr oder nur unvollkommen zur Ausbildung gelangen, sie erstarrten infolge der raschen Temperaturerniedrigung glasig.

Die verschiedenen Schlackenhorizonte im zweiten Limburgitstrom, von denen früher schon die Rede war, sind Gebiete rascher Abkühlung und Erstarrung, was durch das Fehlen des Feldspats und eben die Anreicherung der Hohlräume angezeigt wird. Dieser

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Limburgitstrom ist also nicht als zeitlich einheitliches Eruptionsprodukt anzusehen, sondern einzelne Magmenströme flossen in Zeitabständen aus, die der vorhergehenden Magmazunge zum mindesten Zeit zur Oberflächenerstarrung ließen.

Zusammenfassend ist über den zweiten Limburgitstrom zu sagen, daß es sich hierbei nicht oder doch nur bis zu einem gewissen Grade um ein feldspatfreies Gestein handelt. Die kompakten Partien enthalten Plagioklas als wesentlichen Gemengteil, mit wachsender Höhe ist eine stetige (nicht sprunghafte!) Abnahme des Plagioklasgehaltes festzustellen, und nur den Gesteinspartien, die einer raschen Abkühlung unterworfen waren, fehlt der Plagioklas.

3. Ausscheidungsfolge innerhalb der liquidmagmatischen Phasen.

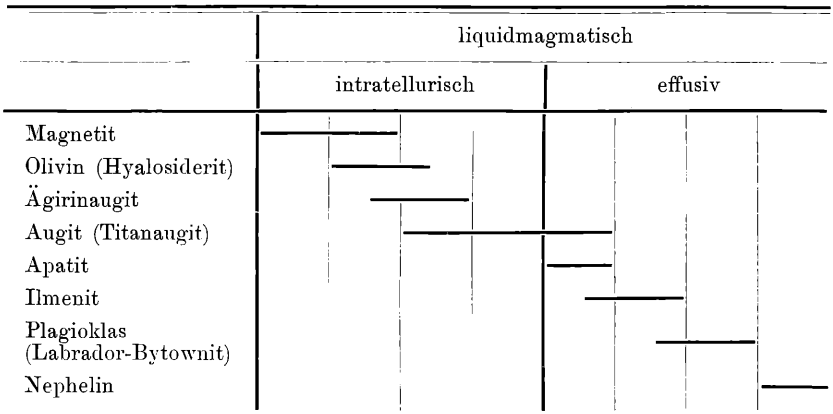
Die ersten Mineralbildungen sind Magnetit, Olivin und die großen Augiteinsprenglinge. Ihre Kristallisation erfolgte während der intratellurischen Phase und war beim Austreten des Magmas an die Oberfläche schon vollendet. Sie finden sich im ganzen Limburgit, sowohl als Einsprenglinge im Gestein mit holokristalliner Grundmasse als auch in dem eigentlichen Limburgit mit durchgehender Glasbasis. Veränderungen ihrer prozentualen Menge bezogen auf das Gesamtvolumen des Gesteines in bestimmten Zonen treten nicht auf. Da das Magma bei rascher Erkaltung glasig erstarrt, mußte die Kristallisation der Mineralien, die als automorphe Körper in der Glasgrundmasse auftreten, schon vor dem Austreten des Magmas an die Erdoberfläche vollendet gewesen sein. Darum finden wir gerade bei diesen Mineralien, sowohl in λ_2 als auch in den anderen Strömen keine bemerkenswerten Unterschiede. Stellen sich solche ein, so sind sie doch mehr oder minder sekundärer Natur.

In der folgenden, der Effusionsperiode, erfolgte aus dem Magma die Bildung der kleinen Augitkristalle und -mikrolithe, des Apatits und Ilmenits, des Feldspats und Nephelins bzw. des Glases.

Zu dem Diagramm der Veränderung der mineralischen Zusammensetzung der Limburgitströme λ_1 und λ_2 in den vier Hauptzonen (im Anhang!) ist folgendes zu bemerken: Die intratellurischen Mineralien nehmen rund 50 % der Gesteinsmasse ein. Ihre durchschnittliche prozentuale Verteilung ist in dem Diagramm wiedergegeben. Die mengenmäßige Beteiligung der effusiven Gemengteile an dem Aufbau der Grundmasse läßt sich nicht ohne weiteres feststellen. Sie wurden auch der Übersichtlichkeit des Diagramms wegen in gleicher Menge eingezeichnet.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Tabelle der Ausscheidungsfolge innerhalb der liquidmagmatischen Phasen.



Anmerkung: Die Mineralien sind in ihrer Ausscheidungsfolge aufgezählt. Bei rascher Erkaltung können die effusiven Mineralien in umgekehrter Reihenfolge durch Gesteinsglas ersetzt werden.

4. Zusammenfassung der petrographischen Untersuchungsergebnisse.

Der Vergleich der petrographischen Untersuchungsergebnisse ergibt ohne weiteres eine weitgehende Übereinstimmung der drei Limburgitströme.

Bezogen auf den zweiten Strom λ_2 unterscheiden sich Gefüge, Mineralgehalt und Kristallisation des unteren Stromes λ_1 durch nichts von λ_2. Auch hier ist die rasche Erkaltung der Stromoberschicht verantwortlich einerseits für die schlackige Textur der Grenzregion des Stromes und andererseits für das Fehlen der meisten Komponenten der effusiven Periode der Gesteinskristallisation. Die oberste Grenze von λ_3 ist unerreichbar, man darf aber annehmen, daß in der Gesteinskristallisation keine Unterschiede auftreten, die außerhalb der bei den Stömen λ_1 und λ_2 besprochenen Veränderungen fallen. Ebenso ist das Nichtauftreten von Plagioklas [1]) kein Grund dafür, diesem Strom gegenüber den beiden anderen Strömen eine Sonderstellung zuzuweisen.

Makroskopisch wird man nur die schwarz gefärbte Varietät des untersten Stromes oder die dunkelgrüne des zweiten Stromes

[1]) Knop erwähnt übrigens das Auftreten von Plagioklasleisten in einem Dünnschliff des dritten Stromes. Er glaubt, daß dieser Plagioklasgehalt λ_3 von den beiden anderen Limburgitströmen unterscheidet.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

als Gesteinsprobe eines bestimmten Limburgitstromes erkennen können. Die Unterschiede verwischen sich aber fast vollkommen bei den dunkelbraunen Arten, die in jedem Strome auftreten.

Die Bestimmung der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Strome ist dagegen bei einem Gesteinsdünnschliff unmöglich. Mikroskopisch wird man einzig und allein mit einiger Sicherheit auf die Zone schließen können, welcher die Probe entnommen wurde. Je nach der Menge des Feldspats (bzw. des Glases) kann man Aussagen darüber machen, ob die Probe dem kompakten Gestein, einer mittleren Region oder einem Gebiete entnommen wurde, das an die Schlackenzone angrenzt oder mit ihr zusammenfällt. Ist die Glasbasis tief dunkelbraun bis schwarz gefärbt, so gehört der Schliff der obersten Grenzregion eines Limburgitstromes an.

Eine weitere Frage ist die Berechtigung des Namens Limburgit zur Kennzeichnung eines besonderen Gesteinstypus. Der Limburgit von Sasbach ist in seinen langsamen Erkaltungszonen so feldspatreich, daß er nicht mehr unter den ROSENBUSCH'schen Begriff „feldspatführender Limburgit" eingereiht werden kann. In den kompakten Zonen haben wir es zweifellos mit einem Nephelinbasanit zu tun, der zur Stromoberfläche hin langsam feldspatfrei wird und so schließlich in den Typus „Limburgit" übergeht.

5. Chemische Zusammensetzung der Ströme λ_2 und λ_3 sowie des Augits.

Die Analysen unter I und III von STECHER (64) geben die Zusammensetzung des kompakten Gesteines aus λ_2 bzw. λ_3, die unter IV und V sind Analysen des Augits (50). Die Spalte II gibt die Molekularprozente der Analysenwerte unter I an.

	I (λ_2)	II (Mol.-%)	III (λ_3)	IV	V
SiO_2	41,98	41,9	41,47	44,65	43,85
TiO_2	2,84	2,1	2,84	2,93	3,14
Al_2O_3	15,41	9,1	11,91	6,62	6,19
Fe_2O_3	8,66	9,8	10,99	5,02	6,99
FeO	3,81		4,04	3,87	3,70
MgO	8,41	12,1	6,56	14,76	11,89
CaO	11,99	12,9	13,87	20,32	22,44
Na_2O	3,20	3,1	3,07	1,29	1,50
K_2O	1,68	1,1	1,58	0,49	0,50
H_2O	2,37	7,2	1,95	—	—
CO_2	0,30	—	0,75	—	—
P_2O_5	0,08	—	0,57	—	—
SO_3	0,13	—	0,55	—	—
	100,86	99,3	100,15	99.95	100,20

si	87,5	89,5
al	19	15
fm	46,5	46,5
c	26	30
alk	8,5	8,5
k	0,26	0,25
mg	0.56	0,46

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

6. Anhang: Petrographische Untersuchung von Tephrit-Augitit-blöcken im Tuffe t_2.[1]

Durch neue Arbeiten im östlichen Teil des Steinbruchs VII wurden an der oberen Grenze des zweiten Stromes einzelne Teile eines Gesteines freigelegt, das sich auf den ersten Blick vom Limburgit unterscheidet. Es sind runde Blöcke von durchschnittlich $^1/_2$ m Durchmesser, kugelschaliger Absonderung und hellgrauer Farbe, die im Innern dunkler wird. Das Vorkommen befindet sich direkt auf dem zweiten Strom im Tuffe, der seinerseits von Löß überlagert wird. (Ein anderes Vorkommen wurde von Graeff (13) und auch von Gruss (15) in der westlichen Hälfte des Bruches beschrieben.) Wegen der Unzugänglichkeit der Stelle und der Abraumbedeckung läßt sich nichts über die geologische Bedeutung dieses Vorkommens aussagen.

Es handelt sich um einen Tephrit, der makroskopisch und mikroskopisch mit dem Material übereinstimmt, das Cissarz (4) ebenfalls von der Schlotbreccie bei Nonnensohl beschrieb. Struktur und Textur entsprechen dem des Limburgites. Unter dem Mikroskop erscheinen als einzige Einsprenglinge Magnetit und basaltischer Augit (Auslöschung um 45°), z. T. mit einem Kern von Ägirinaugit, Olivin tritt nicht auf.

In der Grundmasse finden sich zahlreiche kleine Leisten von Plagioklas (vorwiegend Labrador mit einer Auslöschung in symmetrischen Schnitten von 25°). Weiterhin eine zweite Generation von Augit, spärlich Apatit. Sehr selten Einsprenglinge umgewandelten Leucits (Analcim?). Fein verteilt und kaum von der untergeordnet auftretenden Glasbasis zu unterscheiden findet sich Nephelin.

Gleiche Regeln wie für den Limburgit lassen sich für den Tephrit aufstellen. Durch rasche Erkaltung verschwinden die Mineralien der Effusionsperiode, die Grundmasse wird glasreich und der Tephrit geht über in den Augitit, der seinerseits gekennzeichnet ist durch eine Glasbasis mit Einsprenglingen von Augit und durch seine Mandelsteintextur.

Folgende Parallelen zeigen die Änderungen der Gesteinskristallisation bei rascher Erkaltung:

	Nephelinbasanit → feldspatführender L. → Limburgit		
Struktur der Grundmasse	holokristallin	hypokristallin	vitrophyrisch
Textur	richtungslos	richtungslos	Mandelsteintextur

	Nephelintephrit ——→ Augitit	
Struktur der Grundmasse	holo- bis hypokristallin	vitrophyrisch
Textur	richtungslos	Mandelsteintextur

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

III. Ausbildung der Blasenräume.

Zur Frage der Ausbildung der Blasenräume im Limburgit ist folgendes zu sagen:

Die bei der Erstarrung des Magmas frei werdenden Gase und Dämpfe stiegen in dem noch nicht verfestigten Mineralbrei in die Höhe und fanden an der rasch erstarrten Oberschicht Widerstand. Sie bildeten dort in dem völlig erkalteten Gestein Hohlräume verschiedener Größe. Die Ausfüllung der Hohlräume fand erst später, in der hydrothermalen Periode der Gesteinsbildung statt, nachdem sich also die Blasen schon in ihrer Gestalt in der letzten Phase der Gesteinsverfestigung gebildet hatten.

