

II.

Die silikatischen Einschlüsse im Basalte des Bühls bei Kassel

Von

Luise Velde

Mit Tafel XII—XV.

Frankfurt a. M.
1920.

Die silikatischen Einschlüsse im Basalte des Bühls bei Kassel.

Von

Luise Veldo aus Frankfurt a. M.

Literatur:

1. F. Becke: Fortschritte auf dem Gebiete der Metamorphose. (Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie, 1. Band. Jena 1911.)
2. H. Fromm: Petrographische Untersuchungen von Basalten aus der Gegend von Kassel. (Zeitschrift deutsch. geol. Gesellschaft 1891.)
3. V. M. Goldschmidt: Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. (Kristiania 1911.)
4. F. Hornstein: Über einen Fund von makroskopischem gediegenem Eisen in einem Basalt aus der Gegend von Kassel. (Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, 2. Sitzung vom 26. September 1905.)
5. W. Irmer: Der Basalt des Bühls und seine Einschlüsse von Magnetit, Magnetkies und gediegenem Eisen. (Dissertation 1920.)
6. H. Möhl: Der Bühl bei Weimar. (9. Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde, Offenbach a. M. 1868.)
7. A. Lacroix: Les enclaves des Roches volcaniques. (Mâcon 1893.)
8. F. Rinne: Über norddeutsche Basalte nsw., II. Abhandlung (Jahrbuch d. Kgl. preuß. geologischen Landesanstalt, Berlin 1894 für 1897.)
9. Derselbe: Über norddeutsche Basalte, II. vorläufiger Bericht. (Sitzungsbericht d. Kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1894.)
10. K. Schloßmacher: Die Eruptivgesteine des Habichtswaldes bei Kassel und seiner Vorberge. (Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, B. B. 31, 1911.)
11. A. Schwantke: Die Basalte des westlichen Nordgrönlands und das Eisen von Uifak. (Sitzungsbericht der Kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1906.)
12. Nils Sundius: Zur Kenntnis des Zusammenhangs zwischen den optischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution der Skapolithe. (Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala, Vol. XV, Upsala 1916.)
13. F. Zirkel: Über Urausscheidungen in rhein. Basalten. (Abhdlg. d. Kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, math.-phys. Klasse, 28. Bd., 1904.)

W. Irmer berichtete im ersten Teil des vorliegenden Heftes der Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft über Eisen-, Magnetit- und Magnetkieseinschlüsse des Bühls-Basaltes. Während Irmers Arbeiten stellte sich aber immer mehr heraus, daß auch eine eingehende Untersuchung der silikatischen Einschlüsse notwendig war. Zum Teil tragen diese, was ihre Ausbildung und den Mineralbestand anbelangt, noch den Charakter des ursprünglichen Gesteines, aus dem sie stammen. Dahin gehören vor allem zahlreiche Sandstein- und Tonschiefer-Einschlüsse, von denen vorzügliches Material in der der Gesellschaft gehörigen Hornsteinschen Sammlung vorhanden ist. Zum

weitaus größeren Teil aber sind sie starken thermometamorphen Veränderungen unterworfen gewesen. Dabei kam es zu zahlreichen charakteristischen Mineralneubildungen: z. B. von Sillimanit, Korund, Spinell, Magnesium-Diopsid, Skapolith, Cordierit, Plagioklas.

Zweck der vorliegenden Arbeit war die Klarstellung der vorkommenden Typen, wobei insbesondere die mineralogisch-petrographischen Untersuchungen im Rahmen der Aufgabe lagen.

I. Quarz-Sillimanit-Einschlüsse.

A. Reiner Quarz.

a) Makroskopische Beschreibung

Schon makroskopisch lassen sich verschiedene Typen der Quarzeinschlüsse unterscheiden:

1. Quarzlinzen in unverändertem Basalt. An einem Handstück wurde z. B. ein Durchmesser von etwa 3 cm bei einer maximalen Höhe von 1 cm gemessen. Der betreffende Einschluß erscheint in einzelne Körner zersprungen und glasklar. Die Randflächen liegen mit scharfem Saume am Basalt an, doch erkennt man an den gerundeten Umrißformen, daß der Quarz angeschmolzen ist.

2. Plattenförmige Quarzeinschlüsse im unveränderten Basalt. Ein diesbezügliches Handstück zeigte etwa 1½ cm Breite. Im übrigen gleicht der Quarz dem obigen. Längs der Grenzflächen bricht der Einschluß leicht heraus. Dabei bleibt am Einschluß wie am Basalt eine dunkelbraune, mattglänzende Glasmasse haften, welche offenbar durch die thermische Wechselreaktion zwischen Quarz und Basalt bei der Anschmelzung entstand. Dieses Glas bildet überdies auch im Innern des Einschlusses den Kitt zwischen den einzelnen Körnern, so daß der Einschluß wie durchtränkt mit Glas erscheint.

3. Unregelmäßige Quarzpartien von weißlichem Aussehen. Bei diesen beobachtet man in der Regel nicht so deutliche Einschmelzungserscheinungen, wie bei den vorstehenden Typen.

Von etwas anderem Habitus sind die folgenden Einschlußarten:

4. Große einheitliche Quarzkristalle mit parallelen Sprüngen, auf denen Basaltmagma eingedrungen ist, das dort glasig erstarrte. Zuweilen umschließen sogar die Quarze Tropfen glasigen Basaltes. Sie haben ein weißliches, oft milchig trübes Aussehen und sind stark korrodiert. An den Rändern und auf Sprüngen ist rotbraunes Glas abgeschieden.

5a) Unregelmäßig begrenzte Partien von Quarzsand im unveränderten Basalt. Die Körnchen sind bis 1 mm groß und liegen in einer rötlichen, stark eischüssigen Grundmasse, so daß ohne weiteres an die Entstehung aus Sandstein gedacht werden kann.

5b) Aggregate von zusammengebackenen Quarzkörnchen. Die Einschlüsse haben ein splittriges Aussehen und sind stark zersprungen. Basaltmagma ist allenthalben eingedrungen; im übrigen gleicht dieser Typus dem vorhergehenden.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Das mikroskopische Bild der ersten drei Typen ist im wesentlichen das gleiche.

Wie dies auch Irmer beschreibt, hat der Basalt den normalen Charakter: er enthält Plagioklas, basaltischen Augit, wenig Olivin, Magnetit, Titaneisen, sekundären Kalkspat als Ausfüllung von Hohlräumen, viel Glasbasis, vereinzelt Apatit als Einschluß.

Der Plagioklas mit einer maximalen Auslöschungsschiefe von 30° bis 32° in der symmetrischen Zone wurde als Labrador erkannt. Er kommt in zwei Generationen als Einsprengling und in der Grundmasse vor. Die größeren Leisten sind oft zerbrochen, ihre Anordnung mitunter auch treppenförmig. Zwillingbildungen nach dem Albit- und Karlsbadergesetz sind häufig, nach dem Periklingesetz seltener. Die Lamellen sind teils schmal, teils breit, oft besteht sogar ein Individuum nur aus zwei Lamellen. Isomorphe Schichtung ist besonders an frischen Exemplaren gut zu erkennen. An Einschlüssen enthalten sie: lange Apatitnadeln mit gerader Auslöschung, Titaneisen, das parallel den Spaltrissen eingelagert und auch am Rande parallel mit dem Plagioklas verwachsen ist, ferner Körnchen von Eisenerz, die ebenfalls in Schnüren längs den Spaltrissen liegen. Auch Glas- und Flüssigkeitseinschlüsse, teils randlich, teils zentral angehängt, fehlen nicht.

Der Augit bildet kleine Nadeln und kurze Prismen, mit deutlichen Spaltrissen. Seine maximale Auslöschungsschiefe $c: \gamma$ auf (010) von im Mittel 55° kennzeichnet ihn als gewöhnlichen Augit. Zuweilen zeigt er Zwillinge nach (100).

Der Olivin kommt als größerer Einsprengling sehr selten und auch in der Grundmasse nur vereinzelt in korrodiert erscheinenden Körnern vor.

Der Magnetit bildet scharf mrrissene Oktaëder und kleine Körner, ist aber im allgemeinen viel spärlicher als

das Titaneisen, das lange Nadeln und unregelmäßige Fetzen von nelkenbrauner Farbe bildet.

Kalkspat von radialstrahliger Struktur, der an einigen Stellen angereichert ist, ist offenbar ein Verwitterungsprodukt, wahrscheinlich des Plagioklases.

Die zwischen den Gemengteilen des Basaltes liegende Glasbasis, grauviolett bis gyangrün, seltener rotbraun, ist erfüllt von staubfeinen schwarzen Interpositionen.

Nach den oben makroskopisch beschriebenen Quarzeinschlüssen hin ist der Basalt nicht merkbar verändert, höchstens ist braunes Glas etwas angereichert.

Ein dunkler schmaler Glassaum bildet die Grenze der aus reinem Quarz bestehenden Einschlüsse gegen den Basalt. Der Quarz erscheint stets deutlich korrodiert und zum Teil in der Glasmasse eingeschmolzen. In dem Glas sind vereinzelte Reste von Basaltmagma zu erkennen. Die Quarzmasse selbst ist offenbar unter der thermischen Einwirkung des Basaltes in viele Körner zersprungen. Bei der oben erwähnten homogenen Quarzlinse sind dieselben meist einheitlich orientiert, bei den zwei anderen Typen greifen sie verzahnt ineinander und löschen ganz verschieden aus, wie das bei einem sedimentären Quarzgestein die Regel ist. Ein gelbbraunes Glas verkittet die teils großen, teils dazwischen liegenden kleinen Quarzkörner und erfüllt die Risse und Sprünge. Es ist zum Teil schon stark entglast und zeigt manchmal konzentrisch-schalige Struktur. Die einzelnen Quarzkörner sind alle einachsige, optisch positiv, nur ganz selten waren Spuren von Zweiachsigkeit zu beobachten, die wohl durch innere Spannungen hervorgerufen waren. Im allgemeinen sind die Quarze reich an Einschlüssen: kleine Glasfetzen, schwarze Mikrolithen, ferner Flüssigkeitseinschlüsse, die teils in parallel geordneten Schnüren, teils in breiten parallelen Bändern den Kristall durchsetzen; sie enthalten häufig auch kleine Gasblasen, die die bekannte Brownsche Bewegung ausführen. Oft haben diese auch die Gestalt negativer Kristalle, vorzüglicher Dihexaëder, so daß man an ihnen die Orientierung des ganzen Kristallkornes erkennen kann. Es liegen also sehr wahrscheinlich Porphy- oder Granitquarze vor.

Der Einschluß stammt hier jedenfalls aus sedimentärem Material, vermutlich aus dem vom Basaltmagma durchbrochenen Buntsandstein. Darauf deutet auch die innige Verzahnung der Körner. Die Sprünge sind auf thermische und Druckwirkungen zurückzuführen, da man auch einzelne typische Druckzwillinge beobachtet hat.

Hierzu gehört auch noch folgendes Vorkommen, das sich schon makroskopisch von den andern dadurch unterscheidet, daß das Basaltmagma tief in den Quarzeinschluß eingedrungen ist und dort glasig erstarrte. Viele Blasen und Hohlräume sind mit sekundären Mineralien ausgefüllt.

Auch der Dünnschliff zeigt das glasartige Gepräge des Basaltes. Schon in ziemlicher Entfernung vom Einschluß hat der Basalt ein sehr unfrisches Aussehen. Die Plagioklas-Leisten versinken fast in einem gelben, meist aber schwarzen, von Mikrolithen erfüllten Glase. Dagegen beobachtet man lange schmale Nadeln von Magnesium-Diopsiden mit zerschlossenen, spießigen Endigungen und der typischen Querabsonderung. Ilmenit scheint besonders reichlich vorhanden.

Der Einschluß selbst besteht aus stark korrodierten, gerundeten Quarzkörnern in dunklem Basaltglas. Sie enthalten neben den meist auftretenden Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen kleine Fetzen von Glas, ferner lange Apatitnadeln und Zirkon in einigen größeren Kristallen. Auf Sprüngen und Rissen ist gelbes oder graues Glas abgeschieden. Die Körner löschen zum Teil undulös aus. Sie gleichen im übrigen genau den oben beschriebenen Typen.

Die Erstarrung des in den Quarzeinschluß eingedrungenen Magmas muß hier sehr rasch erfolgt sein. Dafür spricht die glasreiche und poröse Struktur; erst später wurden dann die Hohlräume mit Calcit oder mit grünlichgelbem Glas von radialstrahliger oder konzentrisch-schaliger Struktur ausgefüllt (Tafel XII, Abb. 1).