Im Mikroskop erscheinen die Hohlräume als wohlbegrenzte, runde, ovale oder unregelmäßige Gebilde. Die Begrenzungslinie verläuft besonders bei den kleinen Drusen stetig. Augit- oder Olivinkristalle kommen als Begrenzungselemente vor. Kristallisationen von Gesteinsmineralien in den Hohlräumen sind nicht zu beobachten. In seltenen Fällen erstrecken sich Augit- oder Olivinkristalle in die Druse. Gestein und Drusenraum sind durch eine scharf ausgeprägte Grenze voneinander geschieden. Bei den eigentlichen Drusen finden sich im angrenzenden Gestein keine Veränderungen; ein langsamer Übergang des Nebengesteins zur Druse hin — der bei Auslaugungen des Nebengesteins zu beobachten sein müßte — fehlt vollkommen. In die Drusen münden die Kapillarspalten, deren Zahl bezogen auf eine Druse gewöhnlich eins bis drei beträgt. Diese feinen Spaltrisse durchziehen Grundmasse und Einsprenglinge, z. T. durchqueren sie Augitkristalle ohne Berücksichtigung der Spaltbarkeit. Oft lassen sich die Kapillarspalten nur bis zum Drusenrand verfolgen, andere durchziehen die Erstausscheidung oder auch alle Drusenmineralien, wobei deltaförmige Aufspaltungen des Kanals vorkommen.

Durch diese feinen Spaltrisse fanden die wässrigen Mineralösungen Zutritt in die Hohlräume und konnten dort ihren Mineralgehalt absetzen. Die reiche Kristallisation vieler Drusen spricht für eine lebhafte Zirkulation der Mineralwässer.

IV. Diffuse hydrothermale Gesteinszersetzung.

Einen anderen Charakter als die Blasen haben die schon früher erwähnten hydrothermal zersetzten Gesteinsteile, die im ganzen Limburgit und Augitit verbreitet sind. Bei oberflächlicher Betrachtung

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

sind sie mit gewöhnlichen Blasen zu verwechseln, erst bei genauerer Beobachtung zeigen sie diesen gegenüber verschiedene wesentliche Unterschiede. Die zersetzten Gesteinsteile sind gewöhnlich von geringer Ausdehnung (0,2 mm), häufig grenzen sie an Augitkristalle an. Ihr Hauptunterschied gegenüber den Blasen beruht darauf, daß sie sich gegen das Gestein durch keine scharfe Grenzlinie abscheiden, sie verlieren sich gewissermaßen in der Grundmasse, ihre Gestalt ist im Gegensatz zu den häufig ovalen bis runden Blasen ganz und gar unregelmäßig. Die Blasen sind weiterhin häufig mit einer Erstausscheidung von Kieselsäurehydrogel überzogen, die bei diesen „Pseudodrusen" fehlt. Gesteinsgemengteile oder auch Gesteinsfragmente sind meist in ihnen vorhanden, besonders Apatitnadeln treten in ihnen auf. Die Kapillarspalten, die bei den Blasen fast nie fehlen, sind im Zusammenhang mit diesen Gesteinspartien nur selten zu beobachten. Sie sind dann erfüllt mit Mineralien der Gesteinspartie, die z. T. gelöst und mitgeführt wurden. Während aber die Blasenbildung in zwei wohl zu unterscheidende Teile zerfällt, nämlich in die Entstehung des Hohlraumes und die Erfüllung desselben, ist die Ausbildung der zersetzten Gesteinspartien auf andere Ursachen zurückzuführen. Es sind durch hydrothermale Einflüsse veränderte, wasserklare bis gelbliche Glaspartien. Auch die Glaseinschlüsse in Augit- und Olivinkristallen werden von der Umwandlung ergriffen. Sämtliche Übergänge von einem glasigen, isotropen bis zu einem faserigen, doppelbrechenden Mineralinhalt dieser Gesteinsteile sind vertreten. Daneben tritt Kalkspat allein oder in Gesellschaft dieses faserigen Umwandlungsproduktes auf. Die Herkunft des Calcits in der umgewandelten Grundmasse ist nicht immer zu erklären, er wird sowohl durch Zersetzung des sehr Ca-reichen Glases als auch aus Lösungszufuhren stammen.

Die Zersetzung des Glases kann von verschiedenen Zonen ausgehen: 1. Von der Grenze der Gesteinspartie gegen das Gestein, 2. von den in dem betreffenden Gesteinsteil eingelagerten Mineralien und 3. vom Zentrum der Gesteinspartie aus, besonders dann, wenn die Zersetzung von einem primär vorhandenen Hohlraume ausgeht.

Die Bestimmung der Umwandlungsprodukte gelingt nicht immer, bei der Zeolithisierung des Glases sind die Neubildungen nicht zu identifizieren. Bei dem faserigen Umwandlungsprodukt sind die Fasern radial gestellt oder symmetrisch zu einer kurzen Geraden angeordnet. Der Charakter der Hauptzone ist entweder positiv oder negativ, die Lichtbrechung stets kleiner als 1,54. Karbonat tritt

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

lokal neben diesem Produkt auf. Die optische Erscheinung dieser Neubildungen entspricht denen der Zersetzungsprodukte des Olivins. Zweifellos hat sich auch hier bei der Zersetzung des Glases Kieselsäurehydrogel gebildet. Die Umbildung des Glases ist z. T. vor der Umwandlung des Olivins vollendet. Serpentinisierte Olivine und porös zersetzte Gesteinsteile treten nebeneinander auf.

Auch das feinfaserige Material, das als „Magnesiumsilikatgel" in der Mineralbesprechung aufgeführt wird, konnte in einzelnen der zersetzten Gesteinsteile beobachtet werden. Es muß allerdings fraglich bleiben, ob es durch Lösungszufuhr in diese Gesteinspartien gelangte oder ob es, ebenso wie die Opalsubstanz, in der Zersetzung des Gesteinsglases seinen Ursprung hat. Anhaltspunkte hierfür ließen sich in keinem Dünnschliff auffinden. Dagegen konnte in einem Falle deutlich die stufenweise Bildung von Kieselsäuregel aus der Glasgrundmasse beobachtet werden.

Übergänge zu den Blasen sind mannigfach vorhanden. Z. B. finden sich Hohlräume, die die Charakteristika von zersetzten Gesteinsteilen aufweisen, mit Kristallisationen von Karbonat und Phillipsit. Während aber in den Drusen Karbonat stets die jüngste Bildung ist, scheint in dieser Gesteinspartie Karbonat älter als Phillipsit zu sein. Dieser Calcit ist sicher keine Ausscheidung aus einer Lösung, sondern durch die Umwandlung des Glases entstanden, vielleicht auch eine Auskristallisation aus mitgerissenen Kalkbrocken, die der Schmelzfluß nicht absorbieren konnte. Durch Auslaugung entstand im Calcit ein Hohlraum, der dann mit Phillipsit gefüllt wurde. Entsprechendes gilt für eine „Pseudodruse" mit Kieselsäuregel, die im Innern mit breitstengligen Phillipsitkristallen erfüllt ist. Deutlich läßt sich an diesem die stufenweise Umbildung verfolgen. Gegen das Gestein ist das Material nahezu isotrop und

---

[1]) Die Erkennung der Neubildungen in den porös zersetzten Gesteinsteilen wird wesentlich dadurch erschwert, daß sämtliche Produkte nur als kleinste Kristalle vorliegen, die zumeist eine radialfaserige Ausbildung bevorzugen. Daneben ist die Licht- und Doppelbrechung dieser Neubildungen stets gering, die erstere durchweg kleiner als die des Kolloliths. Soweit die Erkennung der Umsetzungsprodukte gelang, kam der Umstand zustatten, daß das Mineral an anderer Stelle in größerer Menge auftrat, die es erlaubte, an ihr die für den Limburgit typische Erscheinungsart zu studieren. Es muß aber ohne weiteres zugegeben werden, daß auch hier bei der langsamen Zersetzung der Glasgrundmasse unter hydrothermalen Einflüssen mannigfache Produkte entstehen, die sich aber der mikroskopischen bzw. mikrochemischen Bestimmung aus den angeführten Gründen entziehen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

wird gegen den Mittelpunkt langsam doppelbrechend. Hier löst es sich in deutlich erkennbare, kleine Tröpfchen von Chalcedon auf.

V. Die hydrothermalen Mineralien.

1. Übersicht über die verschiedenen Mineralbildungen.

Unter den hydrothermalen Mineralien sind alle Bildungen aufgeführt worden, die am Limberg sowohl in den Erstarrungsklüften als auch in den Drusen auftreten. Soweit es sich um die Zeolithe, den Hyalit und den kohlensauren Kalk handelt, steht die primäre Bildung aus heißen wäßrigen Lösungen fest. Die genetischen Beziehungen der Drusenmineralien lassen ohne weiteres einen Schluß auf gleiche Entstehungsweise zu. Anders verhält es sich mit den Mineralien, die ohne Begleiter in den Drusen auftreten, wie z. B. Magnesit, Magnesiumsilikatgel und Limonit. Daß diese am Schluß der Einzelbesprechung aufgeführten Mineralien nicht als primäre Produkte der Hydrothermalphase aufzufassen sind, wird dort dargelegt werden.

Bei der großen Beachtung, die der Mineralreichtum des Limberges während einer Zeit von über 100 Jahren durch die verschiedensten Forscher erfahren hat, war es unwahrscheinlich, neue, bisher unbekannte Mineralien zu entdecken. Auch die neueren Aufschlüsse haben nur neue Vorkommen freigelegt, z. B. eine neue Fundstelle von Faujasit in λ_2 und Mineraldrusen im Tuffe t_2. Das Ziel des folgenden Kapitels ist eine genaue Registrierung der Drusenmineralien (die letzte zusammenfassende Schilderung von Knop ist vor 40 Jahren erschienen) unter Berücksichtigung ihrer Ausbildung und ihres Auftretens, der genetischen Beziehungen und der Entstehungsursachen.

a) Kieselsäurehydrogel.

Hyalit wurde anstehend nur an zwei Stellen des Limberges gefunden: als glasklare Tropfen auf kohlensaurem Kalk im zweiten Limburgitstrom des Steinbruchs VII und als Schicht zwischen der Kalkspatausfüllung der Absonderungsklüfte im unteren Strom (Steinbruch II).

An der oberen Grenze von λ_2, in der das Gestein z. T. brecciös wird, sind die Absonderungsklüfte beiderseitig mit dichtem Kalk-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

spat bekleidet, der Hyalit in Tropfen- und Nierenform trägt [1]). Andere Handstücke mit diesem Mineral wurden aus den Blöcken des Steinbruchbetriebes gewonnen, die ohne Zweifel auch aus der Grenzregion des zweiten Stromes herrühren. In der Literatur (24, 43) wird der Hyalit aus Drusen im Limburgit beschrieben. Die klaren Hyalitbildungen habe ich selbst in keinem Falle in den eigentlichen Drusenräumen gefunden. Hyalit findet sich stets im Zusammenhang mit den Absonderungsklüften.

Kieselsäurehydrogel tritt im Limburgit in fünf Ausbildungsarten auf:

1. Die glasklaren Tropfen in den Absonderungsklüften, die entweder direkt das Gestein überziehen oder häufiger in Gesellschaft mit kohlensaurem Kalk vorkommen.

2. Als Erstausscheidung in den Drusen, entweder als dünne Auskleidungshaut oder auch als kleine Chalcedontröpfchen.

3. Als Umwandlungsprodukt von Olivin.

4. Durch Zersetzung der Glasbasis in den zersetzten Gesteinsteilen.

5. Als weiße, gelbe oder bräunliche Ausfüllungsmasse von Opal einzelner Drusen des zweiten Stromes.

Je nach dem Wassergehalt sind bei diesen Vorkommen alle Übergänge von Hyalit zu Chalcedon vorhanden. Die beiden Endglieder konnten im Limburgit festgestellt werden. Auch der Hyalit der Absonderungsklüfte zeigt die beginnende Veränderung (durch Wasserverlust) durch milchige Trübung an. In einzelnen Fällen geht er so in Chalcedon über. Reinweiße Tropfen Chalcedon wurden auf den Erstarrungsklüften von λ_2 gefunden.