Einen anderen Charakter tragen die folgenden Quarzeinschlüsse:

Der angrenzende Basalt ist durchaus normal, höchstens ist schwarzes Glas angereichert und nimmt nach dem Einschluß hin bedeutend an Menge zu, die größeren Plagioklasleisten ordnen sich dem Einschluß parallel. Dieser selbst besteht aus einem einheitlichen Quarzkristall, der in viele Körner zersprungen ist und anscheinend vollständig zertrümmert wurde, so daß nur noch korrodierte Kerne von Quarz₂ in glasreichem Basalt liegen. Die Quarze sind hier im Gegensatz zu den oben beschriebenen Typen ganz trübe, da sie erfüllt sind von Dampfporen und Flüssigkeitseinschlüssen von birnen- und schlauchförmiger Gestalt, die teils in Reihen angeordnet, teils ganz unregelmäßig verteilt sind. Ein grünlicher bis gelber Hauch, den man im durchfallenden Licht beobachtet, rührt her von der Reflexion und Beugung an den unzähligen Einlagerungen. Eine scheinbare Teilbarkeit (vermutlich nach R) ist auf thermische Ausdehnung zurückzuführen, die auch die starke Zerklüftung und die mitunter auftretende Zweiachsigkeit erklärt. Dazwischen liegen andere Quarzkörnchen, vollkommen klar und farblos, die wie nachträgliche Ausfüllungen erscheinen und ihre Bildung offenbar anderen Umständen verdanken. Darauf deutet auch die vollständig andere Orientierung gegenüber dem sie umgebenden Quarzkristall.

Der Basalt ist tief in den Einschluß eingedrungen, in weitverzweigten verästelten Formen. Mitunter beobachtet man wie Öltropfen im Einschluß liegende Basaltreste. Der Basalt verliert nach dem Innern des Einschlusses zu immer mehr seinen normalen Habitus und wird glasreicher. Bald ist dieses Glas ganz schwarz und läßt außer sehr spärlichen idiomorph ausgebildeten Augiten nur noch äußerst feine spießige Plagioklase erkennen, meist Skelette und zierliche Wachstumsformen: kasten- und gabelförmige Gebilde, gitterartige, fächerförmige und gefiederte Exemplare, oft mit feinen Ein-

schlüssen von schwarzen Mikrolithen. Bald ist ein Pyroxen der einzige kristallisierte Bestandteil, und man beobachtet schmale Bänder eines äußerst feinkörnigen Aggregates aus rundlichen, verzahnt ineinandergreifenden Körnern mit deutlichen Spaltrissen und zentral angehäuften Einschlüssen, die sich im Basalt verlieren. Ein grünliches Glas, voll von in Reihen angeordneten Magnetitkörnern, bildet die Zwischenklemmasse, doch zeigt dieses schon Spuren der Entglasung. Zuweilen nehmen diese glasig erstarrten und angitreichen Basaltpartien größere Dimensionen an. Die Pyroxenkörner enthalten dort neben Einschlüssen von Erz und orientiert eingewachsenem Ilmenit Tropfen von gelblich-grünem, schalig kristallisierendem Glas.

Wo der Basalt nicht in den Einschluß eingedrungen ist, hat sich eine Grenzzone, entwickelt aus kleinen, senkrecht zum Einschluß orientierten Augitkristallen, die in ein dunkelgrünes bis braunes Glas gebettet sind, das noch eine Menge von Magnetit in Oktaëdern und unregelmäßigen Körnern, vereinzelt auch Titaneisen und Plagioklas-Skelette enthält. Als Hohlräumausfüllung kommt gelegentlich sekundärer Calcit vor (Tafel XII, Abb. 2—4).

Es handelt sich hier um einen stark metamorph veränderten Einschluß. Ein quarzreiches Gestein wurde vom glutflüssigen Magma durchtränkt. Die Quarze widerstanden aber der vollständigen Einschmelzung; sie wurden nur trübe infolge der starken thermischen Einwirkung und peripherisch angeschmolzen. Der angrenzende Basalt erstarrte dabei glasig.

In einigen weiteren reinen Quarzeinschlüssen scheint es sich um ziemlich unveränderte Sandsteine zu handeln. Der angrenzende Basalt ist etwas verändert. Zum Teil sind in ihm an den Kontaktzonen die Plagioklasen angereichert und bilden fast ohne Zwischenklemmasse größere zusammenhängende Bereiche. Sie zeigen Spuren beginnender Zersetzung. An anderen Stellen ist der Augit in Körnern und Prismen reichlicher und bildet ein äußerst feinkörniges Aggregat in einem grünlich-gelben Glas, das nach dem Einschluß hin bedeutend zunimmt und schließlich in eine körnige, hell- bis dunkelgrüne Masse übergeht, in der nur noch wenige Augitreste enthalten sind. Diese dunkle Glaszone setzt meist scharf gegen den Einschluß hin ab. Nur an einigen Stellen ist dieses Glas tiefer eingedrungen.

Im Einschluß selbst kann man verschiedene Partien unterscheiden. In einer graugrünen bis gelblichen Grundmasse liegen massenhafte Plagioklasleistchen von sehr unfrischem Aussehen. Schwarze Körnchen verdichten sich in dem Glas zu mehr oder weniger kompakten Haufen. Winzige Augitprismen beobachtet man hauptsächlich in gelben Glastropfen. Einzelne kleine Kristalle mit starker Licht- und Doppelbrechung scheinen Zirkon zu sein.

Daneben liegen in einer rostbraunen, isotropen Glasgrundmasse, die lange spießige Aggregate von Magnesium-Diopsid mit der typischen Querabsonderung und in Wachstumsformen enthält, große verrundete, ziemlich klare Quarzkörner, stark zersprungen und erfüllt von vielen reihenweise angeordneten Interpositionen. Da die Diopsidnadeln meist fächerförmig angeordnet sind, hat das Glas scheinbar eine faserige Struktur. Diese Zwischenklemmasse kann zuweilen auch zurücktreten; nur ein spärliches grünes Glas verkittet dann die großen trüben Quarzkörner. Daß diese Trübung wohl auf einer thermischen Einwirkung beruht, geht daraus hervor, daß einige Quarzkörner im Kern noch klar sind und nur eine ganz von Interpositionen durchsetzte äußere Zone haben (Tafel XII, Abb. 5).

Ein linsenförmiger Quarzsandeinschluß sei hier noch erwähnt. Längs der Basaltgrenze verläuft ein schwarzer Saum, wohl eine Anreicherung von magnetischer oder kohligter Substanz. Dafür erscheint der angrenzende Teil des Einschlusses in einer Breite von 1 bis 2 mm fast vollständig entfärbt.

Dieser besteht hauptsächlich aus einem dunklen Glase, in dem stark korrodierte kleine Quarzkörner liegen. Ihre undulöse Auslöschung spricht für starke Spannungen. Bräunliche Aggregate im Glas stammen von ausgeschiedenem Eisenhydroxyd. Kalkspat bildet reichliche Hohlräumeausfüllungen.

Alle diese Tatsachen bestätigen die Annahme, daß man es hier mit verhältnismäßig wenig veränderten Einschlüssen von eisenschüssigem Sandstein zu tun habe, der den Basalt unterlagert.

B. Quarz-Sillimanit.

a) Makroskopische Beschreibung.

1. Einschlüsse ohne andere Begleitminerale.

Es folgen nun in dieser Gruppe eine Reihe von Vorkommen, in denen der Quarz mit Sillimanit vergesellschaftet ist. Der vorherrschende Sillimanit mit seiner faserigen Struktur gibt den Einschlüssen das Gepräge. Er bildet abwechselnd mit eingedrungenem Basalt parallel lagernde Schichten. Dadurch gewinnt der Einschluß oft eine plattenförmige Gestalt. In diesem zeigt der Sillimanit niemals die typischen Einschmelzungserscheinungen, welche bei dem Quarz die Regel sind. Dagegen ist die vorzügliche Spaltbarkeit und die Querabsonderung des Sillimanit schon im Handstück deutlich zu erkennen.

Mit dem Sillimanit innig verwachsen sind kleine Quarzkörner, die mitunter auch größere klare, fettglänzende Partien bilden. Auch findet man gelegentlich eingedrungene Basaltschmitzen von rundlicher Form, um welche sich die Sillimanitfasern stromartig herumlegen. Das Mengenverhältnis von Quarz, Sillimanit und eingedrungenem Basalt kann noch innerhalb desselben Einschlusses sehr wechseln. Zuweilen beobachtet man auch kleine eirunde Nester von Magnetkies. Diese scheinen überhaupt in den meisten hier besprochenen Einschlüssen vorzukommen.

2. Einschlüsse mit Magnetkies.

Derartige Einschlüsse ähneln durchaus dem eben beschriebenen Typus. Nur ist der Magnetkies in reichlicheren Mengen vorhanden und bildet bald große kompakte, bald blättrige rötlichbraune Partien.

Daneben beobachtet man hellgraue, stark poröse Knollen, die fast ohne Ausbildung einer glasigen Grenzzone im Basalt liegen. Man erkennt klare bis weißliche, stark korrodierte Quarzkörner, parallel geordnete Sillimanitfasern, die meist innig mit glänzenden Graphitblättchen verwachsen sind. Die Grundmasse des Einschlusses scheint glasiger Basalt zu sein. Die zahlreichen Hohlräume sind sekundär mit Kalkspat angefüllt.

3. Einschlüsse mit Saphir.

Ein derartiger Einschluß scheint makroskopisch aus nebeneinander lagerndem Quarz und Sillimanit zu bestehen. Nur hat dieser durch Einlagerungen eine bläulichschwarze Farbe, deren Natur makroskopisch nicht bestimmt werden konnte.

Davon unterscheidet sich ein weiterer Einschluß, der ziemlich große (3×1 mm im Längsschnitt messende) stromartig angeordnete Sillimanitsäulchen im unveränderten Basalt erkennen läßt. Die glänzenden Spaltflächen nach (100) sind gut entwickelt; der Einschluß enthält mikroskopische Korundkristalle (s. u.).

b) Mikroskopische Beschreibung.

1. Einschlüsse ohne andere Begleitminerale.

Einen näheren Aufschluß über den Charakter dieser Einschlüsse gibt das mikroskopische Bild. Der angrenzende Basalt ist ziemlich glasreich. Das Glas enthält Kohlepartikelchen in reichlicher Menge, die sich mitunter knotenartig verdichten, auch viel Titaneisen, bald lappige Partien, bald krenzweise gelagerte dunkle Nadeln. Olivine sind, soweit sie überhaupt vorhanden, von einer dunkelgraugrünen Verwitterungsrinde umgeben.

Die Grenze gegen den Einschluß bildet meist ein schmaler schwarzer Glassaum, der reichlich Magnetit in reihenförmig angeordneten deutlichen Oktaedern enthält. Längs desselben beobachtet man bisweilen kleine basaltische Augitprismen, die senkrecht zum Einschluß angeordnet sind.

Der Einschluß besteht aus einem äußerst feinfaserigen Aggregat fluidal angeordneter Sillimanit-Nadelchen. Stromartig schmiegen sie sich um Quarzlinsen herum. Die Körner dieser Linsen sind klar, stark zersprungen, mit einem grauen glasigen Bindemittel zusammengekittet. Die Sillimanitpartien erscheinen im Dünnschliff trübe und verschleiërt. Sie scheinen von Graphit überzogen zu sein, der reichlich dem Sillimanit zwischengelagert ist und bei der Herstellung des Schliffes sich „verschmiert“. Daneben enthält der Sillimanit Einschlüsse von gelben oder grünen rundlichen Glasputzen.

Eine optische Prüfung des Sillimanits ergab bei positivem Charakter der Längszone wie der ersten Mittellinie einen Achsenwinkel von $2 E = 46^{\circ}$ (Methode von Mallard) im gewöhnlichen Licht.

Der eingedrungene Basalt ist glasig erstarrt. Nur Plagioklas-Skelette und Magnesium-Diopsid-Nadeln ließen sich beobachten, beide hauptsächlich in Wachstumsformen (Tafel XII, Abb. 6).

Auch eine quantitative chemische Analyse eines von kohliger Substanz fast freien Einschlusses zeigte, daß der Einschluß aus einem reinen Gemenge von Quarz und Sillimanit besteht. Der geringe Eisengehalt stammt aus dem zwischengelagerten und eingewachsenen Glas.

	Gew.-Prozente	Mol.-Prozente
SiO ₂	80,84	87,60
Al ₂ O ₃	19,05	12,18
Fe ₂ O ₃	0,54	0,22
Sa.	100,43	100,00

2. Einschlüsse mit Magnetkies.

Ähnlichen Charakter trägt das Vorkommen eines innigen Gemenges von glasteichen Basaltpartien, Quarzkörnern, Sillimanit-Nadeln und Magnetkies. Der Magnetkies bildet blättrige oder körnige Knollen und ist von Rissen durchzogen, auf denen sich braunes Glas abgeschieden hat. Er ist mit stark korrodierten, zersprungenen, fast einschlußfreien Quarzkörnern innig verwachsen.

Das Charakteristische an einem andern Einschluß dieser Zusammensetzung ist einmal ein ziemlich starker Pleochroismus der Sillimanitnadeln zwischen rosa und farblos, der vielleicht auf einem gewissen Mangangehalt beruht. Zwar sind Beispiele für pleochroitischen Sillimanit in der Literatur wenig

bekannt. Rosenbusch-Wülfing erwähnten ein Vorkommen aus Ceylon, das von Melczer (Zeitschr. f. Krist. 33, S. 253 ff.) näher untersucht wurde und einen Pleochroismus zwischen tiefblau mit violetterm Ton parallel γ , gelblich parallel α und grünlich parallel β aufwies. Aber über einen Zusammenhang dieses Pleochroismus mit der chemischen Zusammensetzung ist nichts ausgesagt. Ferner erwähnt Eitel (Zeitschr. f. anorg. Chemie 88, S. 173 ff.) einen gewissen Pleochroismus an künstlichen Sillimanit-Kristallen zwischen blau bis grünlich in Richtung γ und farblos in Richtung α und β , und vermutet dort als Ursache einen in der Analyse gefundenen Eisen- und Titangehalt.

Leider war das Material an dem untersuchten sillimanitführenden Handstück für eine eigene chemische Untersuchung zu gering.

Eine weitere auffallende Erscheinung ist ein Aggregat von Cordierit-Körnern, die in glasigem Basalt eingewachsen sind. Sie sind äußerst feinschichtig ausgebildet, mitunter beobachtet man deutliche Drillinge. Pleochroismus ist kaum zu beobachten. Der optische Charakter ist negativ, der Achsenwinkel meist gering, in den inneren Partien 2 E schätzungsweise 60° – 70° (Taf. XV, Abb. 20).

Magnetkies bildet große unregelmäßige Körner, die den Sillimanit durchlagern. Er ist meist von einem dunklen Glashof umgeben.

3. Einschlüsse mit Saphir.

Ein anderes Vorkommen zeichnet sich durch seinen Gehalt an kleinen Saphiren im Sillimanit aus. Man beobachtet im Dünnschliff nebeneinander, aber vollständig unabhängig, eine Quarzpartie vom gewöhnlichen Habitus und ein ganz von Saphiren durchsetztes Sillimanit-Aggregat. Der Sillimanit bildet ein dichtes verfilztes Gewirb feiner Nadelchen, mit vorzüglich sichtbarer Querabsonderung. Er ist wie immer stromartig angeordnet und enthält, schlierenartig verteilt, kleine Saphire. Sie sind bald tonnenförmig, bald zeigen sie sechsseitige oder rechteckige Umriss. Hohe Lichtbrechung, geringe Doppelbrechung, blaviolette Farbe, der optisch negative Charakter lassen auf Saphir schließen. Zuweilen verdichten sich die Körner zu fast kompakten Haufen (Tafel XIII, Abb. 7).

Kennzeichnend ist, daß der Sillimanit in diesem Fall keine Spur einer Durchwachsung mit Quarz zeigt.

Längs der Basaltgrenze haben sich die Kohle- und Erzpartikelchen angereichert.

Kohlige Substanz und vor allem Ilmenit sind auch in der glasigen basaltischen Grundmasse eines weiteren der hier betrachteten Einschlüsse angereichert. In dieser Grundmasse liegen unvermittelt die einzelnen Sillimanitnadeln meist ohne Ausbildung einer Grenzzone. Sie enthalten massenhaft Einschlüsse von Glas und runden schwarzen Körnern. Ihre Anordnung ist meist parallel, auch fächerförmig. Zuweilen sind sie stark verbogen. Die Prismenflächen sind gut ausgebildet, aber die Endigungen verlaufen gabel- oder spindelförmig in die Grundmasse hinein. Auch hier wurde ein schwacher Pleochroismus zwischen rosa und farblos beobachtet. Zwischen den einzelnen Sillimanit-exemplaren, sie zum Teil überlagernd, beobachtet man Konkretionen von dunkelblavioletten Körnern von hoher Lichtbrechung mit rechteckigen, tonnenförmigen, auch sechsseitigen Umrissen. Ein Vergleich mit den oben beschriebenen Saphireinlagerungen in Sillimanit ergibt, daß man es auch hier wohl mit reichlichen Saphirausscheidungen zu tun habe. Die kohlige Substanz ist hier besonders angereichert. Doch fehlt sie fast keinem der hier beschriebenen Sillimanit-Vorkommen ganz.

Als Ursprung aller dieser Sillimaniteinschlüsse hat man wohl einen quarzhaltigen Tonschiefer anzusehen, der vom glutfüssigen Magna emporgerissen und in der Hitze vollständig verändert wurde.

Wo der Sillimanit mit Glas verwachsen ist, wird es sich um einen quarzreichen Ton gehandelt haben. Die Bildung der Saphire dagegen beruht auf einem überschüssigen Tonerdegehalt der Tongesteine. Diese waren offenbar örtlich kiesel-säurearm, so daß die SiO_2 nicht zur Bildung von Sillimanit ausreichte. Der Magnetkies geht dann auf Pyritkonkretionen im Ton zurück.

II. Plagioklas-Einschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Äußerlich weisen die Handstücke dieser Art keine besonderen Eigentümlichkeiten auf. Man erkennt große glänzende Spaltflächen von Plagioklasen in einer spärlichen basaltoiden Glasbasis.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Die Einschlüsse bestehen aus fast reinem Plagioklas. Der angrenzende Basalt wird nach dem Einschluß hin glasreicher. Eine Grenzzone ist nicht entwickelt, vielmehr ragen die Plagioklase des Einschlusses unvermittelt in den Basalt hinein. Sie sind isometrisch-körnig ausgebildet und stoßen meist in zackigen Linien aneinander. Längs derselben ist spärlich ein körniges Glas, seltener Epidot abgeschieden. Dieser ist an seiner hohen Licht- und Doppelbrechung und seinen deutlichen Spaltrissen zu erkennen. Sehr charakteristisch ist für diese Plagioklase eine starke Durchwachsung mit dunklen Glasfetzen, die meist im Innern, seltener am Rande stärker ist. Der Plagioklas erscheint dadurch wie von einem feinen Netz überzogen. Daneben beobachtet man in Reihen und Bändern angeordnete Einschlüsse von Gas und Flüssigkeit in rundlichen und birnenförmigen Gebilden, letztere öfters mit Gasblasen, ferner von länglichen Apatitprismen, Erzkörnern und stark lichtbrechenden Körnern, wohl Zirkon.

Bei einem solchen Einschluß war an den meisten Plagioklas-Individuen keine Zwilling-Lamellierung zu beobachten. Nur einige zeigten deutliche Verzwillingung nach dem Albit-Gesetz und in der symmetrischen Zone maximale Auslöschungs-Schiefen gegen die Spur von (010) von 18° , seltener kamen auch größere Auslöschungs-Schiefen bis 35° vor. Die unzulöse Auslöschung erschwerte diese Bestimmungen. Eine nähere optische Untersuchung der Licht- und Doppelbrechungs-Erscheinungen ergab, daß man es in der Hauptsache mit einem Andesin zu tun habe, seltener ist der Charakter basischer, dem Labrador ähnlicher (Tafel XIII, Abb. 8).

Indessen wechselt die Basizität der Plagioklase in den verschiedenen Einschlüssen. In einem andern Handstück scheint z. B. ein dem Bytownit nahe stehender Labrador vorzuliegen. Die einzelnen Individuen zeigen hier eine äußerst feine Zwilling-Lamellierung, wobei die Lamellen sich oft keilförmig im Kristall verlieren. Sehr häufig tritt auch Verzwillingung nach dem Periklin-Gesetz auf. Sonst gleichen die Plagioklase in der Art ihrer Ausbildung, dem Charakter ihrer Einschlüsse usw. durchaus den oben beschriebenen Typen. An einigen Exemplaren wurden maximale Auslöschungs-Schiefen der beiden Lamellensysteme in der symmetrischen Zone von je 40° — 42° gemessen. Dies, verbunden mit einer recht bedeutenden Licht- und Doppelbrechung, entspricht am besten etwa einem Labrador-Bytownit (Tafel XIII, Abb. 9—10).

In diesem Handstück erscheint neben dem Plagioklas auch eine größere Augitpartie. Die einzelnen Individuen, zum Teil mit Zonarstruktur, bilden große unregelmäßige Körner mit deutlichen Spaltrissen. Auch Epidot scheint hier reichlicher vorzukommen.

Zur genaueren Orientierung diene eine quantitative chemische Analyse. Diese sowie alle folgenden Analysen wurden nach der „Anleitung zur Gesteins-Analyse“ von Prof. Dittrich in Heidelberg ausgeführt. Titan und Mangan wurden kolorimetrisch bestimmt, Titan nach der von Dittrich in der angeführten Anleitung S. 20 ff. angegebenen Weise, Mangan als Permanganat nach einer in Hillebrand: The Analysis of Silicate and Carbonate Rocks, S. 117 ff. beschriebenen Methode. Die Alkalien wurden nach der Methode von J. Lawrence Smith in gesonderter Probe bestimmt. Zum Vergleich sei eine Analyse eines Labradorgesteins vom südwestlichen Norwegen (siehe Rosenbuschs Elemente der Gesteinslehre, 3. Aufl. S. 163) gegeben.

	I. Analyse eines Labradorfelsens	II. Analyse eines Plagioklas - Einschlusses vom Bühl	
		Gew. - Proz.	Mol. - Proz.
SiO ₂	53,42	54,37	62,60
TiO ₂	—	0,72	0,62
Al ₂ O ₃	28,36	24,90	16,91
Fe ₂ O ₃	1,80	5,28	2,29
FeO	—	—	—
MnO	—	0,07	0,07
MgO	0,31	0,52	0,89
CaO	10,49	9,31	11,53
Na ₂ O	4,82	4,53	5,07
K ₂ O	0,84	—	—
Sa.	100,04	99,70	99,98

Die beiden Analysen entsprechen folgenden Normen, die mit dem Modus in der Hauptsache aufs Beste übereinstimmen:

I. 5,1 % Quarz		II. 7,4 % Quarz
0,4 % Korund		0,5 % Korund
49,3 % Anorthit	} Labrador	{ 46,8 % Anorthit
38,1 % Albit		
4,7 % Orthoklas		1,3 % Enstatit
0,8 % Enstatit		3,9 % Haematit
1,6 % Haematit		1,4 % Ilmenit
100,0 %		100,0 %
I. 5. 4. 5.		I. 5. 4. 5.

Die große Übereinstimmung der zwei Analysen beweist eine bemerkenswerte Ähnlichkeit im Charakter beider Gesteine. Der hohe Eisengehalt in dem untersuchten Plagioklas-Einschluß rührt von den Einlagerungen an Magnetit und Glas her. Dieses ist überall, wo man es in den Einschlüssen des Bühlbasaltes antrifft, sehr eisenreich. Bemerkenswert ist ein Überschuß an Kieselsäure in der auf Molekularprocente umgerechneten Analyse, welcher auf das Eintreten von Quarzsubstanz in dem Glase hinweist (daher die hohe Zahl für den normativen Quarz).

III. Bronzit-Einschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Nächst den Quarz-Sillimanit-Einschlüssen spielen im Bühlbasalt die Pyroxeneinschlüsse eine wichtige Rolle. Der Pyroxen tritt in zwei verschiedenen Formen auf, als rhombischer Bronzit und häufiger als monokliner diopsidischer Augit.

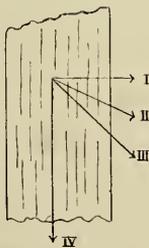
Das Vorkommen der ersten Art ist unter den bis jetzt in der Literatur bekannten basaltischen Einschlüssen ziemlich selten. Ein großer, etwa 3 cm langer einheitlicher Bronzitkristall von tief-schwarzer Farbe mit vorzüglichen glänzenden Spaltflächen und Spaltrissen liegt ohne die geringste Spur einer Einschmelzung im unveränderten Basalt. Einzelne graue, matte Stellen sind in Bastit umgewandelter Bronzit. An einem andern Exemplar liegt dicht neben dem Bronzit ein großes Quarzkorn, doch scheint es mit diesem in keinem genetischen Zusammenhang zu stehen. Ein drittes Handstück ist dadurch ausgezeichnet, daß der Bronzit in viele kleinere Körner zersprungen ist, und diese sind mit Basalt und großen Plagioklas-Kristallen mit glänzenden Spaltflächen durchwachsen.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Die beiden erst-beschriebenen Typen stimmen auch mikroskopisch vollständig überein.