Die Lichtbrechung der glasklaren Tropfen beträgt 1,460. Walchner fand das spez. Gewicht 2,17, die Analyse ergab: SiO_2 97,35 %, H_2O 2,64 %. Die mikroskopische Untersuchung zeigt deutlich den konzentrisch schaligen Aufbau des Hyalits. Nur mikroskopisch zu erkennen sind die SiO_2-gelausscheidungen in den Drusen und die Umbildungen des Olivins und der Glasgrundmasse des Limburgits. Kleine Tröpfchen in den Drusen der Faujasitzone sind ohne Hilfsmittel nicht vom Anfangsstadium der Phillipsitbildung zu unterscheiden. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die Hinweise in der Literatur das Vorkommen der schönen glasklaren Tropfen in Drusen betreffen. Das im Mikroskop stets auftretende Interferenz-

[1]) In Steinbruch VII ist der Hyalit früher in größeren Mengen gefunden worden. Nach Herrn Schwalm's Mitteilung ist dort Hyalit in mehr oder minder dicken Schichten und Bändern zwischen Kalkspat vorhanden gewesen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

kreuz ist nach Rosenbusch (53) eine diesen sphärischen Substanzen zukommende Erscheinung und andererseits ist die z. T. recht hohe Doppelbrechung bedingt durch Spannungen, welche durch ungleichmäßiges Eintrocknen der Kieselgallerte erzeugt sein dürften.

b) Faujasit.

Das Vorkommen von Faujasit in engbegrenzten Zonen des Limburgits erwähnt schon Nies (39) in seiner Arbeit. Außer in der von Knop beschriebenen Fundstelle an der oberen Grenze des unteren Stromes in Steinbruch II entdeckte ich eine neue Faujasitzone in λ_2 des Steinbruches VI a [1]). Die neue Fundstelle ist durch die Skizze festgelegt (s. Abb. 6). Sie stellt die obere Grenze eines Teilstromes dar, in der das Gestein glasreich wird. Der Limburgit ist in dieser Zone dunkelbraun bis schwarz, die Augiteinsprenglinge treten wenig hervor. Mikroskopisch unterscheidet sich das Material in nichts von Proben aus anderen Blasenzonen. Verschiedenheiten der mineralischen Zusammensetzung, wie sie Nies annahm, liegen nicht vor.

Außer in diesen beiden Faujasitregionen habe ich das Mineral an keiner anderen Stelle im Limburgit gefunden. In der neuen Fundstelle ist der Faujasit häufig. Fast in jedem Handstück führen von den zahlreichen Drusen mehrere diesen Zeolith. Die Kristalle sind als Einzelindividuen mit oktaedrischem Habitus über die ganze Druse verstreut. Ihre Größe beträgt durchschnittlich 2—3 mm. Sie sind in der Druse aufgewachsen ohne Bevorzugung irgendwelcher kristallographischer Konstanten. Zwillinge nach dem Spinellgesetz und knäuelartige Verwachsungen vieler Einzelkristalle kommen vor. Das Auftreten von krummen Flächen, die häufig an den Faujasiten zu beobachten sind, erklärt Witteborg (68) als Vizinalbildungen. An Faujasiten von Sasbach stellte Witteborg als häufige Erscheinung vizinale Deltoidikositetraeder und selten vizinale Hexakisoktaeder fest. Die Faujasite sind entweder glasklar oder zeigen mannigfache Oberflächenfarben, wie lichtbraun bis goldbraun, bleigrau, bläulich, weiß und auch schwarz. Die verschiedenen Färbungen treten mitunter an den Kristallen derselben Druse auf. Der Glanz ist diamantartig, mit goldbraunen Kriställchen dichtbesetzte Drusen verraten sich durch ihren prächtigen Glanz. Als ständige Begleiter des Faujasits findet man Chalcedon, Phillipsit und lokal Calcit.

Besonderes Interesse verdienen die optischen Eigenschaften, die

[1]) Wie sich später herausstellte, war auch Herrn Mineralienhändler Schwalm aus Bötzingen dieses neue Faujasitvorkommen bekannt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

F. RINNE (46) an den Faujasiten der Limburg feststellte. RINNE fand in Spaltblättchen nach der Oktaederfläche die reguläre Natur des Minerals bestätigt. Andere Schnitte dagegen zeigten anisotrope Erscheinungen [1]), die auf einen einachsigen positiven Charakter des Minerals deuteten. Bei der Erhitzung auf 150° werden diese Schliffe allmählich isotrop und bei weiterer Erhitzung wieder doppelbrechend, diesmal mit negativ einachsigem Charakter. Bei der Erkaltung verlaufen die Erscheinungen umgekehrt, der Umschlag erfolgt schneller bei Abkühlung unter Wasser. Es ist zu bemerken, daß der Wassergehalt der Faujasite abhängig ist von der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur. Nach den Bestimmungen von P. JANNASCH verliert Faujasit bei der Erhitzung auf

105—110°	10,88 % Wasser	
150°	16,83	(= 12 Mol. Wasser)
160°	18,66	
in der Glühhitze:	27,59	„

Den Wasserverlust gleichen die Faujasite beim Stehenlassen an feuchter Luft bis auf 0,8 % der verlorenen Wassermenge wieder aus.

Durch diese beiden Untersuchungen kam RINNE zu dem Ergebnis, daß „der Faujasit regulär nach seiner ursprünglichen Anlage ist. Durch geringe Wasserverluste wird eine Umlagerung des Molekulargefüges bewirkt, derart, daß das Oktaeder in acht Einzelindividuen zerfällt, von denen sich jedes von einer Fläche des Oktaeders ausgehend in das Innere des Kristalls erstreckt. Die optische Achse eines jeden Individuums steht senkrecht auf der zugehörigen Oktaederfläche. Größerer Wasserverlust hat eine Abnahme der Doppelbrechung zur Folge, bei 150° ist $\omega - \varepsilon = 0$. Bei zunehmender Wasserabgabe wächst die Doppelbrechung wieder, die Individuen haben negativ einachsigen Charakter“.

c) Phillipsit.

Außerordentlich häufig ist das Auftreten des Phillipsites im Limburgit. Besonders verbreitet ist er im zweiten Limburgitstrom λ_2, hier findet sich der Phillipsit in nahezu jeder Druse, entweder allein oder in Gesellschaft von Kalkspat oder lokal von Faujasit. Gut

[1]) An Spaltblättchen und Körnern des Minerals konnten von mir die isotropen bzw. anisotropen Effekte beobachtet werden. Die mit der Herstellung der Dünnschliffe verbundene Erwärmung und Unmöglichkeit der späteren Wiederaufnahme von Wasser lassen das Mineral hier vollkommen isotrop erscheinen. Die zur Untersuchung für Rinne hergestellten Dünnschliffe erforderten eine besondere Herstellungstechnik.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

ausgebildete Einzelkristalle von Phillipsit kommen in Drusen von λ_2 im Steinbruch I vor. Spärlicher wird er im unteren und im dritten Strom, er tritt hier allerdings noch auf (auch in reinen Phillipsitdrusen) wird aber durch einen größeren Reichtum an Calcit zurückgedrängt. Weiterhin findet sich der Phillipsit in den Hohlräumen des Augititvorkommens und auch in den Tuffdrusen.

Die Kristalle sind durchweg klein, selten größer als 1 mm, meist nadelig aber auch kurz gedrungen, stets glasklar und von pseudotetragonalem Habitus; scheinbar tetragonales Prisma I. mit der tetragonalen Pyramide II. Stellung (Abb. 7 a). Sie werden als Vierlinge monokliner Individuen aufgefaßt, die selten Zwillinge höherer Ordnung bilden (Abb. 7 b) oder unregelmäßige Verwachsungen zeigen. Man findet Phillipsit sowohl in Einzelkristallen als auch — und dies bei weitem häufiger — in radialstrahligen Aggregaten vieler Individuen (Abb. 7 c), die den ganzen Drusenraum auskleiden oder auch als Einzelgebilde in einem Punkte der Druse aufgewachsen sind.

Der Phillipsit ist ein ausgesprochenes Drusenmineral. Selten nur findet man ihn in Hohlräumen, die mit den großen Erstarrungsklüften in Zusammenhang stehen oder in den Absonderungsklüften selbst.

Die Lichtbrechung des Minerals wurde mit 1,488 bestimmt. Sie verändert sich mit dem Wassergehalt. Störend wirkt die Wasserabgabe des Phillipsit bei der Erhitzung, die mit der Herstellung eines Dünnschliffes verbunden ist. Gegen atmosphärile Einflüsse scheint der Phillipsit unempfindlich zu sein, frische Kristalle fanden sich in Drusen eines vollkommen zersetzten Limburgitblockes.

Die chemische Analyse von Fresenius [1]) (12) ergab folgende Werte für mit Essigsäure gereinigte Kristalle:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	BaO	MgO	K_2O	Na_2O	H_2O
lufttrocken	51,68	18,17	0,24	5,37	0,39	0,30	4,67	0,94	18,21
100°	53,94	18,97	0,26	5,60	0,41	0,31	4,88	0,98	14,62

Im Mikroskop ist der Phillipsit gekennzeichnet durch seine niedrige Licht- und Doppelbrechung, seine Kristallform und seine typischen Zwillingsverwachsungen. Wenig häufig sind Einzelkristalle zu beobachten, der Phillipsit verrät auch hier seine Neigung zur radialstrahligen Aggregierung der Individuen. Die Kristalle wachsen von einem Punkte aus, der mit der Begrenzungslinie der Druse gegen das Gestein oder mit der inneren Begrenzung der Erstaus-

[1]) Fresenius schreibt u. a. „ Neben dem Phillipsit kommt auch hier (an der Limburg) sein nie fehlender Begleiter, der Chabasit vor

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

scheidung zusammenfällt, allseitig in die Druse hinein. Wird der Drusenraum nicht völlig durch Phillipsit erfüllt, so sind die Endflächen der Kristalle gut ausgebildet. Eine nicht seltene Erscheinung ist das Auftreten des Interferenzkreuzes bei feinfaseriger Ausbildung der Individuen. In diesem Falle ist die Unterscheidung von SiO_2-Gel oft unmöglich. Sehr häufig beobachtet man in den radialstrahlig aggregierten Phillipsitnadeln einen konzentrischen Ring (selten mehrere Ringe) einer Eisenhydroxydgelausscheidung (Abb. 7d). Die Fasern sind sowohl innerhalb als außerhalb dieses Kreises gleich orientiert. Im Zentrum haben die Phillipsitnadeln scheinbar eine höhere Doppelbrechung als außerhalb des Brauneisenringes. Ob diese verschiedenen Doppelbrechungen auf verschiedenen Koeffizienten der chemischen Zusammensetzung (z. B. verschiedenem Wassergehalt) beruhen, oder ob die erhöhte Doppelbrechung gleiche Gründe hat, wie sie für den Hyalit gelten, läßt sich nicht entscheiden. Die größere Wahrscheinlichkeit spricht für den letzten Grund, da der Unterschied in der Doppelbrechung um so höher wird, je größer der Unterschied in der Dicke der Fasern im Innenkreis und der Nadeln in der äußeren Schale ist. Die Brauneisenausscheidungen sind Grenzlinien verschiedener Phillipsitgenerationen. Auf kleinen Kügelchen von Phillipsit, die als erste Bildung zu betrachten sind, konnte die Eisenausscheidung als Überzug beobachtet werden.

Pseudomorphosen von Kalkspat nach Phillipsit finden sich als seltene Erscheinungen in den Tuffdrusen.

d) Aragonit.

Der Aragonit ist an der Limburg ein ausgesprochenes Kluftmineral. In Drusen, die nicht im direkten Zusammenhang mit den Absonderungsklüften stehen, wurde das Mineral nicht gefunden [1]). Auch im Dünnschliff konnte Aragonit nie als Drusenmineral nachgewiesen werden. Dagegen ist besonders im zweiten Limburgitstrom Aragonit häufig auf den Erstarrungsklüften und hier besonders

[1]) Selbstverständlich schließt das sein eventuelles Vorkommen in Drusen nicht aus, wahrscheinlich ist hier Aragonit weitgehend in Calcit umgewandelt. Es muß an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß durch das Sammeln von Material aus dem Steinbruchbetrieb leicht Fehlschlüsse auf das eigentliche Vorkommen entstehen. — Auch die beiden prächtigen Sammlungsstücke im hiesigen mineralogischen Institut sind Kristallisationen von Aragonit auf Klüften von brecciösem Limburgit nahe der Oberfläche des Stromes.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

auf den zerrütteten Zonen der Oberflächen der Teilströme. Neue Aufschlüsse im Steinbruch VII haben auch im Tuffe über λ_2 sehr schöne Aragonitdrusen freigelegt. Begleitmineralien des Aragonits sind Calcit und lokal Hyalit.

Vorwiegend sind die Aragonite als lange, dünne und klare Nadeln ausgebildet, die gern von einem Punkte allseitig in den Raum hineinwachsen, ohne aber (wie der Phillipsit) dichte Kristallaggregate zu bilden. In schmalen Spalten schmiegen sich die Individuen der Kluftfläche an oder man findet hier radialstrahlig gewachsene „Aragonitsonnen". Auch dichte Aggregate von Aragonit kommen vor, sie sind nur durch die Meigen'sche Probe vom Kalkspat zu unterscheiden. Strahlenbündel vieler Aragonitnadeln wurden ebenfalls gefunden.

Die Aragonite bilden meist lamellare Zwillinge nach (110). Die gewöhnlichen Flächen sind (110), (010), (011), auch mit (121). Schrauf (56) beschrieb auch flächenreiche Kristalle mit (010), (110), (011), (021), (111), (243), (362), (151). Diese Individuen sind fast durchgehend Drillinge. Nach G. Leonhard (32) kommt auch ein spitzpyramidaler Typus mit (9.12.2), (110), (010), (011) und (061) vor.

e) Kalkspat.

Kalkspat ist das vorherrschende Kluft- und Drusenmineral des Limberges. Er findet sich in den Drusen und Klüften der drei Limburgitströme, des Augitits und Tuffs. Unter den Drusen sind nur wenige calcitfrei und die Kluftausfüllungen bestehen vorwiegend aus Kalkspat. Außerdem bildet er das Bindemittel des brecciösen Limburgits und des Tuffs. Sein Vorkommen in zersetzten Gesteinsteilen ist dort schon besprochen worden.

Bestimmte Kalkspatzonen lassen sich nicht aufstellen. Kalkspat ist überall vorhanden, wenn auch sein mengenmäßiges Auftreten nicht immer dasselbe ist. In oberen Gesteinspartien des zweiten Stromes z. B. konnte an verschiedenen Stellen ein häufiges Vorkommen von reinen Calcitdrusen beobachtet werden, während allgemein die Drusen mit gemischtem Mineralgehalt (Phillipsit-Kalkspat) verbreitet sind. Dagegen bevorzugen gewisse Distrikte eine besondere Ausbildungsform des Kalkspats. An einer Stelle des zweiten Stromes wurden häufig Drusen mit sonst seltenen Einzelkristallen gefunden. In der oberen Zone von λ_1 sind mehrfach konzentrisch-schalige Kugelformen des Calcits anzutreffen. Auf den

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Klüften können keine Unterschiede in der Tracht der aufgewachsenen Kristalle beobachtet werden, die einmal gewählte Kristallform wird von allen Individuen angenommen.

Kalkspat findet sich in dichter, körniger, stalaktitischer und kristallisierter Ausbildung. Die Erkennung der auftretenden Kristallformen wird wesentlich gestört durch die Kleinheit der Kristalle, ihre Verwachsung und die z. T. starke Anätzung durch vadose Wässer. Einzelkristalle sind selten, sie finden sich in den größeren Drusen, die nicht ganz mit Mineralien erfüllt sind. Meist sind sie als stumpfe Rhomboeder ausgebildet. Kombinationen dieser Form mit dem negativen Rhomboeder und $(10\bar{1}0)$ sowie unregelmäßige Verwachsungen der Individuen kommen vor.

Sehr häufig aggregieren sich flache Rhomboeder zu Gebilden, die besonders durch einen weißen, feinkörnigen Überzug ein den Schwerspatrosetten ähnliches Aussehen erhalten. Die Aggregate treten (wie auch die Phillipsitsphärolithe) als kugelige Einzelgebilde in Drusen auf oder durch Zusammenwachsung bilden sie nierenförmige Auskleidungen von Drusen- und Kluftflächen. Neben ihnen und auf ihnen ist manchmal eine zweite Generation von kleinen, stark glänzenden Calcitkristallen zu beobachten. Auf Bruchflächen zeigen die Aggregate einen deutlichen Perlmutterglanz.

Dichter bis körniger Kalkspat kommt als jüngste Mineralbildung in den Drusen vor, lokal zeigt er eine konzentrisch-schalige Struktur. An diesen Kugeln sind Auslaugungserscheinungen nicht selten. Erhalten ist dann nur eine äußere Kugelschale, auch Herauslösungen jeder zweiten Schale sind zu beobachten. Wahrscheinlich hat sich der herausgelöste Calcit an anderer Stelle als sekundäres Mineral wieder abgeschieden.

Überhaupt sind die Kalkspate durch spätere Einflüsse stark in Anspruch genommen. Anätzungen der Flächen, Abrundungen der Kanten an Kristallen und Kristallaggregaten sind häufige Erscheinungen. Auch die manchmal auftretenden weißen Kalkspatrhomboeder sprechen hierfür. Diese sind im Innern glasklar, ein feinkörniger Überzug (der sich leicht absprengen läßt) von Calcit verleiht ihnen ein seidenglänzendes, weißes Aussehen. Verwitterungsprodukte treten wie beim Magnesit als weißes Mehl oder feines Pulver auf.

Noch seltener als in den Drusen sind Einzelkristalle von Kalkspat auf den Klüften. Auch hier sind die Kristalle meist innig verwachsen und zeigen nur selten Ausbildung einzelner Kristallflächen. Gelblich gefärbte Kalkspatausscheidungen von 5 cm Dicke (senk-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

recht zur Kluftfläche gemessen) kommen vor. Häufig sind die Erstarrungsklüfte auch calcitfrei oder nur mit einem dünnen, beiderseitigen Belag von Kalkspat versehen. Vorwiegend sind die Kristalle, soweit sich das bei ihrer dichten Verwachsung beurteilen läßt, unregelmäßig auf die Kluftwand aufgewachsen. Nur lokal finden sich senkrecht bis nahezu senkrecht auf die Kluftfläche aufgewachsene Kalkspatrhomboeder.

Als älteste Bildungen sind die Ausscheidungen innerhalb der Drusen anzusprechen. Auch hier können hintereinander mehrere Abscheidungen von Kalkspat erfolgen, wie der konzentrisch-schalige Aufbau und die kleinen Kristalle auf Kalkspataggregaten andeuten.

Kalkspatgenerationen, die durch andere Mineralien (Aragonit und Hyalit) getrennt werden, sind bei den genetischen Beziehungen der hydrothermalen Mineralien angeführt.

Für die älteste Kalkspatgeneration ist der Absatz aus hydrothermalen Lösungen unbedingt anzunehmen. Die Kalkspatausfüllungen der Klüfte können sowohl hydrothermalen Ursprungs sein als aus deszendenten Lösungen stammen, so durch Niederschlag aus Sickerwässern, die kohlensauren Kalk aus dem Löß oder Tertiär lösten. Die Bestimmung der Herkunft des Materials kann auf folgenden Grundlagen erfolgen:

1. Mit Hilfe der genetischen Beziehungen des Kalkspats zu anderen Mineralien, für die hydrothermale Entstehung angenommen werden muß; in unserem Falle Hyalit und Aragonit. Sämtlicher Kalkspat, der älter als diese Mineralien ist, muß ein Absatz aus wäßrigen, heißen Lösungen sein unter der steten Voraussetzung, daß diese Mineralien hydrothermalen Ursprungs sind und daß die Hydrothermalphase in direktem Zusammenhang mit der Eruption eines Stromes steht [1]).

2. Auch Soellner weist schon auf Adern und Schnüre eines gelb gefärbten kalkigen Materials hin, das sowohl λ_2 des Steinbruchs II als auch λ_3 des Bruches I durchsetzt. Daß dieses Material von der Oberfläche des Stromes in die Erstarrungsklüfte eingeschwemmt wurde (also jünger als der betreffende Strom ist), wird einesteils durch den großen Gehalt an fremder, mitgerissener Substanz als auch dadurch bewiesen, daß diese Adern an der unteren Grenze des Stromes nur nach der abwärts zeigenden Richtung der Grenzlinie abbiegen.

---

[1]) Siehe auch Abschnitt V, 3.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3. und 4. Die nächsten zwei Bestimmungsmethoden haben für das Gebiet des Limberges nur theoretischen Wert, da ihre praktische Durchführung sich leider als unmöglich erwies. Sie beruhen darauf aus einer Gesetzmäßigkeit in der Aufwachsung der Calcitkristalle Rückschlüsse auf die Herkunft des Materials zu ziehen oder an Hand aufwärts gerichteter Stufen des Gesteines, die den abtropfenden Sickerwässern Gelegenheit zur Auskristallisation gaben, die Abstammung des Minerals aus deszendenten Lösungen festzulegen. Der Hauptgrund für das Versagen dieser Bestimmungsmethoden ist oben schon angedeutet. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Kalkgehalt der Absonderungsklüfte im Laufe der Zeiten einer starken Veränderung unterworfen war. Die starke Zerklüftung des Gesteines, die teils nur wenig mächtigen Tertiär-, Tuff- und Lößschichten konnten den absinkenden Wässern, die diese Umbildung verursachten, keinen oder nur geringen Widerstand entgegensetzen.

f) Magnesit.

In manchen Hohlräumen des zweiten Stromes finden sich kreideweiße Knollen von Magnesit. Diese Knollen sind ziemlich hart und z. T. von beträchtlicher Größe. KNOP beschreibt kiloschwere Stücke und gibt an, daß in früherer Zeit solche von Zentnerschwere gefunden wurden. Zuerst wurde der Magnesit nach einer Analyse an unreinem Material für Hydromagnesit gehalten, nach der Analyse von MEIGEN (35) (MgO 47,89 und CO_2 51,88 %) handelt es sich um reines Magnesiumkarbonat. Das Mineral ist vollkommen dicht, auch bei stärkster Vergrößerung gelingt die Auflösung nicht. Eine ursprüngliche Gelnatur des Magnesits ist anzunehmen. Die Knollen wittern leicht aus ihrer Druse heraus und zeigen dann eine warzige, rauhe Oberfläche. Auffallend ist das seltene aber intensive Vorkommen ohne Begleitmineralien. Als Entstehungsursachen bestehen mehrere Möglichkeiten. Bei der Aufspaltung des Olivins als auch der des Serpentins (siehe die Formeln) findet die Bildung von Magnesit statt. Ob aber solch große Mengen, wie sie in der Literatur beschrieben werden, durch die Umsetzung des Olivins erklärt werden können, muß fraglich bleiben. Nach REDLICH (45) kann der Magnesit auch durch Auslaugung Mg-reicher Eruptivgesteine durch kohlensäurehaltige Wässer entstehen. Beide Ursachen werden bei der Bildung des Magnesits mitgewirkt haben, denn auch der Zerfall des Olivins ging unter Einwirkung von CO_2-haltigem Wasser vor

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

sich. Die Frage aber muß offen bleiben, wieso der Magnesit sich in solch großen Mengen in einzelnen Hohlräumen konzentrierte, während die überwiegende Mehrzahl der Drusen ihn nicht führt. Vielleicht hat der Zerfall des Olivins und die Konzentration des Magnesits schon zu einer Zeit stattgefunden, als die Drusenbildung noch nicht vollendet war (also bald nach der Eruption des Magmas), wodurch sowohl das Fehlen des Magnesits in den meisten Drusenräumen als auch das Nichtauftreten von Begleitmineralien erklärt wäre.

g) Magnesiumsilikatgel.

Manche Drusen des Stromes λ_2 in Steinbruch VII sind erfüllt mit einem rein weißen Material, dessen Auftreten sich anscheinend auf eine bestimmte Stelle in diesem Strom beschränkt. In den Blöcken, in denen es zuerst gefunden wurde, tritt das Mineral als häufige Drusenerfüllung auf, während es an anderer Stelle nur mikroskopisch als Zersetzungsprodukt im Olivin oder als Mineral in den zersetzten Gesteinspartien ganz vereinzelt in kleinsten Mengen gefunden wurde. Der genaue Fundort im 2. Strome konnte wegen der fortdauernden Steinbruchsarbeiten nicht ermittelt werden.

Das Material ist rein weiß, fühlt sich speckig an und hat eine geringe Härte (um 2). Ein ähnliches Vorkommen an der Limburg wurde in der Literatur noch nicht beschrieben.

Unter dem Mikroskop erweist es sich als äußerst feinfaseriges Produkt, an dem folgende Daten bestimmt wurden: Mittlere Lichtbrechung 1,48, die Doppelbrechung (Mittelwert von zwei Messungen zu 0,012 und 0,014) = 0,013, der Charakter der Hauptzone ist positiv. Beobachtungen bei stärkster Vergrößerung und auch Färbungen lassen nichts erkennen, was auf ein Gemisch von verschiedenen Substanzen schließen ließe.