Der umschließende Basalt ist normal. Höchstens enthält er etwas mehr Olivin als sonst beobachtet wurde und zwar sowohl als Einsprengling wie in der Grundmasse. Daneben ist Kalkspat ziemlich reichlich als Zwischenklemmasse und als Hohlräumeausfüllung zu beobachten.

An den Basalt grenzt der oben geschilderte Bronzitkristall ohne Ausbildung irgend einer Grenzzone. Er ist außerordentlich einschlußreich. Durch den ganzen Kristall ziehen sich außer scharfen Spaltrissen und unregelmäßigen Sprüngen breite Bänder von Gas-, Glas- und Erzeinschlüssen. Eine nähere Untersuchung der optischen Eigenschaften ergab optisch negativen Charakter des zweiachsigen Kristalls mit ziemlich großem Achsenwinkel und einer Dispersion $\delta > \nu$. Die Achsenebene ist parallel (100). Vorzügliche Spaltrisse verlaufen parallel (110), eine gewisse Teilbarkeit parallel (100). Man beobachtet deutlichen Pleochroismus: bläulichgrün in Richtung c, rötlichgelb in Richtung a und rötlichbraun in Richtung b. Um die chemische Zusammensetzung annähernd zu bestimmen, wurde die Lichtbrechung in verschiedenen Richtungen von prismatischen Spaltblättchen nach Einbettung in verschiedene Mischungen von Methylenjodid und α -Monobromnaphthalin untersucht. Nach der Methode von Schroeder van der Kolk ergaben sich folgende Werte, die mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,002$ gelten dürfen:



Richtung	Brech.-Ind.	Winkel
I	1,689	
II	1,696	\sphericalangle (I—II) = 26°
III	1,700	\sphericalangle (I—III) = 43°
IV	1,701	\sphericalangle (I—IV) = 90°

I entspricht einem Mittelwert zwischen α und β . IV entspricht dem Wert von $\gamma = 1,701$. Aus den Angaben von A. Lacroix und Michel-Lévy über den Hypersthen von Labrador ist zu entnehmen, daß der vorliegende Bronzit dem dort untersuchten Mineral nahe steht.

Zur genaueren Bestimmung diene die folgende quantitative chemische Analyse.

	Gew.-Proz.	Mol.-Proz.	Norm.	Der Bronzit enthält:
SiO ₂	52,17	51,10	54,7 % En.	70,8 % MgSiO ₃ 28,0 % FeSiO ₃ 1,2 % MnSiO ₃
TiO ₂	0,04	0,03	21,4 % FeSiO ₃	
Al ₂ O ₃	2,36	1,37	0,1 % MnSiO ₃	
Fe ₂ O ₃	7,54	2,79	0,2 % CaSiO ₃	100,0 %
FeO	14,95	12,31	7,1 % Qu.	mit 15,9 %
MnO	0,53	0,44	3,9 % Sill.	FeO + MnO
MgO	21,37	31,34	11,1 % Mgn.	(11,9 Mol. %)
CaO	0,59	0,62	1,5 % Ilm.	
Sa.	99,55	100,00	100,0	

Diesen Zahlen entsprechend liegt ein dem Hypersthen nahe stehender Bronzit vor.

Der hohe Fe₂O₃- und SiO₂-Gehalt rührt her von den zahlreichen sehr feinen mikroskopischen Einschlüssen von Magnetit und saurem Glas. Bemerkenswert ist der Gehalt an Manganoxydul.

Ein Teil des Bronzits ist in Schillerspat übergegangen. Man beobachtet ein faseriges, schuppiges Aggregat von geringer Doppelbrechung, die Lichtbrechung ist nur wenig höher als die des Kanadabalsams. Der optische Charakter ist negativ, der Achsenwinkel mäßig. Einschlüsse von einheitlich orientiertem monoklinem Augit sind parallel den Fasern eingelagert. Seltener beobachtet man Plagioklaseinschlüsse. Unzählige winzige Erzkörnchen stellen das bei der Umwandlung in Bastit freigewordene Eisenoxyd dar.

Die Umwandlung, die, auf einer Seite begonnen, bereits einen großen Teil des Kristalles verwandelt hat, ist auf breiten Spalten im Kristall vorgedrungen, so daß nun schon kleine Reste von Bronzit in Bastitsubstanz liegen (Tafel XIII, Abb. 11—12).

Zu diesen einfachen Bestandteilen kommt in einem andern Stück ein gewisser Quarz- und Plagioklasgehalt. Doch stehen beide mit dem Bronzit in keiner unmittelbaren räumlichen Beziehung. Der Quarz besteht aus einem einheitlichen Körneraggregat und ist mit einem dunklen Glassaum im Basalt eingeschmolzen. Er enthält massenhafte Einschlüsse von orientierten Rutilnadelchen. Ebenso liegen die Plagioklase als idiomorphe Kristalle unvermittelt im unveränderten Basalt. Ihre optischen Eigenschaften kennzeichnen sie als dem Labrador nahestehend.

Wesentlich davon verschieden ist ein anderer Einschuß, der neben Bronzit viel Plagioklas enthält. Der Bronzit bildet nicht wie in den andern zwei Einschlüssen große Kristalle, sondern ist in viele verschieden orientierte Körner zersprungen. Diese sind am Rand in ein feinkörniges Aggregat aufgelöst, und die kleinen, runden Körnchen durchsetzen das angrenzende Gestein. Im übrigen zeigt er die gleichen Eigenschaften wie der oben beschriebene Bronzit. In Haufen vereinigt

treten schwarze Erzkörnchen auf, die die beginnende Umwandlung in Bastit begleiten. Monokliner Augit ist in kleinen Kristallen eingewachsen und ist dann von einem gelben Glashof umgeben. Ein Individuum, das die beginnende Umwandlung in Bastit durch die Absonderung unzähliger Erzkörnchen zeigt, ist randlich in ein System feiner Lamellen aufgelöst, zwischen die kleine Plagioklas-Leisten mit Zwillingsstreifung eingelagert sind. Verglichen mit den zwei andern Stücken hat der Bronzit ein ziemlich unfrisches Aussehen. Die Plagioklase bilden in unregelmäßigen Partien gleichsam die Füllmasse zwischen den korrodierten Bronziten. Es kommt dadurch eine geradezu poikilitische Durchwachsung mit jenen Pyroxenkörnchen zustande, desgleichen mit Glas und Magnetit; der letztere ist meist längs der Spaltrisse orientiert. Von massenhaften winzigen Interpositionen sehen die Plagioklase wie bestäubt aus. Die Zwillingslamellen sind oft etwas verbogen, was auf eine starke Druckwirkung schließen läßt. Die Feldspäte bestehen meist aus einer mit Glas durchtränkten äußeren Zone; der innere Teil ist klar und öfters in viele kleine, ineinander greifende Körner zersprungen, die molulös auslöschten. Eine Untersuchung der optischen Eigenschaften ergab den sehr basischen Charakter der Plagioklase; es liegt etwa ein Labrador-Bytownit vor. Auf Spalten und Rissen ist Basaltmagma eingedrungen und erstarrte glasig. Es umschließt an einigen Stellen Nester von kleinen korrodierten farblosen Körnern von hoher Licht- und Doppelbrechung ohne merkbare Spaltbarkeit. Ein sehr großer Achsenwinkel (ungefähr 90°) erschwert die einwandfreie Bestimmung des optischen Charakters. Er scheint negativ zu sein bei einer ziemlich starken Dispersion $\epsilon > \nu$. Jedenfalls liegt hier ein stark eisenhaltiger Olivin vor. Diese Nester enthalten daneben noch sehr spärlich Plagioklasleisten und ein dunkelgrünes bis schwarzes Glas, voll von schwarzen Mikrolithen und langen Ilmenitnadeln (Tafel XIV, Abb. 13).

IV. Diopsidische Augit-Einschlüsse.

A. Körnige Einschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Die zweite Form, in der die Pyroxene in den Einschlüssen des Bühlbasaltes auftreten, sind die monoklinen diopsidischen Augite. Die Einschlüsse lassen sich schon makroskopisch einteilen in zwei Untergruppen. Die einen bilden Knollen von körnigem Augit ohne oder mit nur spärlichen Begleitmineralien. Die andern bilden schlierige Einschlüsse, in denen allerdings meist der Augit die Hauptrolle spielt. Daneben enthalten diese indessen Plagioklas, Hornblende, viel Glas und einige andere seltenere Mineralien als Begleiter.

Der Basalt, der den Einschluß von körnigem Augit umgibt, ist vollkommen unverändert. Er hat den Einschluß durchdrungen und bildet feine Adern und kleine Nester darin. Der Pyroxen ist tiefgrün, von vorzüglicher Spaltbarkeit und mit glänzenden Spaltflächen. Die Größe der einzelnen Körner wechselt in den Handstücken.

Wo der Augit von andern Begleitmineralien, hier von Plagioklas, begleitet ist, erkennt man schon makroskopisch die großen glänzenden Spaltflächen des Feldspats neben den etwas matteren des Pyroxens. Die feinkörnigen Varietäten des Pyroxens unterscheiden sich äußerlich durch das fast dichte Gepräge des Einschlusses. Dieser ist schwärzlich, schwach glasglänzend mit glattem Bruch.

b) Mikroskopische Beschreibung.

War makroskopisch von einer Grenzausbildung zwischen Einschluß und Basalt nichts zu beobachten, so zeigt das mikroskopische Bild folgende Erscheinung. Die Glasbasis des Basaltes nimmt nach dem Einschluß hin an Menge zu, die Plagioklasleisten ordnen sich der Grenzlinie parallel. Diese selbst besteht aus einem einige Millimeter breiten, überall gleich breiten Kranz von kleinen Augitkörnern. Im Einschluß beobachtet man große, zum Teil idiomorphe Prismen von diopsidischem Augit. Die Auslöschungs-Schiefe gegen die vertikalen Spaltrisse von (110) wurde im Maximum mit 40° bestimmt. An Einschlüssen enthalten sie rundliche und schlangenförmige Gasbläschen, Erzkörnchen und sehr viel dunkelgrünes isotropes Glas in unregelmäßigen Fetzen. An manchen Stellen kann man direkt von siebartiger Durchwachsung sprechen. Die großen Kristalle stoßen meist pflasterstrukturähnlich aneinander. Spärliche Zwischenklemmasse ist ein grünes bis schwarzes Glas, das aus dem Basalt stammt.

Da die tiefgrüne Farbe einen Chromgehalt vermuten ließ, wurde eine Probe qualitativ untersucht und auch quantitativ analysiert. Es ergaben sich keine Spuren von Chrom, wohl aber ein bemerkenswerter Na_2O -Gehalt. Die Werte waren die folgenden:

	Gew.-Proz.	Mol.-Proz.	Norm.	
SiO_2	52,70	50,91	12,5 % An.	} im Glase
TiO_2	—	—	9,7 % Ab.	
Fe_2O_3	0,75	0,27	1,1 % Mgn.	
FeO	5,43	4,40	38,9 % Ca Si O_3	} im Diopsid
MnO	0,21	0,17	28,4 % Mg Si O_3	
Al_2O_3	6,55	3,73	9,0 % Fe Si O_3	
CaO	21,79	22,64	0,4 % Mn Si O_3	
MgO	11,61	16,77		
Na_2O	1,18	1,11		
Sa.	100,22	100,00	100,0 %	

Auch in den andern Stücken dieser Art ist der umgebende Basalt sehr frisch. Er bildet die glasige Zwischenklemmasse zwischen den diopsidischen Augiten des Einschlusses. Aus einem äußerst feinkörnigen an den Basalt grenzenden Aggregat entwickeln sich immer größere idiomorphe Kristalle, was sich mit dem großen Kristallisationsvermögen des Augit erklären läßt. In den Randpartien vor allem beobachtet man auch mäßig pleochroitische Kerne (hellgelb bis hellgrün) mit deutlichen Spaltrissen, die von einem Kranz von basaltischem Augit nmwachsen sind. Dabei lassen die verrundeten korrodierten Umrisse des inneren Teiles auf eine starke Anschmelzung schließen. Zonarstrukturen, gelegentlich auch Sanduhrstrukturen, sind häufig. Sie enthalten Einschlüsse von Gas, Glas und Erz, die teils in Reihen angeordnet, teils aber auch längs den Zonengrenzen angeordnet sind. Das Erz bildet auch als Zwischenklemmasse größere Konkretionen. Dabei erscheint der Magnetit an den Rändern in schönen Wachstumsformen. An der Grenze gegen Ilmenitanreicherungen sind die Pyroxene randlich dunkler gefärbt. Sie nehmen einen gewissen Titangehalt auf und bilden randlich typischen Titanaugit.