Weiterhin wurde das Mineral unter freundlicher Mitwirkung von Herrn Dr. Krüll einer quantitativen Analyse unterzogen. Gegen Säuren, mit Ausnahme von Flußsäure, erwies es sich als widerstandsfähig. Die Analyse ergab folgende Werte:

		Gew.-%	Mol.-%	Mol.-% $SiO_2 = 1$
Eingewogene Substanzmenge	0,3793 g			
Glühverlust = H_2O	0,0813 g	21,4	46,1	1,72
SiO_2	0,1702 g	44,9	26,7	1
Al_2O_3	0,0287 g	7,5	2,8	0,11
CaO	0,0032 g	0,8	0,6	0,90
MgO	0,0936 g	24,7	23,5	
	0,3770 g	99,3	99,7	

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die Analysenwerte und die optischen Daten gestatten es nicht, das Material einer bestimmten Mineralart zuzuweisen, es wurde daher als „Magnesiumsilikatgel" bezeichnet. Wahrscheinlich handelt es sich um ein dem Serpentin verwandtes Mineral. Auffällig bei der Analyse ist der hohe Wassergehalt, auf den die niedrige Lichtbrechung und die geringe Härte zurückzuführen ist.

Über die Entstehungsursache läßt sich mangels jeglicher Anhaltspunkte nichts Sicheres aussagen. Bestimmt aber handelt es sich um ein ursprüngliches Gel, wofür das mikroskopische Bild und auch der hohe Wassergehalt sprechen. Eine sekundäre Bildung aus Olivin (ähnlich wie der Magnesit) kann angenommen werden. Bei dem Zerfall des Olivins entsteht sowohl Magnesit als SiO_2-Gel, die unter bestimmten Bedingungen in Reaktion miteinander treten und somit die Bildung des vorliegenden Magnesiumsilikatgeles verursachen konnten.

Das Vorkommen dieses Minerals zeigt ohne weiteres viel Ähnlichkeit mit dem Auftreten des Magnesits und Opals. Alle diese Substanzen kommen — abgesehen von einer untergeordneten Erstausscheidung (in unserem Falle Phillipsit) — ohne Begleiter in den Drusen vor und bei allen ist die ursprüngliche Gelnatur nachzuweisen. Die gleiche Entstehungsart dieser drei ursprünglichen Gele ist daher wahrscheinlich.

h) Brauneisen bzw. Limonit.

Eisenhydroxydgel ist im Limburgit sehr verbreitet. Es tritt sowohl als färbendes Pigment der Grundmasse als auch in den Drusen in verschiedenen Bildungen auf. Die Entstehung aus dem eisenreichen Olivin (der Hyalosiderit enthält 30 % FeO) kann sowohl durch Serpentinisierung als auch durch Aufspaltung des Olivins erfolgen. (Siehe die dortige Formel.) Das in der Grundmasse enthaltene Eisenhydroxydgel wurde durch die in den Klüften und Spaltrissen zirkulierenden Wässer gelöst und in den Drusen wieder abgeschieden. Der Absatz von Brauneisen erfolgte vor der Abscheidung der anderen Mineralien. Von den Drusenmineralien nimmt es besonders gern Kalkspat auf (Siderokonit). Bei Gemengen mit anderen Mineralien stört das opake Brauneisen die Erkennung dieser. Als selbständiges Mineral bildet es den braunen Glaskopf, der in einigen Drusen (besonders in der oberen Partie von λ_2) in seinen typischen Formen zu beobachten ist. Der Glaskopf tritt — abgesehen von einer dünnen Auskleidungshaut — allein auf oder auf

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

ihm sind Phillipsitkristalle oder Kalkspatindividuen aufgewachsen. Manchmal ist von dem kugeligen Gebilde nur die äußere Schale vorhanden, das Innere wird vom Kalkspat erfüllt. Die Farbe schwankt zwischen braun und schwarz, die Gelnatur des Minerals ist noch erhalten.

i) Andere, in der Literatur erwähnte Limburgitmineralien.

In dem folgenden Abschnitt soll kurz auf andere, in der älteren und neueren Literatur beschriebene Limburgitmineralien eingegangen werden. In bezug auf die Zeolithe scheinen einige Unklarheiten zu herrschen. So finden sich in den älteren und neueren Werken solche Mineralien vom Limberge erwähnt, die dort sicher nicht auftreten und es erscheint daher nicht überflüssig, an dieser Stelle einige Berichtigungen anzubringen.

Daß das zu Beginn des vorigen Jahrhunderts beschriebene Vorkommen von Apophyllit auf einem Irrtum beruht, ist schon bald erkannt worden. Und ebenso ist das von Fresenius (12) beschriebene Auftreten von Chabasit in den Limburgitdrusen nicht zutreffend. Bei Rosenbusch (50) wird Analcim von der Limburg erwähnt, ein Mineral, das dort bisher noch nicht gefunden wurde und sicher ebenfalls an dieser Stelle nicht vorkommt.

Knop hat in seinem Werke über den Kaiserstuhl verschiedene Mineralvorkommen des Limberges zitiert, wie Sideroklept, Nontronit, Protonontronit und Glasurit. Alle diese Mineralien treten im Strom λ_3 (in Steinbruch I) auf, der zur Zeit Knop's durch Steinbrucharbeiten neu in Angriff genommen wurde. Aus der näheren Beschreibung geht hervor, daß diese Mineralien z. T. keine neuen Mineralspezies sind, wie z. B. der Nontronit, der nichts anderes ist als Opal gemischt mit anderen Zersetzungsstoffen der Mineralien, aus denen er entstanden ist. Der Protonontronit geht nach Knop aus dem Nontronit unter gewissen Bedingungen hervor. Er schreibt: Ich halte es nicht für unwahrscheinlich, daß Olivin das primitive, Protonontronit das sekundäre, Nontronit, vielleicht auch Hyalosiderit das tertiäre Mineral sei . ." Mit Glasurit bezeichnet Knop das Material, das die Wände der Blasenräume überzieht. Den Sideroklept charakterisiert Knop folgendermaßen: Warzenförmig in den Hohlräumen des Gesteines, geringer Fettglanz, mit dem Fingernagel ritzbar, von der Luft wird er schwarz. Ohne Zweifel handelt es sich bei allen diesen Substanzen (vielleicht mit Ausnahme des „Glasurits") um

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

sekundäre Produkte, die ihrerseits den Witterungseinflüssen gegenüber nicht widerstandsfähig sind. In dem heutigen, zerfallenen Zustande des Stromes λ_3 in Steinbruch I konnte ich keine Vorkommen entdecken, die diesen Beschreibungen entsprechen. Und es muß auch sehr fraglich bleiben, inwieweit diese Vorkommen einen besonderen Namen verdienen, ganz abgesehen davon, daß sie sicher nicht als primäre Produkte der hydrothermalen Phase anzusprechen sind.

2. Genetische Beziehungen der hydrothermalen Mineralien.

Auf die Paragenesen der Gesteinsgemengteile ist bei der Besprechung der Gesteinskristallisation schon eingegangen worden. Es besteht ein Hiatus sowohl zwischen der Entstehung als auch der Art der Gesteins- und der Drusenmineralien. Während die Gesteinsgemengteile aus dem Schmelzfluß entstanden sind, verdanken die Drusenmineralien ihre Entstehung der Auskristallisation aus wäßrigen Lösungen. Es fanden drei Zufuhren statt, die im großen und ganzen in sämtlichen Hohlräumen zu beobachten sind. Zuerst eine Zufuhr von Kieselsäure, die als Gel die Auskleidung des Drusenraumes in einer dünnen Haut bildete. Als zweite Bildung fand die Ausscheidung von Phillipsit statt, der eine Zufuhr von kohlensaurem Kalk folgte. Diese Paragenese Kieselsäurehydrogel—Phillipsit—Kalkspat ist die vorherrschende im Limburgit, lokal erfährt sie Änderungen durch das Auftreten von Faujasit oder anderer Mineralien. Eine Druse aus λ_2 zeigt als Erstausscheidung einen nicht näher bestimmbaren Zeolith (wahrscheinlich entstanden durch hydrothermale Zersetzung der Drusenwand), der von Hyalit überkrustet wird, das Innere der Druse wird von Kalkspat erfüllt. Der Hyalit ist an manchen Stellen von dem feinfaserigen Zeolith abgerissen und wird von diesem ganz oder nur teilweise durch Kalkspat getrennt. In der Faujasitzone, d. h. in den engbegrenzten Gesteinsregionen, in denen Faujasit auftritt, ist dieser Zeolith älter als der Phillipsit. Phillipsit ist aber sein ständiger Begleiter, dagegen ist Kalkspat nur z. T. vorhanden. Für die Faujasitdrusen gilt mithin die Altersfolge: SiO_2-Gel—Faujasit—Phillipsit—(Calcit).

Manchmal fehlt Kieselsäuregel als Auskleidungshaut, ebenso kann Phillipsit nicht zur Ausbildung gelangt sein (reine Calcitdrusen) oder aber die Druse ist einzig und allein mit Phillipsit erfüllt (Phillipsitdrusen).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

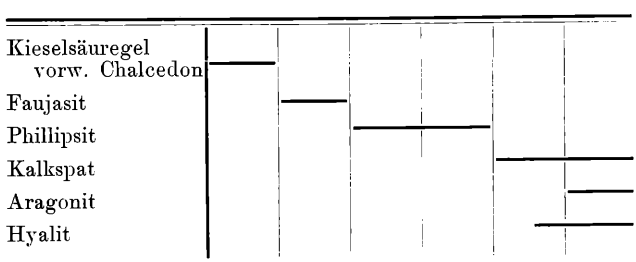
In den seltenen Fällen, in denen andere Mineralien in den Drusen auftreten (z. B. Magnesiumsilikatgel, Magnesit, Opal) erfüllen sie den Hohlraum ohne Begleiter. Für ihre Eingliederung in unsere Altersfolge fehlen jegliche Anhaltspunkte.

Nicht so klar liegen die Verhältnisse in den Absonderungsklüften, die z. T. andere Mineralien führen. Mineralien, die vorwiegend in den Drusen auftreten, sind an der Limburg die Zeolithe, während ausgesprochene Kluftmineralien Aragonit und die glasklaren Tropfen von Hyalit sind. Sowohl in den Drusen als auch in den Klüften kommt dichter und kristallisierter Kalkspat vor.

In den Absonderungsklüften tritt Hyalit sowohl in schichtenweisem Wechsel mit Kalkspat auf (Abb. 8 a), als auch als Überzug auf Aragonitnadeln, die auf einer Kalkspatunterlage aufgewachsen sind. Manchmal sitzen auf diesen mit Hyalit überzogenen Aragonitnadeln wieder Kalkspatrhomboeder auf (Abb. 8 c). Der Absatz von Hyalit auf Aragonitnadeln beginnt am Ende der Aragonitkristalle, im Anfangsstadium trägt der Aragonit gewissermaßen einen Kopf von Hyalit. Die Aragonitseele dieses Körpers wurde durch den Absatz von Kieselsäure angeätzt. Man findet bei diesen Kalkspat—Aragonit—Hyalitgesellschaften die merkwürdigsten Erscheinungen. Die Kalkspatrhomboeder sind von den Aragonitnadeln manchmal direkt aufgespießt, die Aragonitnadel durchdringt den ganzen Calcitkristall. Die Aragonitspitze kann dann wieder von Hyalit überzogen sein. Oder aber der auf der Aragonitnadel aufsitzende Kalkspatkristall trägt seinerseits wieder einen Hyalittropfen.

Knop beschreibt auch Fundstücke, bei denen sich Kalkspat und Hyalit in mehr oder minder dicken Lagen abwechseln, während sich oberflächlich Hyalit in Tropfen abgeschieden hat. Auf diesen haben sich dann wieder Kalkspatrhomboeder aufgesetzt (Abb. 8 b).

Folgende Tabelle zeigt die genetischen Beziehungen der wichtigeren Drusenmineralien im Limburgit.



© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3. Bildung der Mineralien in der Hydrothermalphase.