In einem der beschriebenen Handstücke fallen besonders zahlreiche große Plagioklase ins Auge, die meist ohne kristallographische Begrenzung den diopsidischen Augiten zwischengelagert sind. Wie diese zeigen sie zonären Aufbau. Eine genaue Untersuchung der Auslöschungslagen mit dem Fedorow-Tisch sowie der Lichtbrechung zeigte, daß man es im Kern mit einem sehr anorthitreichen basischen Plagioklas zu tun habe, etwa einem Zwischenglied zwischen Bytownit und Anorthit, der mit saurerem Plagioklas mit geringerer Auslöschungsschiefe und niedrigeren Interferenzfarben umwachsen ist. Der innere Kern ist stark korrodiert, er wurde vom Magma zum Teil resorbiert, und dann schied sich ein saurerer Plagioklas randlich ab. Zuweilen läßt sich die kristallographische Orientierung an diesen Anwachszone erkennen. Die chemischen Reaktionen in den Einschlüssen müssen bei der Thermometamorphose sehr rasch verlaufen sein, daß solche scharfen Unterschiede zwischen den einzelnen isomorphen Schichten erhalten bleiben konnten. Ein besonderes Charakteristikum dieser Plagioklase ist auch das häufige Auftreten der Verzwilligung nach dem Periklingesetz (Tafel XIV, Abb. 14).

In der mineralogischen Zusammensetzung sind die feinkörnigen Einschlüsse durchaus den oben beschriebenen ähnlich. Nur in struktureller Beziehung unterscheiden sie sich von ihnen.

An den Basalt grenzt ein äußerst feinkörniges Augitaggregat, aus dem Schlieren von gröber kristallinem Pyroxen herauswachsen. Es sind dieselben diopsidischen Augite wie oben, mit wenig unregelmäßig begrenztem Plagioklas und dunkelgrünem Glas als Zwischenklemmasse. Fast reiner Plagioklas in großen Individuen bildet sogar an einer Stelle eine scheinbar nachträgliche Spaltenausfüllung. An diese Aggregate grenzen hier jedoch glasreiche Partien, mit grünen Glaskörnern erfüllt, grau, trübe, wie von einem Schleier bedeckt. Darin lassen sich mit der stärksten Vergrößerung noch kleine Diopsidkörnchen erkennen, schwach licht- und doppelbrechende Partien, die man wohl als Feldspatsubstanz anzusehen hat, und kleine, stark lichtbrechende Körnchen, bisweilen winzige, aber scharfe Oktaëder von dunkler Farbe und scheinbar isotrop. Es wird sich bei diesen wohl um Spinell handeln. Als Umwandlungsprodukt, vermutlich des Feldspats, tritt Epidot in größeren körnigen Kristallaggregaten auf.

B. Schlierige Einschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Von den vorigen nicht sehr verschieden sind die schlierig ausgebildeten Augiteinschlüsse. In der Hauptsache weißlichgrau, mit bald grünlichem, bald bräunlichem Überzug von Eisenhydroxyd, heben sie sich kaum vom umgebenden Basalt ab. Glänzende Spaltflächen von Plagioklasleisten, dunklere mit vielen Spaltrissen von Augit beobachtet man in einem fast schwarzen, schwach glänzenden Glas. Die Feldspate sind nach dem Basalt hin radial-strahlig angeordnet und bilden eine Zone von $1\frac{1}{2}$ mm Breite. Es folgt dann noch eine zweite etwa $\frac{1}{2}$ mm breite, ganz helle Zone, bevor der Basalt angrenzt.

b) Mikroskopische Beschreibung.

1. Einschlüsse mit Skapolith, Cordierit, Hornblende, Quarz, Plagioklas.

Eine mikroskopische Untersuchung gibt interessante Aufschlüsse über die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins. Der Basalt ist normal, Olivin findet sich in einigen Exemplaren als Einsprengling. Ilmenit scheint angereichert. Die Plagioklasleisten ordnen sich dem Einschluß parallel. Die Grenze selbst wird gebildet von einem sehr feinkörnigen, von Magnetitkörnchen durch-

setzen Augitaggregat, wobei die Prismen desselben senkrecht zum Einschluß orientiert sind. Aus dem Aggregat wachsen größere Kristalle von diopsidischem Augit heraus. Unregelmäßig begrenzte, sehr frische Plagioklasindividuen bilden spärliche Hohraumauffüllungen neben einem an Wachstumsformen von Augit und Ilmenit reichen Glas. Der Habitus der Augite ist derselbe wie in den oben beschriebenen Vorkommnissen. Die Umwachsungen von diopsidischem mit Titanaugit sind hier sehr häufig, ebenso auch einzelne idiomorphe Kristalle von Titanaugit. Zuweilen beobachtet man an größeren Kristallen eine Auflösung in ein körniges fleckig auslöschendes Aggregat. An diese hauptsächlich pyroxenhaltige Schliere schließt sich eine Zone, die vorwiegend aus grauen, äußerst faserigen Leisten besteht. Einzelne dazwischen liegende frischere Plagioklasleisten mit noch deutlicher Zwillingslamellierung legen die Vermutung nahe, daß es sich bei diesen trüben Aggregaten wohl auch um veränderte Plagioklase handelt. Diese teils klaren, teils faserigen, von rundlichen Erzkörnchen durchwachsenen Leisten sind nach dem Inneren des Einschlusses hin mit dunkelbraungrüner Hornblende und Magnetit verwachsen. Die Hornblende gibt sich durch ihren starken Pleochroismus, ihre Spaltbarkeit und die übrigen optischen Eigenschaften als solche zu erkennen. Da sie gleichsam die Zwischenklemmasse zwischen den Plagioklasen bildet, so ist sie äußerst faserig und zerfetzt. Nur selten beobachtet man größere Kristalle. An einigen wenigen Stellen füllt Calcit die Hohlräume zwischen den Plagioklasen aus. Er ist meist ohne Zwillingslamellierung, also druckfrei gebildet.

An diese Plagioklas-Hornblende-Partie schließt sich eine schmale Zone eines körnigen bis stengligen Kristallaggregates, das den Übergang bildet zu einer aus Glas und Opal bestehenden Zone. Die mäßig starke Licht- und Doppelbrechung der Kristalle, ihre optische Einachsigkeit mit negativem Charakter und ihre Spaltbarkeit nach Flächen senkrecht zu den Blättchen, die das Achsenbild lieferten, lassen das Mineral als Skapolith erkennen. Die einzelnen Körner greifen verzahnt ineinander. Einige größere Skapolithaggregate liegen auch im Glase selbst; dort ist der äußere Rand gegen das Glas hin oft etwas grünlich gefärbt, und in diesen Randpartien beobachtet man kleine Körner von Cordierit, der sich an seinen optischen Eigenschaften erkennen läßt: mäßige Licht- und Doppelbrechung, optisch negativer Charakter, Zweiachsigkeit usw. Es fehlen auch vor allem die beim Skapolith so deutlichen Spaltrisse. Teils ist die ganze Skapolith-Cordierit-Partie, teils nur der äußerste Rand durchsetzt von winzigen schwarzen Partikelchen, so daß das Aggregat davon wie bestäubt aussieht. Das angrenzende Glas ist infolge von Spannungen zuweilen doppelbrechend geworden; öfters zeigt es sogar eine deutliche Entglasungsstruktur. In gewöhnlichem Licht scheint das hellgelbe Glas von Sprüngen durchzogen, zwischen gekrenzten Nicols jedoch erscheinen diese Sprünge als doppelbrechende Säume um rundliche isotrope Glaskörner. Es ist einer Bienenwabenstruktur vergleichbar. Reste von fast ganz resorbierten Kristallen ließen sich nicht weiter identifizieren (Tafel XIV, Abb. 15—18).

Der Plagioklas ist bisweilen so reichlich entwickelt, daß er die andern Bestandteile fast ganz zurückdrängt. Als Grenze gegen den Basalt besteht nur noch der Saum von länglichen Pyroxenprismen, alles übrige ist Feldspat. An einzelnen Stellen gehen die Plagioklase in ein glasiges Produkt über, indem sich zunächst auf Rissen und Spalten ein grünes Glas abscheidet, das schließlich den Kristall ganz durchtränkt, ja ihn sogar ganz verdrängen kann. Es ist dunkelgrün, von faserigem Aussehen und vollkommen isotrop. Dazwischen liegen Hornblende-Individuen, die mit diesen faserigen Plagioklasaggregaten und mit Erz durchwachsen sind. Im übrigen enthalten derartige Einschlüsse viel Glas, welches bald grünlich bis gelblich, bald violett gefärbt ist. Eine solche Partie enthält neben vereinzelt Quarzkörnchen Magnesium-Diopside in Wachstumsformen und winzige dunkelgrüne faserige Leisten. Dazu

kommt in einem der betrachteten Einschlüsse ein hoher Quarzgehalt. Verrundete, stark korrodierte Körner mit vielen unregelmäßigen Sprüngen liegen im Einschluß verteilt, hauptsächlich in dunklem, schlierigem Glas, in dem sie fast versinken. Sie sind von diesem stark angegriffen worden, man beobachtet deutliche Resorptionszonen um jedes Quarzkorn in Gestalt eines gelblichen isotropen Glashofes.

Ganz vereinzelt findet sich auch Magnetkies. Er bildet bald größere unregelmäßige Körner, bald ist er mit andern Mineralien innig verwachsen. So beobachtet man z. B. eine Schliere, die aus idiomorphen Plagioklasleisten besteht, deren unregelmäßige Zwischenräume mit Magnetkies erfüllt sind.

2. Einschlüsse mit faserigen Plagioklas-Sillimanit-Partien.

In solchen Handstücken wechseln in der Hauptsache Augit- und Glasschlieren, beide vom gleichen Charakter wie oben. Die Pyroxene sind siebartig mit Glas und Magnetit durchwachsen. Dazwischen liegen aber faserige Gebilde eines gelblichgrünen, stengligen, oft fächerartig gefiederten Aggregates. Es besteht aus kleinen Plagioklasleisten mit deutlicher Zwillinglamellierung, ferner winzigen Augitkörnern und dazwischen gerade auslöschenden Fasern, die sich auch durch ihre übrigen optischen Eigenschaften als Sillimanit erweisen. Die Zwischenklemmasse ist ein grünliches Glas, das erfüllt ist von Wachstumsformen der kristallisierten Bestandteile und winzigen schwarzen Körnchen.

3. Einschlüsse mit devitrifiziertem gelbem Glas.

Die Zonarstrukturen mancher diopsidischen Augite sind so charakteristisch, daß ein derartiges Individuum näher beschrieben werden soll. Man beobachtet fünf aufeinander folgende Zonen, die z. T. gute kristallographische Umriss, z. T. Spuren einer starken nachträglichen Resorption zeigen. Dabei ändern sich jedoch die Auslöschungsschiefen gegen die prismatische Spaltrisse in den einzelnen Schalen nicht gleichmäßig. Es wurden beobachtet:

	Ausl.-Schiefen	Umrisse
Kern	36,2°	scharfe Kristallumrisse
1. Schale	41,4°	korrodierte Umrisse
2. Schale	36,0°	scharfe Kristallumrisse
3. Schale	31,8°	korrodierte Umrisse
4. Schale	36,0°	scharfe Kristallumrisse

Aus diesen Daten läßt sich erkennen, wie wechselnd die Zusammensetzung der Umgebung, d. h. deren Basizität und Azidität gewesen sein muß, und wie der Kristall einmal in einer unter-sättigten, darauf aber in einer übersättigten Lösung für die jeweils stabile Pyroxenart gewesen ist. Die Orientierung der einzelnen Schalen ist die gleiche, da sich die Spaltrisse gleichmäßig durch alle Zonen hindurchsetzen. In dem untersuchten Exemplar enthalten meist nur die randlichen Zonen Einschlüsse von grünem und gelbem Glas in Fetzen; einzelne Körner von Augit und schmale Plagioklasleisten sind von außen her hineingewachsen. Nur vereinzelt liegen auch Plagioklas-Kristalle als Einschluß im Innern des Augites. Rings um einen derselben ist der Augit durch Aufnahme femischer Bestandteile intensiv braun gefärbt und stärker pleochroitisch. Um einen anderen Plagioklas-Einschluß in diopsidischem Pyroxen bemerkt man sogar eine zonare Ausbildung desselben (s. Taf. XV, Abb. 19).

Interessant ist auch an diesem Stück ein gelbes Glas, das eine sehr reichliche Zwischenklemmasse zwischen den Augitkörnern bildet. Es ist selbst körnig und zeigt deutliche Doppelbrechung. Es ist also in der Entglasung begriffen, und zwar scheint es in Angit überzugehen; man bemerkt bald einen Augitkern in einem größeren Glaskorn liegend, bald die umgekehrte Erscheinung. Dieses Glas enthält daneben auch Magnetit in deutlichen Oktaedern und unregelmäßigen Körnern, auch Magnetkies in ziemlich großen, körnigen Aggregaten.

V. Metamorphosierte Toneinschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Wohl in genetischem Zusammenhang mit den Einschlüssen von diopsidischem Pyroxen stehen die metamorphosierten Toneinschlüsse. Sie stellen nur das vom Magma in geringerem Grade veränderte Gestein dar. Makroskopisch erscheinen die Einschlüsse von gefrittetem Ton fast dicht. Bald sind diese weißlich-grau, glanzlose Gesteine, die von dunklen Basaltadern durchsetzt sind, während in den angrenzenden Teilen des Einschlusses melanokrate Bestandteile stärker entwickelt sind. Zuweilen enthalten sie als Kern noch Reste des ursprünglichen Gesteines von körneligem, gelblichem Aussehen. Bald ist der Einschluß eine dunkelgrüne Masse mit schlieriger Ausbildung. Auf Sprüngen und Rissen ist ein faseriges, lebhaft seidenglänzendes Mineral abgetrennt.

Ein andermal bildet der Einschluß eine graue oder graugrüne dichte Knolle, die im Basalt mit scharfem Rande eingeschmolzen ist. Ein grauer, fettglänzender, körneliger Einschluß zeigte eine mehr sphärolithische Struktur. Auch bröcklige, sandige Aggregate beobachtet man, die porös ausgebildet und von Basaltmagma durchsetzt sind.

Einzelne Exemplare zeigen deutliche Schieferung, einen Wechsel zwischen helleren und dunkleren Schichten. Die Grenze gegen den Basalt verläuft glatt parallel der Schieferung, an den Enden laufen die Schichten keilförmig im Basalte aus.

b) Mikroskopische Beschreibung.

1. Grundmasse aus diopsidischem Pyroxen.

Da die Toneinschlüsse zum großen Teil verändert sind, erschien eine eingehende Untersuchung des umgebenden Basaltes nötig, um zu prüfen, ob eine chemische Wechselwirkung zwischen beiden Gesteinstypen stattgefunden hatte. Der Basalt erwies sich jedoch stets als durchaus normal; nur ist er gegen die Ränder des Einschlusses hin sehr glasreich ausgebildet, und das Glas ist erfüllt von schwarzen Mikrolithen, die auch in den Feldspäten eingeschlossen liegen und dort vor allem parallel den Spaltrissen orientiert sind. Einige Reste von Olivineinsprenglingen sind noch erhalten, sie sind durchsetzt von unter sich parallelen Ilmenitnadeln, die senkrecht zu seiner Längsrichtung orientiert sind. Am Rande sind die Olivinkörner häufig in ein grünliches Zersetzungsprodukt übergegangen. Einzelne frische Plagioklas-Individuen zeigen zonare Ausbildung. Die Hohlraumausfüllungen mit sekundärem Kalkspat fehlen auch hier nicht; als weiteres sekundäres Mineral wurde Phillipsit in Gestalt eines schönen Durchkreuzungszwillings beobachtet; es lag gerade ein basaler Schnitt desselben von sechsseitigem Umriss mit der typischen Felderteilung vor.

Der Einschluß selbst besteht aus einem äußerst feinkörnigen Aggregat, in dem sich kaum einzelne Kristalle einwandfrei identifizieren lassen. Doch ließ sich eine bedeutende Menge farblosen

Pyroxens mit einer maximalen Auslöschungsschiefe von 46° in einer farblosen Grundmasse feststellen. Dazwischen liegen vereinzelt schmale Leisten mit geringerer Licht- und Doppelbrechung, vermutlich Feldspäte. Magnetitkörner verdichten sich an einzelnen Stellen zu fast kompakten Aggregaten. Basaltadern, die den ganzen Einschluß durchziehen, sind durch alle Übergänge von der hypidiomorph-körnigen bis zur glasigen Struktur miteinander verbunden. Die Umschmelzungszone zwischen Basalt und Ton ist ganz durchsetzt von Ilmenit in zierlichen, verästelten Wachstumsformen.

2. Quarzfeldspataggregate mit Quarzeinsprenglingen.

Die eigentlichen Toneinschlüsse sind außerordentlich feinkörnig. So beobachtet man in einem der oben makroskopisch beschriebenen Stücke in einer hellgrünen Glasgrundmasse unzählige Körnchen von Quarz und Feldspat. Die Struktur ist deutlich fluidal. In Hohlräumen zwischen den Schlieren hat sich reichlich Calcit gebildet mit deutlicher Zwillingslamellierung, also ist er unter Druck entstanden. Andere derartige Zwischenräume sind ausgefüllt mit grobkristallinem Basalt: lange schmale Plagioklasleisten mit guter Spaltbarkeit und Zwillingslamellierung — die optischen Eigenschaften lassen ihn als Labrador-Andesin erkennen —, idiomorphe Körner basaltischen Augits mit vielen Interpositionen neben vielen Augitwachstumsformen, daneben reichlich Magnetit. Das Charakteristische an diesem Stück sind aber Einlagerungen von größeren, stark gequetschten Quarzkörnern; neben reichlichem Calcit ist an einigen Stellen in den schlierigen Hohlräumen ein scheinbar faseriges, schwach licht- und doppelbrechendes Mineral enthalten. Der optische Charakter ist einachsig positiv. Es handelt sich hier um einen typischen Fall der Bildung von Druckflächen an Quarz. Er wurde zum Teil zertrümmert, zum Teil von dem Nebengestein resorbiert, welches in Fetzen die randlichen Partien des Quarzes durchsetzt. In einiger Entfernung zeigt das Nebengestein eine grauer Färbung, obwohl sich eine Veränderung im Mineralbestand, vielleicht der submikroskopischen Kleinheit der Bestandteile wegen, nicht nachweisen läßt. An einigen Stellen beobachtet man neben Kalkspat und größeren Plagioklas-Individuen auch diopsidischen Pyroxen, teils in deutlichen Kristallen, meist aber in Wachstumsformen als Hohlraumausfüllung.

3. Einschlüsse mit vorherrschendem Quarzgehalt.

Die Quarzkörner der tonigen Grundmasse können zuweilen stark hervortreten. Dann beobachtet man in einer grauen, trüben, von blasigen Hohlräumen erfüllten Grundmasse neben wenig Glasputzen rundliche korrodierte Quarzkörner, die in der Grundmasse fast versunken erscheinen. Nur selten sind die Individuen durch Spannungen scheinbar etwas zweiachsig. Ein Exemplar zeigt scheinbare Spaltbarkeit und die für druckbeanspruchte Quarze kennzeichnende Zwillingslamellierung. Bei der mechanischen Druckwirkung ist das Quarzkorn zersprungen, und die Bruchstücke wurden gegeneinander verschoben. In den Hohlräumen, vor allem an den inneren Rändern, aber auch an einigen Stellen in der Grundmasse beobachtet man farblose Leistchen, meist schlank, seltener gedrungen. Viele löschen gerade aus, andere haben eine maximale Auslöschungsschiefe von 39° . Längsspaltrisse. Querabsonderung, ziemlich starke Lichtbrechung, der positive optische Charakter und die Doppelbrechung lassen sie als Magnesium-Diopside erkennen. Die Doppelbrechung wurde auf folgende Weise ermittelt: Mit dem Berek-Kompensator bestimmte man den Gangunterschied J in dem zu untersuchenden Leistchen. Da man in erster Annäherung annehmen kann, daß die kleinen Magnesium-Diopside nach Breite und Dicke gleichmäßig entwickelt sind, so konnte man die Breite für die

Dicke setzen, und dann die Doppelbrechung berechnen. In fast gerade auslöschenden Exemplaren ergab sich für dieselbe 0,005—0,01, in schief auslöschenden 0,018—0,025. Die gerade auslöschenden Individuen zeigen im Gesichtsfeld den Austritt der zweiten Mittellinie, sie sind also parallel (100) getroffen. Die große Kristallisationsfähigkeit des Magnesium-Diopsids erklärt sein Vorkommen in sonst vorwiegend glasigen Gemengen.

An dieser Stelle ist noch ein weiterer Einschuß einzureihen, der in einer glasigen Grundmasse kleine Quarzkörner enthält. Es handelt sich hier um einen typischen Basaltjaspis, der aus einem kieselsäurereichen Tongestein hervorgegangen ist. Die Quarzkörner zeigen undulöse Auslöschung und enthalten Interpositionen von Glas und Flüssigkeit. Ihre Umrisse sind verwaschen, da sie vollständig in Glas eingebettet sind. Dieses ist stark durchsetzt von schwarzen Körnchen und feinen Imenitnadelchen, es ist äußerst feinkörnig ausgebildet wie die Grundmasse aller Tongesteine. Vereinzelte Hohlräume haben schwarze bis braune Säume und lassen deutlich die frittende Wirkung des Basaltes auf die Tonsubstanz erkennen.

4. Einschlüsse mit vorherrschendem Feldspatgehalt.

Zuweilen tritt auch der Quarz in gewissen Teilen der Einschlüsse ganz zurück. So beobachtete man an einem der oben makroskopisch beschriebenen Stücke zwei verschiedene Partien. An den Basalt grenzt zunächst eine stark glasig ausgebildete Zone. Feldspäte treten fast nur in Wachstumsformen auf: parallel gestellte schmale Leistchen, fächer- und gabelförmige Gebilde. Die Augite bilden Haufen von bald unregelmäßigen Körnern, oft aber auch große idiomorphe Kristalle. Diese sind im Innern stark zersprungen, von winzigen Interpositionen sehen sie wie bestäubt aus. Längs des Randes ist ein Kranz von Erz abgeschieden, wobei die Körnchen und Nadelchen senkrecht zu den Kristallgrenzen eingelagert sind. Ein weiterer Kranz von kleinen von Glas durchsetzten Augitkörnchen zeigt eine andere Orientierung als der Hauptkristall. Den weitaus größten Teil der kristallisierten Bestandteile nehmen aber große korrodierte Quarzkörner ein. Auch sie zeigen die erwähnten staubfeinen Einlagerungen. Größere sind in Splitter zersprungen, während die kleinen Körner verzahnt ineinander greifen. Hieran stößt ohne Ausbildung einer ausgeprägten Grenzzone der aus einem dichtverfilzten Aggregat feiner Nadelchen bestehende eigentliche Einschuß in einer schwach-grünlichen Glasbasis. Die optischen Eigenschaften lassen die Leistchen als Feldspäte erkennen. Sie sind innig verwachsen mit dunklen, rotbraun schimmernden Nadelchen von Rutil (Tonschiefernadelchen). Nach dem Innern zu geht der Einschuß in ein fast isotropes Glas über, das nur in Schlieren noch jene Feldspataggregate und Anreicherungen der Tonschiefernadelchen erkennen läßt.

Größere Mengen von Magnetit enthält ein anderer fluidal struierter Einschuß. Die Erzkörnchen sind besonders längs des Basaltes angereichert und folgen auch sonst gern den Schliergrenzen.

5. Schiefriige Einschlüsse.

Ebenso ist Magnetit in ausgeprägten Schiefereinschlüssen reichlich vorhanden, in denen die Struktur und der petrographische Charakter des ursprünglichen Gesteines noch deutlich zu erkennen ist. Die Grenze zwischen Basalt und Einschuß wird gebildet von einem dunklen Glassaum, der ganz von schwarzen Erzkörnern erfüllt ist. Sie scheinen aus dem Einschuß zu stammen, denn manchmal verläuft der Magnetitkranz im Innern des Einschlusses, etwa 1 mm von der Basaltgrenze entfernt; das Erz tritt in bald mehr oder weniger reichlichen Mengen an den Schiefergrenzen oder

in der Grundmasse verteilt auf, die ihrer Feinkörnigkeit wegen keine einzelnen Kristallindividuen mehr erkennen läßt.

In einem andern der diesbezüglichen Einschlüsse ist die Schieferstruktur noch besonders deutlich erhalten. Es wechseln dunkelgrüne submikroskopische mit helleren, etwas grobkörnigeren Lagen ab.

Jedenfalls sind diese Augit- und Toneinschlüsse Umwandlungsprodukte von Schiefer-tonen und mergeligen Sedimenten. Die verschiedene Temperatur und Abkühlungsgeschwindigkeit bedingte die wechselnde Ausbildungsweise vom grobkristallinen, fast reinen diopsidischen Augit bis zum glasig entwickelten Aggregat mit submikroskopisch kleinen Kristallindividuen.