Der einzige, der die Bildung der Zeolithe im Limburgit zu erklären versuchte, war Nies (39). Nies trennt zwischen der Zeolithbildung und den Drusenmineralien, die durch Infiltration in die Hohlräume entstanden seien. Er schreibt: „Die Zeolithe ziehen ihre Bestandteile aus dem Gesteine selbst und setzen ihre Kristalle da an, wo freier Raum eben durch diese Ausziehung der Bestandteile aus dem Gesteine entstanden ist.“ Die Tatsache, daß der Phillipsit ein typisches und ungemein verbreitetes Drusenmineral ist, widerspricht dieser Theorie, die übrigens Nies dazu führt, aus dem Auftreten des Faujasits in begrenzten Regionen Rückschlüsse auf Materialverschiedenheiten des Gesteines zu ziehen.

Die Literaturangaben über die Hydrothermalphase bzw. die Zeolithbildung können auf das Gebiet des Limberges nur zum Teil Verwendung finden. Sowohl Niggli (40) als auch Koenigsberger (31) vertreten die Anschauung, daß das Wasser als Gas mit geringer Dichte in den Hohlräumen eingeschlossen wurde. Aber erst bei sinkender Temperatur als flüssige Phase greift es die Wandungen der Hohlräume an und führt zur Zeolithbildung. Mitwirken können wäßrige, heiße Lösungen. Von der Einwirkung des Wassers werden besonders die basischen Eruptivgesteine betroffen. Die Veränderungen des Gesteins durch das einwirkende Agens zeigen sich schon rein äußerlich an als eine auffallende Zone, die parallel den Klüften oder konzentrisch den Drusen liegt. Dieses typische Beweismittel für die hydrothermalen Veränderungen des Gesteins fehlt aber gänzlich im Limburgit. Auf die Veränderungen des Gesteins von einem bestimmten Zentrum aus sind ohne Zweifel einige zersetzte Gesteinspartien zurückzuführen. Es ist in diesem Kapitel schon auf solche Gesteinsteile hingewiesen worden, die Calcit- und Zeolithbildung sowie Kieselsäuregelausscheidung aufweisen, die von einem Hohlraum ausgehen und sich mit der Entfernung von diesem im Gesteine verlieren. Es ist auch schon bemerkt worden, daß eine Zeolitherfüllung dieses Hohlraumes auf sekundärer Infiltration beruht und nur durch diese Erklärung die vertauschte Altersbeziehung zwischen Karbonat und Phillipsit zu verstehen ist.

Bei den Drusen, die durch das Freiwerden von Gasen und Dämpfen entstanden sind, haben sicher auch Einwirkungen der einzelnen Gase bzw. Lösungen auf die Drusenwand stattgefunden, aber diese Einwirkungen hielten sich in bescheidenen Grenzen, sie konnten

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

weder das Nebengestein auffällig verändern, geschweige denn sind diese Wechselbeziehungen Ursachen für den Mineralreichtum der Drusen. In manchen Fällen werden die Auskleidungen der Drusenwand durch sie bewirkt sein und sicher sind die Brauneisenausscheidungen innerhalb der Drusen durch die Auslaugung des Gesteins hervorgerufen. Auf dem Wege in die Drusen konnten die Lösungswässer auch kleine Gesteinstrümmer mitreißen, die in der Druse das Kristallisationszentrum für die verschiedenen Ausscheidungen bildeten.

Aber als Hauptursache für die Entstehung der Drusen- und Kluftmineralien muß die Zufuhr wäßriger SiO_2-Lösungen (bzw. alkalireicher Kieselsäurelösungen) und eine spätere Karbonatzufuhr angenommen werden. Ob der Gehalt der Lösungen auf gleichmäßiger Auslaugung des Gesteines, wahrscheinlich unter Mitwirkung von Säuren beruht, oder ob es sich um reine Restlösungen handelt, ändert nichts an der Annahme der nachträglichen Lösungszufuhr in die vorgebildeten Hohlräume.

Der Weg in die Hohlräume war den aufsteigenden Lösungen durch die Klüfte und Spaltrisse gebahnt. Ausscheidungen der Mineralien auf diesem Weg und Stauungen an der Einmündung in die Drusen beweisen den Charakter der Klüfte und Kapillarspalten als Zufuhrkanäle. Die Lösungszufuhren entsprechen den paragenetischen Beziehungen der Drusenmineralien und brauchen hier nicht besonders besprochen zu werden. Nach der Verstopfung der Verbindungsspalten der Klüfte mit den Drusen schieden sich die Mineralien auf den Klüften aus [1]). Da die Karbonatzufuhr die letzte Phase der Mineralbildung darstellt, sind die Klüfte vorwiegend mit kohlensauerem Kalk erfüllt. (Der ungemein reiche Kalkgehalt der Absonderungsklüfte stammt z. T. aus deszendenten Lösungen, worauf bei der Mineralbesprechung eingegangen worden ist.) Da im Gegensatz dazu die Phillipsitbildung in den Anfang der hydrothermalen Periode fällt, findet sich Phillipsit nur selten auf den Absonderungsklüften.

Wie bei der Mineralbesprechung zutage trat, ist die hydro-

---

[1]) Ausbauchungen der Kluft, d. h. Drusen, die im direkten Zusammenhang mit den Absonderungsklüften stehen, sind im gebrochenen Material nicht immer als solche zu erkennen. Das erklärt die häufig wiederkehrende Beschreibung von Aragonit und Hyalit als Drusenmineralien, deren Auftreten aus gleichen Gründen, wie sie für den Kalkspat gelten, sich auf die Absonderungsklüfte beschränkt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

thermale Mineralbildung in allen drei Strömen in gleicher Art und Ausbildung anzutreffen. Unterschiede sind allein in der verhältnismäßigen Menge der Mineralien vorhanden. Man wäre versucht, von einer einzigen Zeolithisierungsphase des Limberges zu sprechen, wie SOELLNER [1]) sogar eine solche für den ganzen Kaiserstuhl annimmt. Die Übereinstimmung der hydrothermalen Mineralien hängt aber ohne weiteres zusammen mit der Gleichheit der Limburgitmagmen, aus denen die drei Ströme entstanden sind und ihrer Restlösungen. Es wäre jedenfalls ein auffallendes Ergebnis, wenn den drei petrographisch identischen Strömen verschiedene Drusenmineralien zukommen würden, wenngleich diese Tatsache uns eindeutig die drei verschiedenen Zeolithisierungsphasen beweisen würde. Aber abgesehen hiervon zeigt ja schon die überaus reiche Drusenbildung, daß das Magma reich war an leichtflüchtigen Bestandteilen, die nicht allein die Drusenbildung angeregt, sondern auch zur Zeolithbildung durch Lösung von Magmenresten geführt haben. Diese im Gefolge der liquidmagmatischen Phase auftretende Hydrothermalperiode war auch zweifellos vor dem Erguß des nächsten Stromes beendet. Der große Zeitraum, der zwischen dem Erguß des ersten und zweiten Stromes durch die Nephelinbasaltkuppe angedeutet wird, während er nach der Bildung von λ_2 die Ablagerung des Tertiärs begünstigte, läßt ohne weiteres diesen Schluß zu.

VI. Drusenführender Tuff.

Der Tuff t_2 auf λ_2 in Steinbruch VII wurde mit in die Arbeit einbezogen, da durch neue Aufräumungsarbeiten Mineraldrusen in ihm freigelegt wurden, die bisher von hier unbekannt waren. Es handelt sich um die Tufflage, die im östlichen Teil des genannten Bruches anstehend ist, und die ihrerseits wieder von Tertiär und darauffolgendem Löß überlagert wird.

[1]) SOELLNER (59, 60) schreibt: „... Die Nachgeburtsphase (um einen Ausdruck NIGGLI's zu gebrauchen) des Kaiserstuhlvulkans ist außer durch die Bildung der Kalkgänge ausgezeichnet durch die hydrothermale Bildung von Zeolithen, die teils als Drusenmineralien in zahlreichen Eruptivgesteinen auftreten, teils als Zement ursprünglich lockere Gesteine zu festen Breccien verkitten, oder in kompakten Eruptivgesteinen, wie z. B. dem Phonolith von Oberschaffhausen usw. hochgradige Veränderungen des chemischen Bestandes derselben verursacht haben. Dieser Periode gehören auch die Bildungen von Opal an, der namentlich als Glasopal (Hyalith) verbreitet ist. — Die zeolithreiche Thermalphase bildet die Schlußperiode der vulkanischen Tätigkeit des Kaiserstuhls. Ihr folgt jetzt in der Hauptsache die Periode der Abtragung."

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der Tuff [1]) ist von grauer Farbe, eine undeutliche Schichtung kann beobachtet werden. Das Material ist in frischem Zustande ziemlich hart, Handstücke lassen sich gut schlagen. Durch Auslaugung des kalkigen Bindemittels (oder bei Behandlung mit Salzsäure) wird der Tuff bröckelig und zerfällt schließlich in seine einzelnen Bestandteile. Das Material besteht aus verkitteten Aschen, Lapilli, Bomben, sowie aus den Limburgitmineralien, die intratellurisch gebildet waren. Unter diesen sind schon makroskopisch zahlreiche Augitindividuen zu erkennen.

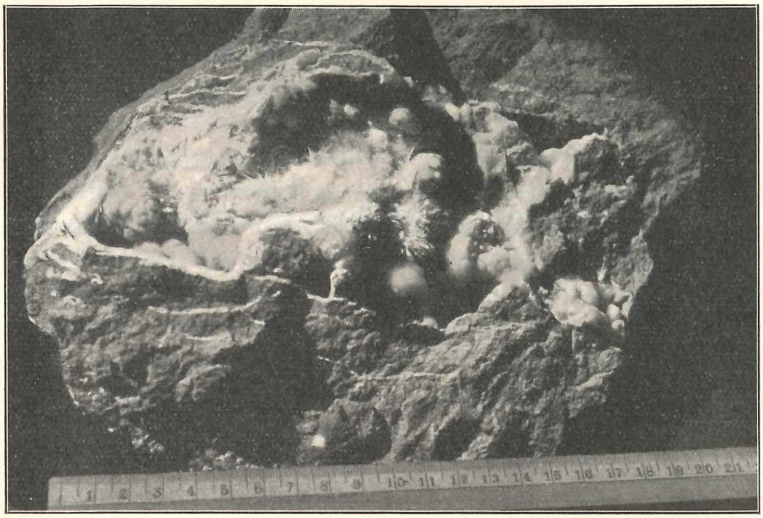


Abb. 9. Druse mit Calcit und Aragonit im Tuffe t_2.
Deutlich sind nierenförmige Kalkspataggregate mit aufgewachsenen Aragonitnadeln zu erkennen. Parallel dem Drusenrande einige Kalkspatadern.

Die Drusen sind im Tuffe sehr verbreitet. Ihre Größe schwankt zwischen mikroskopisch kleinen Hohlräumen und solchen, die bis zu 20 cm in ihrer Längserstreckung messen und somit die Drusen im Limburgit in ihren Ausmaßen weit übertreffen. Unter den kleinen Hohlräumen konnten reine Phillipsitdrusen beobachtet werden, während die größeren vorwiegend Kalkspat und Aragonitkristalle neben untergeordneten Ausscheidungen von Hyalit aufweisen. Adern mit Kalkspaterfüllung sind zahlreich vorhanden (Abb. 9).

[1]) Im Gegensatz zu diesem grauen eigentlichen Tuff wurde das Material, das z. T. aus eckigen und kantigen durch Kalkspat verkitteten Limburgitstücken besteht, „brecciöser Limburgit“ genannt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Von dem Limburgittuff t_1 in Steinbruch II war die Pflanzenführung schon früher bekannt. Auch in t_2 finden sich Anzeichen von Pflanzenresten, die durch Kalkspat ersetzt wurden [1]). Besonders schön ist ein kleines Aststück in einer Tuffprobe aus der Sammlung des hiesigen Instituts zu erkennen. Es erweckt den Eindruck, als wäre eine dunkelbraune Rinde des Überbleibsels noch erhalten, während das Holz bzw. Mark durch körnigen Kalkspat ersetzt wurde. Schon auf den ersten Anblick erkennt man, daß es sich hier um einen Pflanzenrest handelt.

Der Tuff und besonders kalkreiche Partien im Tuffe werden lokal durchzogen von rostbraunen Adern. Diese zeigen eine faserige Struktur und sind Reste von Wurzel- oder Pflanzenfasern. Unter dem Mikroskop lassen sie sich nicht bestimmen. Behandelt man einzelne Körner dieses Materials mit verdünnter Salzsäure, so brausen sie lebhaft auf, zurück bleibt ein gelbroter, flockiger Niederschlag, so daß es sich um kohlensauren Kalk handelt, der durch Eisenhydroxydgel gefärbt ist. Auch andere, gelb bis gelblichbraun gefärbte Adern, die in gleicher Weise den Tuff durchziehen und sich mikroskopisch nicht bestimmen lassen, bestehen in der Hauptsache aus kohlensaurem Kalk. Welche Substanz dem Calcit hier beigemischt ist, läßt sich nicht feststellen. Sie bleibt beim Lösen von Körnerpräparaten in verdünnter Salzsäure als feiner Rückstand ungelöst.

Unter dem Mikroskop sind im Tuffe erkenntlich Einzelkristalle der Limburgitmineralien und glasreiche Limburgitfetzen. Als Bindemittel dient kohlensaurer Kalk und untergeordnet Zeolithe. Von den Mineralien treten vor allem Augit und Olivin auf, die in seltenen Fällen von einem Glassaum der mitgerissenen Schmelze umgeben sind. Außerdem Erz in einzelnen Körnern. Feiner Aschenstaub, der sich unter dem Mikroskop nicht auflösen läßt, macht einen Hauptbestandteil des Tuffes aus. Daneben finden sich Glasfetzen und ebenso zeigen auch die Lapilli und Bomben des Tuffes eine durchgehende Glasbasis. Die Zersetzung der Bestandteile ist vorgeschritten. Am wenigsten davon betroffen sind die Augite, die nur randlich Angriffszonen zeigen. Dagegen ist der Olivin (der sich auch im kompakten Limburgit als nicht widerstandsfähig erwies) weitgehend zersetzt und umgewandelt.

---

[1]) Leider fand sich kein Tuffstück mit einem gut erhaltenen Pflanzenrest. Nach den Versicherungen der Arbeiter waren aber diesen z. T. armdicke, verzweigte Gebilde (wahrscheinlich größere Äste mit Zweigen) in diesem Tuffe aufgefallen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die scharfe Grenze zwischen Gestein und Druse, wie sie im Limburgit zu finden war, ist im Tuffe nicht so ausgeprägt, da der Druseninhalt des Tuffes vorwiegend aus Kalkspat besteht, der seinerseits wieder das Bindemittel des Tuffes bildet. Trotzdem kann man auch hier nicht von einem allmählichen Übergang zur Druse (etwa über kalkreichen Tuff) sprechen. Der Tuff läßt nirgends zum Drusenrande hin Veränderungen seiner mineralischen Bestandteile erkennen.

Für die Entstehung der Hohlräume im Tuffe müssen andere Gründe als für die Drusenbildung im Limburgitgestein angenommen werden, während die Drusenmineralien aus denselben hydrothermalen Lösungen stammen wie die Mineralien der Limburgitblasen. Sowohl in den Limburgit- als auch in den Tuffdrusen finden sich dieselben Mineralien: Phillipsit, Kalkspat, Aragonit und Hyalit.

Die Drusen selbst sind beim Eindringen der Minerallösungen und gleichzeitig mit der Verfestigung des lockeren Tuffmaterials entstanden. Es greifen also drei Vorgänge ineinander: 1. Verfestigung des lockeren Tuffmaterials, 2. Bildung der Drusen und 3. Erfüllung der Drusen mit den verschiedenen Mineralien. Daß diese drei Phasen sich zusammen abspielen mußten, ist leicht einzusehen. Eine Drusenbildung und -erfüllung im lockeren Auswurfsmaterial kommt selbstverständlich nicht in Frage. Die Drusenbildung kann also nur zu einer Zeit stattgefunden haben, die mit der Verfestigung des Tuffes zusammen- oder in ein jüngeres Bildungsstadium fällt. Da die Verfestigung des Tuffes Voraussetzung für die Drusenbildung ist, und da die Drusenmineralien zweifellos der hydrothermalen Phase des liegenden zweiten Stromes angehören, muß auch die Verfestigung des Tuffes in der gleichen Periode erfolgt sein.

Was den Grund der Ausweitungen der Hohlräume im Tuffe anbelangt, so ist darüber nichts Bestimmtes auszusagen. Vielleicht sind die Hohlräume ehemalige Gasblasen, die der Zersetzung (unter Einfluß der hydrothermalen Lösungen) der im Tuffe lagernden Pflanzenteile ihren Ursprung verdanken. Auslaugungen können bei der Hohlraumbildung mitgewirkt haben.

Wie schon angedeutet und andererseits bei den Fundortsangaben in der Mineralbesprechung gesagt wurde, finden sich im Tuffe alle wichtigen Mineralien der Limburgitdrusen.

Der Phillipsit tritt nur untergeordnet auf. Sein Vorkommen beschränkt sich auf kleinste, aber wohlausgebildete Kristalle, die auf der Drusenwand aufgewachsen sind. Die Phillipsite sind in den

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Drusen mit gemischtem Mineralgehalt z. T. ganz oder nur teilweise in Calcit pseudomorphosiert.

An dem Kalkspat lassen sich auch hier die dem Markasit oder Schwerspat eigentümlichen, rosettenförmigen Aggregate beobachten. Daneben treten kugelschalige Aggregate und kleine Kristalle auf. Auslaugungserscheinungen sind häufig. Im Mikroskop zeigt der Calcit eine körnige Struktur, Verunreinigungen mit feinem Aschenstaub sind überall zu beobachten.

In größeren Drusen fanden sich schöne Aragonitbildungen. Die Aragonitnadeln sind z. T. mit Hyalit überzogen, andererseits haben sie kleine Calcitrhomboeder aufgespießt oder sind überkrustet von kleinen Kalkspatkristallen. Dichte Verwachsungen der sonst freistrahlenden Aragonitnadeln konnten hier beobachtet werden.

VII. Zusammenfassung.

Die Gesteinskristallisation und die hydrothermalen Kristallbildungen der drei Limburgitströme λ_1, λ_2 und λ_3 des Limberges wurden einer Untersuchung unterzogen. Alle drei Ströme zeigen eine weitgehende Übereinstimmung in den drei Phasen ihrer Entstehung: der liquidmagmatischen, pneumatolytischen und hydrothermalen Periode.

In der liquidmagmatischen Phase fand die Ausbildung der Gesteine statt, die durch ihre übereinstimmende mineralische Zusammensetzung auf ein einheitliches Stammagma und gleiche Bedingungen bei Ausbruch und Erkaltung schließen lassen. Wie an dem Gesteinsaufbau des zweiten Stromes nachgewiesen werden konnte, ist das Gestein in seinen kompakten Zonen nichts anderes als ein Nephelinbasanit; der nur in seinen raschen Erkaltungszonen durch Verdrängung der Mineralien der Grundmasse durch eine Glasbasis in den Typus Limburgit übergeht.

Die pneumatolytische Phase beschränkte sich im wesentlichen auf die Ausbildung der Blasenräume, die besonders in den raschen Erkaltungsregionen (also im glasigen Limburgit) angereichert wurden.

In der Hydrothermalperiode, die im unmittelbarem Zusammenhang mit dem Erguß und der Erstarrung des Gesteines angenommen werden muß, fand die Erfüllung der Blasenräume mit den verschiedenen Mineralien aus Restlösungen statt. Diese Mineralien, die in allen drei Strömen in gleicher Art und Ausbildung vorgefunden wurden, sind in ihrer Altersfolge: Kieselsäurehydrogel (Hyalit bis Chalcedon),

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Faujasit, Phillipsit, Kalkspat, Hyalit, Aragonit. Der Magnesit läßt sich in dieser Altersfolge nicht unterbringen, er verdankt seine Entstehung wahrscheinlich dem Zerfall des Olivins, der vielleicht schon direkt nach dem Erguß des Magmas stattfand. — Neben diesem Mineralabsatz aus Restlösungen sind auch Anzeichen von diffuser hydrothermaler Gesteinszersetzung unter Neubildung von Zeolithen, Calcit und Kieselsäuregel vorhanden.

Neue Steinbrucharbeiten legten einzelne Blöcke eines Tephrit-Augititvorkommens und Karbonatdrusen im Tuffe t_2 frei. Für den Augitit konnten gleiche Regeln der Ausbildung wie für den Limburgit aufgestellt werden.

Die Tuffdrusen wurden gebildet und erfüllt in der Hydrothermalphase des Stromes λ_2. Der Aschenregen, der im Gefolge der Eruption von λ_2 auftrat, wurde in der thermalen Nachphase verkittet und die gleichzeitig gebildeten Hohlräume mit Phillipsit und Karbonat erfüllt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

VIII. Schrifttumsangaben.

1. Bauer, E., Über hydrothermale Silikate. Zeitschr. f. anorg. Chemie, Bd. 72, 1911, S. 119.
2. Boeke, H. E. u. Eitel, W Grundlagen der physikal.-chem. Petrographie, 2. Aufl., Berlin 1923.
3. Chudoba, K., Genetische Trachtstudien am Augit des Limburgit vom Limberg bei Sasbach a. K. Zbl. f. Min. 1928 A, S. 253.
4. Cissarz, A., Der Gesteinsinhalt der Schlotbreccie im Gewann Nonnensohl usw. Ber. d. Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B., Bd. XXXI, 1/2.
5. Cornu, F., Verbreitung der Hydrogele in der Natur. Tsch. Min. und Petr. Mitt. 28, 1909, S. 196.
6. —, Der Phonolithlakkolith des Marienberg-Steinberges bei Aussig a. d. Elbe. Ebenda 30, 1911, S. 1.
7. Deecke, W Geologie von Baden I und II. Berlin 1916.
8. Dittler, E. und Hibsch, J. E., Über basaltische Zersetzungsprodukte und die Bildung von Quarzit. Tsch. Min. und Petr. Mitt. 39. 1928, S. 45.
9. Erdmannsdörfer, O. H., Grundlagen der Petrographie. Stuttgart 1924.
10. Fischer, H., Über das Vorkommen von Prehnit, Datolith und Rutil bei Freiburg i. B. und über die Bedingungen zur Zeolithbildung. N. J. 1862, S. 432.
11. —, Mineralien aus dem Kaiserstuhl und Schwarzwald. N. J. 1865, S. 435.
12. Fresenius, W., Über den Phillipsit und seine Beziehungen zum Harmotom und Desmin. Zeitschr. f. Krist. III, 1879, S. 58.
13. Graeff, F., Petrographische und geologische Notizen aus dem Kaiserstuhl. Ber. d. geolog. Oberrhein. Vereins 1900, S. 51.
14. —, Zur Geologie des Kaiserstuhlgebirges. Mitt. d. bad. geolog. Landesanstalt 1893, Bd. II, S. 403.
15. Gruss, K., Beiträge zur Kenntnis der Gesteine des Kaiserstuhlgebirges. Mitt. d. bad. geolog. Landesanstalt IV, 1900, S. 132.
16. Gurlt, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. Braunschweig 1880.
17. Hibsch, J. E., Über dichte Zeolithe. Tsch. Min. Petr. Mitt. 34, 1917, S. 262.
18. —, Einige bemerkenswerte Drusenmineralien im Nephelinphonolith von Nestomitz bei Aussig a. d. E. Ebenda S. 266.
19. —, Der Marienberg bei Aussig und seine Minerale. Ebenda 33, 1915, S. 340.
20. —, Geolog. Karte des böhm. Mittelgebirges, Blatt VIII. Ebenda 34, 1917, S. 73.
21. —, Geolog. Karte des böhm. Mittelgebirges, Blatt IX. Ebenda 32, 1914, S. 1.
22. —, Über die camptonitische Facies basischer Gesteine als Spaltungsvorgang bas. Schmelzflüsse. Ebenda 38, 1925, S. 362.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