VI. Glasige Einschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Es bleibt noch eine Gruppe von Einschlüssen zu erörtern mit vorwiegend glasiger Grundmasse und einigen bestimmenden Einsprenglingen. Das Glas wird in den meisten Fällen von der Wechselwirkung zwischen sedimentärem emporgerissenem Material und Basalt herrühren.

1. Schlieriges Glas mit Opal.

Eines der untersuchten Handstücke stellte einen schlierigen Einschluß von schwarzem mattem Glas dar. Das Glas ist durchsetzt von unregelmäßigen Partien milchigweißen, glänzenden Opals. Auf Sprüngen desselben hat sich rotbraunes Eisenhydroxyd abgeschieden. An einzelnen Stellen ist Magnetit, mitunter auch Magnetkies angereichert.

Ein körneliger glasartiger Einschluß von blauer Farbe stellte sich als Opalsubstanz herans.

2. Schwarzes Glas mit Plagioklasleisten.

Als grauschwarze dichte Masse erscheint ein dritter Einschluß, in dem sich nur einige mattglänzende Spaltflächen von Plagioklas noch erkennen lassen.

3. Helles blasiges Glas mit Magnesium-Diopsid.

Stark poröse Ausbildung kennzeichnet ein anderes Stück. Die Hohlräume sind z. T. mit dunklem, lebhaft glänzendem oder mit einem gelblichen Glas erfüllt.

4. Helles Glas mit Magnetkies.

Ein letzter Einschluß dieser Art besteht aus feinkörnigem Magnetkies, der in das Glas eingestreut liegt. Die Knolle ist umgeben von einer schmalen hellen Grenzzone. Auf Bruchflächen beobachtet man lebhaften Glanz; auch scheint sekundärer Calcit vorhanden zu sein.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Die mikroskopische Untersuchung gibt einige weitere interessante Einblicke in die Struktur und den Mineralbestand dieser Einschlüsse.

1. Schlieriges Glas mit Opal.

Der Basalt wird nach dem Einschluß hin immer plagioklasärmer, zuletzt beobachtet man nur noch ganz vereinzelte, aber frische Individuen mit deutlicher Zwillingslamellierung. Dagegen ist Magnetit sehr reichlich abgesondert in Oktaëdern und unregelmäßigen Körnern, besonders am Rand gegen den Einschluß.

Den Hauptbestandteil des Einschlusses bilden bald gelbe, meist jedoch grauschwarze Glasmassen, die äußerst schlierig, mit deutlicher Flinidalstruktur ausgebildet sind. Sie sind erfüllt von Magnetitkörnchen, die sich zu dichten Aggregaten vereinen. Magnetkies tritt ebenfalls in körneligen Massen auf. Ferner sind in Schlieren Plagioklasleisten und stark lichtbrechende Körner von Augit enthalten. Es handelt sich dabei zweifellos um eingeschmolzene Gesteinspartien, die sich mit dem flüssigen Basalt vermengten. Einige Reste früherer Kristalle, die zum größten Teil resorbiert sind, lassen sich kaum mehr identifizieren. Ein gelbes radialfaseriges und rotbraunes konzentrisch-schalig abgesondertes Glas kommt gemeinsam mit Kalkspat vor. Das Charakteristische für diesen Einschluß ist jedoch der reichlich ausgeschiedene Opal. Er scheint vornehmlich die Klüfte zwischen Basalt und Glas ausgefüllt zu haben und bildet daher unregelmäßig begrenzte Partien. Einschlußartig enthält er Magnetitktaeder in großen Mengen, gelblichweißes Glas, teils isotrop, teils kristallisierend, und kristalline Reste eingeschmolzener Gesteinsbrocken. Er ist umgeben von einem Kranz von Erz; vom Rande her ist er zu einem radialfaserigen, gerade auslöschenden, optisch negativen Aggregat kristallisiert, das als Chalcedon anzusprechen ist. Infolge von Spannungen ist der Opal stark doppelbrechend geworden (Tafel XV, Abb. 23).

Die amorphe Kieselsäure bildet offenbar eine nachträgliche Ausfüllung hydrothermalen Ursprungs, deren Material dem auf Klüften zersetzten Gestein entstammt. Durch die rasche Erstarrung beim Empordringen an die Oberfläche wurde der Basalt von zahlreichen Rissen und Hohlräumen durchsetzt, welche den Thermalwässern den Weg vorschrieben.

Auf die gleiche Weise ist wohl auch das Zustandekommen des zweiten obengenannten opalhaltigen Einschlusses zu erklären. Sedimentäres Material wurde vom Basalt zu einem schwarzen Glas ungeschmolzen, wobei auch die Feldspatsubstanz des Basaltes sich verflüssigte. Aus dem Glase kristallisierten sodann bei der langsamen Abkühlung Skelette von Plagioklas wieder aus. Auch einzelne losgerissene Basaltbrocken liegen noch als Bruchstücke im Einschluß. In diesem ist das Titaneisen angereichert; bald bildet es lappige Aggregate, bald lange Nadeln, die wirtt durcheinander liegen oder parallel orientiert sind, derart daß sie wie eine feine Linierung auf dem helleren Untergrund erscheinen. Die Opalmassen sind durchsetzt von schwarzen Partikelchen von kohligter Substanz.

2. Schwarzes Glas mit Plagioklasleisten.

Der Ursprung des Glases aus Basaltmasse und umgeschmolzenem sedimentärem Material ist noch deutlicher an einem dritten ganz ähnlichen Stück zu ersehen. In der glasigen, von Mikrolithen ganz schwarzen Einschlußmasse erkennt man vor allem größere Plagioklasleisten mit parallel eingewachsenen Einlagerungen von Titaneisen und Erzkörnchen langs den Spaltrissen, neben zierlichen Wachstumsformen und Skeletten; ihre Umrisse sind unscharf, da die Individuen im Schliff von Glas zum Teil überdeckt sind. Augit in kleinen Körnern und Prismen neben Magnetit und Titaneisen in der vom Basalt her bekannten Ausbildungsweise sind die weiteren spärlichen kristallisierten Bestandteile. Eine Grenzzone zwischen Basalt und Einschluß ist nicht deutlich entwickelt.

3. Helles blasiges Glas mit Magnesium-Diopsid.

In anderer Ausbildung erscheint die glasige Grundmasse eines weiteren Handstückes. Diese ist hell, stark porös und ganz erfüllt von Plagioklasleisten und spießigen Aggregaten von Magnesium-Diopsid. Sie erscheinen beide außer in deutlichen Kristallen in Skeletten und Wachstumsformen und

bilden ein dichtverfilztes Aggregat. Die Hohlräume wurden nachträglich mit gelbem Glas und Kalkspat ausgefüllt oder nur ausgekleidet. Das Glas erstarrte am Rand meist sphärolithisch und bildet nun ein radialstrahliges, schwach doppelbrechendes Aggregat. Daneben tritt auch ziemlich reichlich Magnetkies auf, teils mit dem Glas am Innensaum der Hohlräume, teils in verminderten und unregelmäßigen Körnern im Glas. Von winzigen schwarzen Interpositionen sieht dieses wie bestäubt aus (Taf. XV, Abb. 21 u. 22).

4. Helles Glas mit Magnetkies.

Mitunter ist auch der Magnetkies angereichert. Er bildet in einer grauen, glasigen Grundmasse den einzigen kristallisierten Bestandteil. Der Basalt dieses Einschlusses ist sehr unfrisch. In der Nähe des Einschlusses lassen sich kaum mehr einzelne Bestandteile erkennen. Die Plagioklase zeigen Spuren beginnender Zersetzung. Sie sind sehr faserig und lassen oft nur noch am Rande einen schmalen Streifen frischen Plagioklases erkennen. Nach dem Innern zu wird das Glas gelbgrün, vollständig isotrop, und man beobachtet nur noch viel Ilmenit darin. Die großen Magnetkieskörner sind stark verwittert, auf Sprüngen und Rissen hat sich ein graues Zersetzungsprodukt abgeschieden. Im Innern ist er blättrig ausgebildet und enthält Einschlüsse von Quarzkörnern. Diese sind sehr frisch und fast frei von Einschlüssen.

VII. Olivineinschlüsse.

a) Makroskopische Beschreibung.

Reine Olivineinschlüsse liegen bemerkenswerterweise nur in einem einzigen Exemplar vor. Das betreffende Stück bildet eine rindliche Knolle von graubrauner Farbe und körneligem Aussehen. Man erkennt in einer basaltischen Grundmasse mit zum Teil noch recht großen Feldspäten eine Menge kleiner grünlicher Körnerchen von lebhaftem Glanz, die fluidal angeordnet sind.

b) Mikroskopische Beschreibung.

Die Parallelstruktur tritt bei näherer mikroskopischer Betrachtung besonders deutlich zutage. Der Einschuß grenzt im allgemeinen mit ziemlich glatter Fläche, aber ohne Ausbildung einer besonderen Grenzzone an den Basalt, in dem ein gelbes Glas und vor allem Ilmenit angereichert ist. Der Einschuß besteht aus großen Olivinkörnern in einer gelblichbraunen Glasbasis. Eine hohe Licht- und Doppelbrechung sowie das Fehlen einer ausgesprochenen Spaltbarkeit kennzeichnet die Olivinindividuen. Die Kristalle enthalten kaum Einschlüsse, höchstens etwas Magnetit. Auf spärlichen Sprüngen ist das gelbgrüne Glas eingedrungen. Die Ausbildung ist stenglig. Die umgebende glasige Grundmasse ist durchsetzt von Ilmenitnadeln, die senkrecht zur Stromrichtung angeordnet sind, eine Erscheinung, die man im ganzen Einschuß beobachten kann. In der Nähe des Basaltes trägt die Zwischenklemmasse mehr basaltoiden Charakter. Darin sind bisweilen die Plagioklase die einzigen kristallisierten Bestandteile und bilden so scheinbar größere Feldspatpartien mit viel Titaneisen in einem fast schwarzen Glas (Taf. XV, Abb. 24).

Man darf wohl diese Einschlüsse als intratellurische Erstausscheidungen des basaltischen Magmas ansehen. Infolge der raschen Verfestigung des Basaltmagmas beim Empordringen entgingen dann wohl diese Knollen der Resorption. Von übrigen bekannten Vorkommen dieser Art, die von Rinne,

Zirkel n. a. beschrieben wurden, zeichnet sich dieses durch das gänzliche Fehlen anderer farbiger Gemengteile, vor allem der Pyroxene, aus. Die hier beobachtete stenglige Ausbildung ist auch von jenen Einschlüssen her bekannt.

Zusammenfassung.

- I. Weitaus am häufigsten treten Quarz-Sillimanit-haltige Einschlüsse auf.
 - A. Einige sillimanitfreie Typen bilden im Basalt eingeschmolzene Knollen von teils klaren, teils trüben korrodierten Quarzkörnern.
 - B. 1. Der größere Teil der Einschlüsse bildet jedoch ein inniges Gemenge von Quarz und feinfaserigem Sillimanit, wobei die Sillimanitfasern linsenförmige Quarzeinlagerungen umschließen:
 2. Sehr häufig tritt ein gewisser Gehalt an Magnetkies hinzu, bisweilen ist das Auftreten von Cordierit bemerkenswert. Zuweilen beobachtet man am Sillimanit einen schwachen aber deutlichen Pleochroismus.
 3. Ein hoher Tonerdegehalt führt zur Bildung von Korund. Deutliche kleine Kristalle von Saphir durchlagern den Sillimanit, dem in diesem Fall jede Durchwachsung mit Quarz fehlt.
- II. Einschlüsse von teils labradorähnlichen, teils dem Bytownit gleichenden Plagioklasen bilden Aggregate isometrischer Körner, die siebartig mit Glas durchwachsen, fast ohne glasige oder Epidot-haltige Zwischenklemmasse, im unveränderten Basalt liegen.
- III. Ein eisenreicher Bronzit liegt als großer Kristall vor, der z. T. schon in bastitische Substanz übergegangen ist. Daneben erscheint er als körniges Aggregat mit großen Plagioklas-Individuen und vereinzelt Olivinkörnchen. Der ganze Einschluß ist stark mit Glas durchsetzt.
- IV.
 - A. Diopsidischer Pyroxen tritt körnig in Knollen auf. Die Struktur dieser Knollen kann grobkristallin, mit großen, unregelmäßig begrenzten, zonar gebauten Plagioklasen als gelegentliche Zwischenklemmasse, aber auch sehr feinkörnig sein. In diesem Fall beobachtet man reichlich Epidot und in Schlieren kleine Spinelle.
 - B. 1. Oder der Augit bildet schlierige Einschlüsse, an deren Aufbau noch einige weitere Mineralien sich beteiligen: Plagioklasleisten in größeren Mengen, Hornblende, meist mit Plagioklas verwachsen, ferner Skapolith und Cordierit in stengligen und körnigen Aggregaten, korrodierte Quarzkörner, viel Erz, sowohl Magnetit wie Magnetkies und reichlich Glas.
 2. Stenglige, faserige Gebilde zwischen den Augit- und Glasschlieren sind Aggregate aus Plagioklas, Augit und Sillimanit in gelbgrünem Glas.
 3. Das gelbe Glas ist zuweilen schon stark devitrifiziert, und zwar scheint es in Augit überzugehen. — An einzelnen großen Augitkristallen beobachtet man sehr typische Zonarstrukturen.
- V. Metamorphosierte Toneinschlüsse tragen meist noch den Charakter des ursprünglichen Gesteins, aus dem sie stammen. In einer glasisen Grundmasse beobachtet man diopsidische Pyroxene, Quarzkörner und Feldspataggregate in wechselnden Mengen, gelegentlich auch Magnesium-Diopside. Magnetit tritt ebenfalls meist reichlich auf.