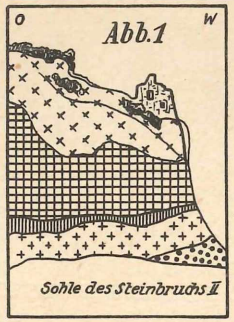
23. Hibsch, J. E. u. Scheit, A., Die Drusenminerale des Leuzitbasanits vom Eulenberge bei Leitmeritz. Ebenda 30, 1911, S. 459.
24. Knop, A., Der Kaiserstuhl im Breisgau. Leipzig 1892.
25. —, Die Kristallform des Faujasits. Annal. d. Chemie Pharmazie 109, 1859, S. 375.
26. —, Über das Vorkommen freier SiO_2 in den Basaltgesteinen der Limburg. Ber. 18. Vers. d. Oberrhein. Geol. Vereins 1885, S. 15.
27. —, Über die Augite des Kaiserstuhlgebirges i. B. Zeitschr. f. Krist. 10, 1885, S. 58.
28. —, Über die Zusammensetzung der Olivinfelsknollen im Basalte d. Lützelberges b. Sasbach a. K. N. J. 1877, S. 697.
29. —, Pseudomorphosen von Kalkspat nach Aragonit. N. J. 1880, II, S. 304.
30. —, Über Pseudomorphosen von Cimolit nach Augit im Basalt von Sasbach a. K. N. J. 1877, S. 699.
31. Koenigsberger, J., Paragenesis der natürlichen Kieselsäuremineralien. In Doelters Handbuch der Mineralchemie Bd. II, 1 (1912).
32. Leonhard, G., Die Mineralien Badens nach ihrem Vorkommen. Stuttgart, III. Aufl., 1896.
33. Lindgren, W., Mineral Deposits. Third Edition, 1928.
34. Mauritz, B., Die Zeolithmineralien der Basalte des Plattenseegebietes in Ungarn. N. J. B. B. 64 A, 1931, S. 477.
35. Meigen, W., Der „Hydromagnesit" von Sasbach a. K. Ber. d. Vers. d. geolog. Oberrhein. Vereins 1910, S. 79.
36. Merian, A., Studien an gesteinsbildenden Pyroxenen. N. J. B. B. III, 1885, S. 283.
37. Michel, H., Ein neues Zeolithvorkommen im böhm. Mittelgebirge. Tsch. Min. und Petr. Mitt. 30, 1911, S. 482.
38. Möhl, H., Mikroskopische Untersuchungen einiger Basalte Badens. N. J. 1873, S. 824.
39. Nies, F., Geognostische Skizze des Kaiserstuhlgebirges. Inaug.-Dissertation, Heidelberg 1862.
40. Niggli, P., Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Preisschrift der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft, Leipzig 1920.
41. — u. Morey, G. W Die hydrothermale Silikatbildung. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 83, 1913, S. 369.
42. Obenauer, K., Über die Aragonite aus Drusenräumen rhein. Basalte. N. J. B. B. 64 A, 1931, S. 437.
43. Osann, A., Die Mineralien Badens. Stuttgart 1927.
44. Pfannenstiel, M., Die Geologie des Kaiserstuhls; in „Der Kaiserstuhl", herausgegeben vom Bad. Landesverein f. Naturk. und Naturschutz in Freiburg i. B. Freiburg 1933.
45. Redlich, Naturforsch. Vers. Wien 1913, S. 591.
46. Rinne, F., Über Faujasit und Heulandit. N. J. 1887, II, S. 17.
47. —, Beitrag zur Kenntnis des Skolezits. N. J. 1894, II, S. 51.
48. —, Über Limburgite aus der Umgebung des Habichtwaldes. N. J. 1890, II, S. 245.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

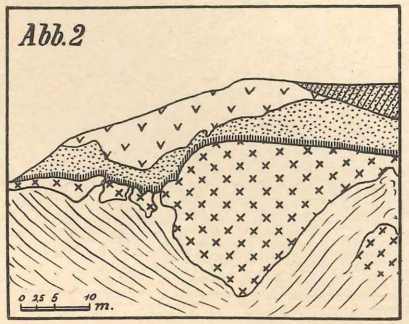
49. Rosenbusch, H., Petrographische Studien an den Gesteinen des Kaiserstuhls. Die Limburg und ihre Gesteine. N. J. 1872, S. 35.
50. Rosenbusch, H., Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart 1923, S. 492.
51. —, Hyalosideritgestein von der Limburg bei Sasbach. N. J. 1871, S. 914.
52. Rosenbusch-Wülfing, Mikroskop. Physiographie der mass. Gesteine. Bd. II, 2, 1908, S. 1465.
53. —, Mikroskop. Physiographie I, 2, 1927, S. 206.
54. Schlaepfer, W. u. Niggli, P., Neue Beiträge zur hydrotherm. Silikatbildung. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 97, 1914, S. 52.
55. Schneiderhöhn, H., Über die Umbildung von Tonerdesilikaten unter dem Einfluß von Salzlösungen bei Temp. bis 200°. N. J. B. B. 40, 1916, S. 163.
56. Schrauf, A., Mineralog. Beobachtungen. II. Sitzungsber. der Wiener Akademie; Mathem.-naturw. Klasse 65, 1872, S. 250.
57. Seemann, F., Geolog. Karte des böhm. Mittelgebirges, Blatt XIII. Tsch. Min. u. Petr. Mitt. 33, 1915, S. 103.
58. Soellner, J., Über den geolog. Aufbau des Limberges bei Sasbach a. K. und über das Auftreten tertiärer Sedimente daselbst. Mitt. d. bad. geolog. Landesanstalt 1914, Bd. VII, 1, S. 311.
59. —, Zur Petrographie und Geologie des Kaiserstuhls. N. J. B. B. 55, Abt. A, S. 309/310.
60. —, Über essexitisch-theralith.-monzon. Tiefengesteine aus dem Kaiserstuhl und ihre Bedeutung für den geolog. Aufbau desselben, zugleich ein Überblick über die gesamten Entwicklungsphasen des ehem. Kaiserstuhlvulkans. Mitt. d. bad. geolog. Landesanstalt 1928, X, 1, S. 49/50.
61. Stark, M., Geolog.-petrogr. Aufnahme der Euganeen. Tsch. Min. Petr. Mitt. Bd. XXVII, S. 399.
62. —, Beiträge zur geolog.-petr. Aufnahme der Euganeen und zur Lakkolithenfrage. Ebenda 31, 1912, S. 1.
63. —, Olivine in Massengesteinen. Zbl. f. Min. 1924, S. 33.
64. Stecher, G., Chemische Untersuchungen über die Gesteine des Limberges bei Sasbach a. K. Inaug.-Diss. Freiburg 1914. Vgl. auch die Zusammenfassung von Meigen und G. Stecher in den Mitt. d. bad. geolog. Landesanstalt Bd. VIII, S. 163.
65. Steinmann, G. und Graeff, F., Geologischer Führer durch die Umgebung von Freiburg. Freiburg 1890.
66. Vogt, J., Phys.-chem. Gesetze der Kristallisationsfolge in Eruptivgesteinen. Tsch. Min. u. Petr. Mitt. 27, 1908, S. 105.
67. Wiegel, H., Die Verwitterungserscheinungen des basalt. Olivin usw. Zbl. f. Min. 1907, S. 372.
68. Witteborg, W., Zur Kristallisationsmorphologie von Faujasit und Linneit. Zeitschr. f. Krist. 1932, Bd. 83, S. 374.

Lippert & Co. G.m.b.H., Naumburg (Saale)

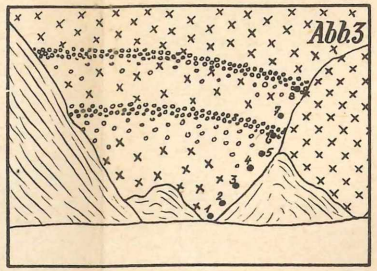
© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at



Teilansicht d. Steinbruchs II. (nach Soellner)

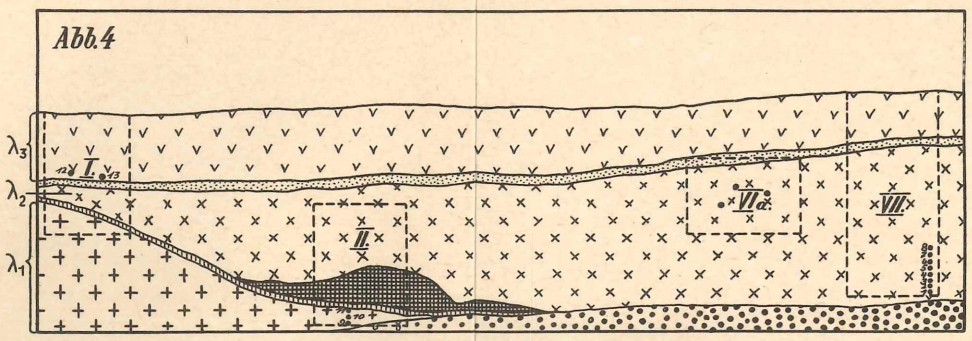


Steinbruch VII auf der Südostseite d. Limberges.



Unterer Teil des Steinbruchs VII

Die nummerierten Punkte bezeichnen die Stellen, denen die einzelnen Proben entnommen wurden.



Schematische Skizze der vulkanischen Bildungen des Limberges, die durch die Steinbrüche I, II, VIa und VII aufgeschlossen sind; s. die punktierten Linien. (nicht maßstäblich!) Die nummerierten Punkte geben die Stellen an, denen die betr. Proben entnommen wurden.

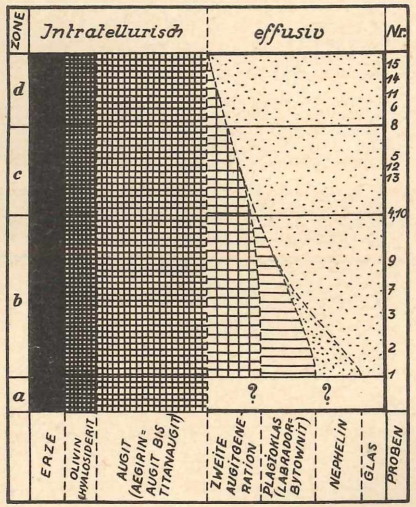
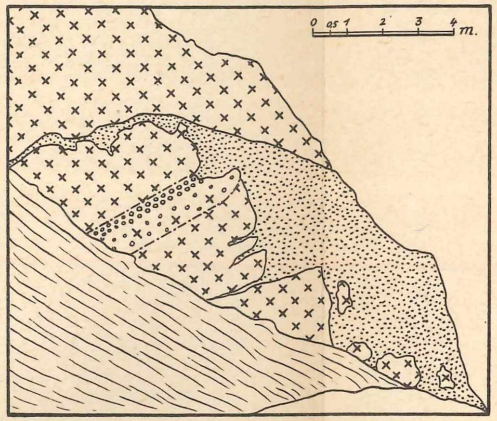
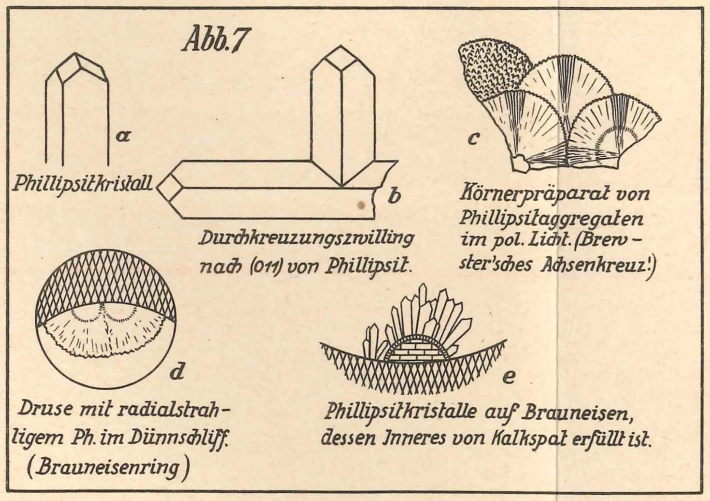


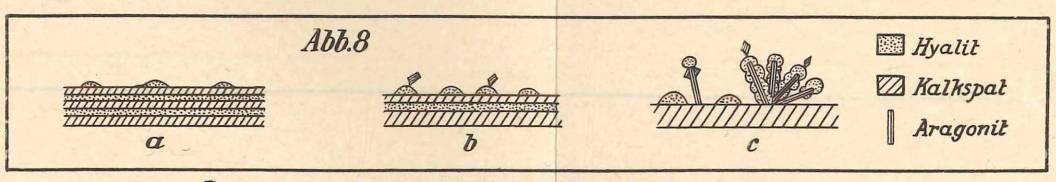
Diagramm der Veränderungen der mineralischen Zusammensetzung des Limburgits in den vier Hauptzonen. (Ströme λ_1 und λ_2)



Skizze der neuen Fundstelle von Faujasit am Südosthange des Steinbruchs VIa. Stand vom Mai 1932. Die ---- Linie gibt die Grenze der Faujasitzone an.



Erläuterung zu den Abb. 1, 2, 3, 4 und 6.



Paragenesen von Hyalit-Kalkspat-Aragonit

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Lorent Guido

Artikel/Article: Der Limburgit von Sasbach am Kaiserstuhl und seine hydrothermale Mineralführung. 217-264