VI. Die glasige Grundmasse der Einschlüsse herrscht zuweilen stark vor.

1. Bald bildet Opal die Ausfüllungen zwischen dunklen Glassehliesen.
2. Bald sind spärliche Plagioklasleisten die einzigen etwas hervortretenden kristallisierten Bestandteile.
3. Oder Magnesium-Diopside bilden wirr durcheinanderliegende spießige Aggregate in einem, hellen, blasig ausgebildeten Glas.
4. Schließlich kann Magnetkies allein in größeren Kristallen auftreten.

VII. Olivin beobachtet man als stengliges Aggregat in einer gelbbraunen, von reichlichem Ilmenit durchsetzten Glasgrundmasse. Die Seltenheit von Olivinknollen im Bühlbasalt ist besonders bemerkenswert.

Erläuterungen zu den Tafeln XII—XV.

- Abb. 1. Korrodierter Quarzeinschluß, von glasig erstarrtem Basalt durchdrungen. Vergr. 9.
- Abb. 2. Trüber Quarzkristall mit einzelnen klaren Quarzkörnchen. Dunkler Glassaum gegen den Basalt. Vergr. 10.
- Abb. 3. Stark korrodierter trüber Quarzkristall. Vergr. 10.
- Abb. 4. Quarzpartien im glasigen Basalt. Vergr. 9.
- Abb. 5. Saudsteineinschluß. Vergr. 11.
- Abb. 6. Sillimanit mit Quarz verwachsen. Vergr. 11,5.
- Abb. 7. Sillimanit mit Korund durchwachsen. Vergr. 68,5.
- Abb. 8. Siebartige Durchwachsung von Plagioklas mit Glas. Vergr. 31.
- Abb. 9. Plagioklaseinschluß, im gewöhnlichen Licht. Vergr. 12.
- Abb. 10. Plagioklaseinschluß, Nicols gekreuzt. Vergr. 12.
- Abb. 11. Bronzitkristall (a), z. T. in Bastit (b) umgewandelt, in unverändertem Basalt (c). Vergr. 9,5.
- Abb. 12. In der Umwandlung begriffener Bronzit, randlich mit Plagioklas verwachsen, Nicols gekreuzt. Vergr. 38.
- Abb. 13. Bronzit, randlich in ein körniges Aggregat aufgelöst; die Körner durchsetzen den angrenzenden Plagioklas. Vergr. 31.
- Abb. 14. Korrosionsstrukturen an Plagioklas, Nicols gekreuzt. Vergr. 37.
- Abb. 15. Randpartie eines schlierigen Augiteinschlusses: Basalt (a), stengliger diopsidischer Augit (b) mit einzelnen frischen Plagioklasen, Zone von faserigen Plagioklasleisten (c) mit Hornblende verwachsen. Skapolithsaum (d) und Glas (e). Vergr. 11.
- Abb. 16. Skapolithpartie mit Cordierit am Rande und korrodierte Quarzkörner in dunklem Glase. Vergr. 31.
- Abb. 17. Plagioklasleisten, mit dunkelgrüner Hornblende verwachsen. Vergr. 36.
- Abb. 18. Skapolithpartien und korrodierte Quarzkörner neben augitreichem Glase. Vergr. 9,5.
- Abb. 19. Zonarstrukturen an Augit. Vergr. 31.
- Abb. 20. Cordieritaggregat in einem Quarz- und Sillimanit-haltigen Einschluß, Nicols gekreuzt. Vergr. 31.
- Abb. 21. Magnesiumdiopsid-Skelette in hellem blasigem Glase. Vergr. 37.
- Abb. 22. Das Gleiche. Die inneren Wände der Hohlräume sind mit Glas und Magnetkies ausgekleidet. Vergr. 37.
- Abb. 23. Schlieriges Glas mit Opalpartie. Vergr. 9.
- Abb. 24. Stengliger Einschluß von Olivin. Vergr. 9.

Die vorliegende Arbeit wurde im Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität zu Frankfurt a. M. auf Anregung von Herrn Privatdozenten Dr. W. Eitel angefertigt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, ihm meinen besonderen Dank auszusprechen für sein allzeit reges Interesse und die wertvollen Ratschläge, mit denen er meine Arbeit förderte. Der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, in Sonderheit dem Sektionär für Mineralogie, Herrn Professor W. Schauf danke ich aufrichtig für die freundliche Überlassung der Handstücke für meine Studienzwecke. Ebenso bin ich Herrn Privatdozenten Dr. H. Schneiderhöhn und Herrn Dr. R. Glaessner für liebenswürdige Unterstützung zu Dank verpflichtet.

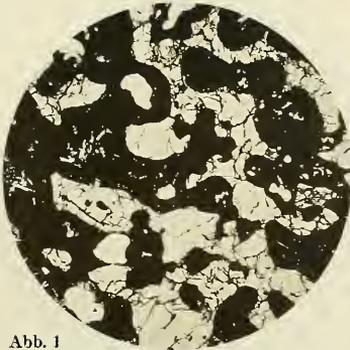


Abb. 1

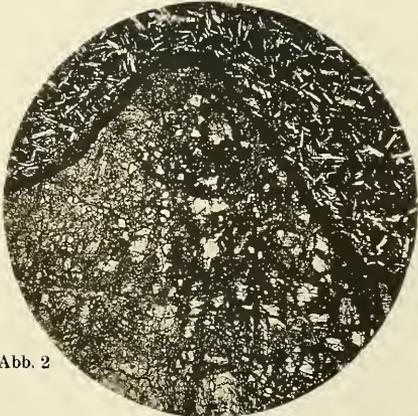


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

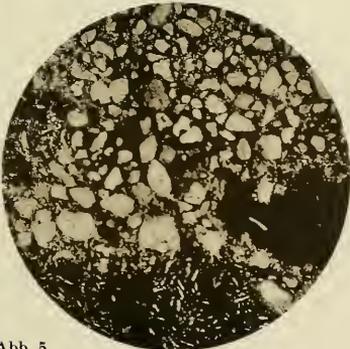


Abb. 5



Abb. 6

L. Velde: Die silikatischen Einschlüsse im Basalte des Bühls bei Kassel

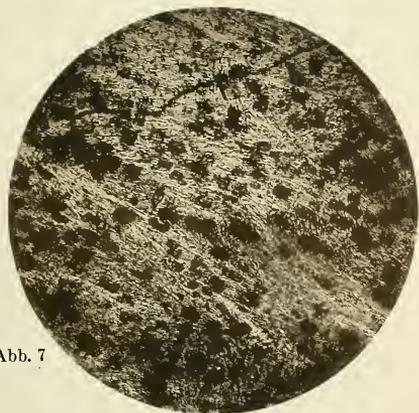


Abb. 7



Abb. 8

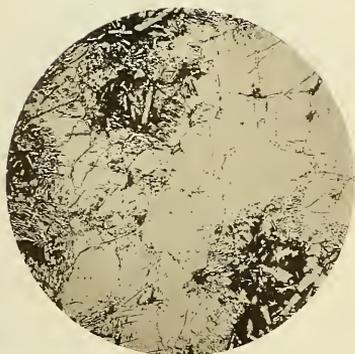


Abb. 9

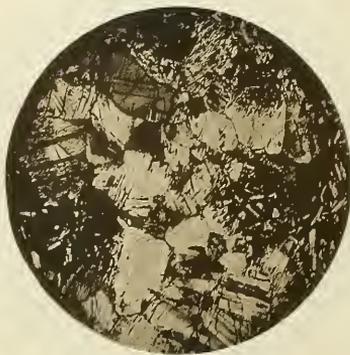


Abb. 10

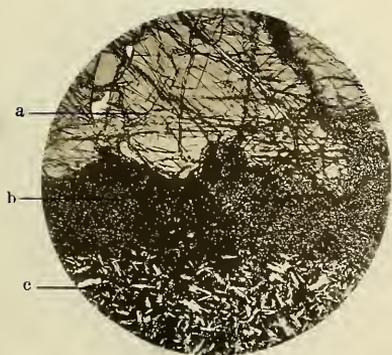


Abb. 11

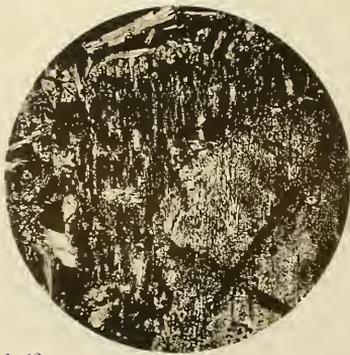


Abb. 12

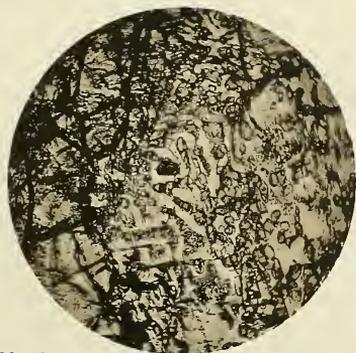


Abb. 13



Abb. 14

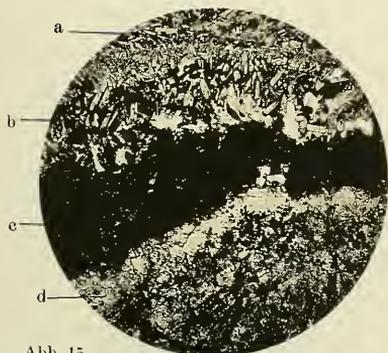


Abb. 15

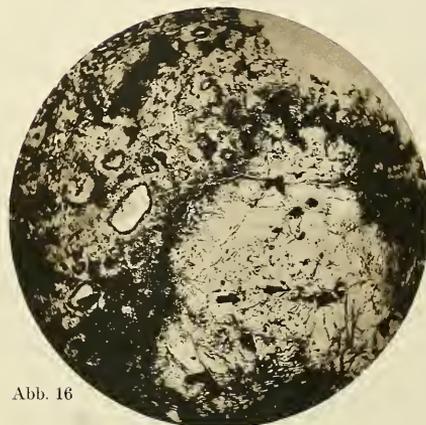


Abb. 16



Abb. 17



Abb. 18



Abb. 19



Abb. 20

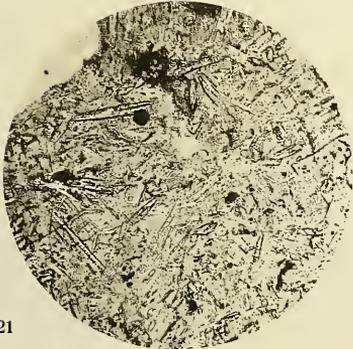


Abb. 21

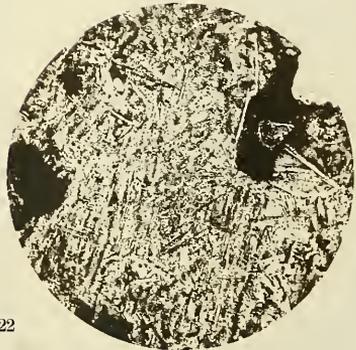


Abb. 22



Abb. 23

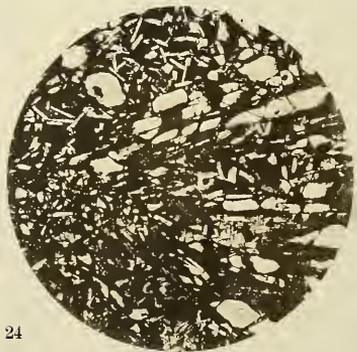


Abb. 24

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1920-1921

Band/Volume: [37_1920-1921](#)

Autor(en)/Author(s): Velde Luise

Artikel/Article: [II. Die silikatischen Einschlüsse im Basalte des Bühls bei Kassel 109-136](#)