

Koppitkarbonatit und Koppitmarmor von Schelingen im Kaiserstuhl*).

Von

Hatto Metschke,
Wetzlar.

Mit 7 Abbildungen und 1 Übersichtskarte.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung .	29
II. Geschichtlicher Überblick über die Ansichten der Entstehung der Kalke im zentralen Kaiserstuhlgebiet	29
III. Petrographischer Überblick	30
IV Petrographie der einzelnen Gesteine	31
1. Die „rassereinen“ Eruptivgesteine	31
a ₁) Essexit	31
a ₂) Hydrothermale Umwandlungen im Essexit	32
b) Phonolith	33
c) Tephritbreccie	34
d) Theralithgänge	35
2. Die kristallinen Kalke .	36
a) Koppitkarbonatit und Koppitmarmor	36
b) Verteilung des Koppits	39
3. Mischgesteine („Bastardgesteine“) am Kontakt zwischen Essexit und Kalken und Karbonatitgängen im Essexit	42
a) Einschlüsse .	42
b) Kalkgänge	43
c) Homogenes Mischgestein am Kontakt	44
V Verbandverhältnisse Kalk—Tephrit	46
VI. Die Kontaktmetamorphose	46
VII. Entstehung des Koppitkarbonatits	51
VIII. Vergleich mit den Gesteinen des Fengebietes	53
IX. Zusammenfassung	55
X. Literaturverzeichnis .	56
Anhang: Übersichtskarte	58

*) Erschienen als Dissertation der Hohen Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg i. Br.

I. Einleitung.

Aufgabe dieser Arbeit ist eine petrographische und mineralogische Behandlung der koppitführenden kristallinen Kalke bei Schelingen. Ungefähr begrenzt durch das Dreieck: Oberbergen—Vogtsburg—Schelingen liegt der große Kalkkomplex des Badberges. Nördlich dieses Kalkklotzes und zu ihm gehörig, jedoch durch ein Tal getrennt, liegt das kleinere Kalkgebiet von Schelingen¹⁾.

Mit der Entstehung der kristallinen Kalke, hauptsächlich der sogenannten „Koppitbank“, haben sich fast alle Kaiserstuhlforscher beschäftigt. Genannt seien hier nur die bekanntesten: SCHILL, FROMMHERZ, GRAEFF, KNOP — und von den neueren: ZOTZ, KIEFER und SOELLNER.

In der neuesten Zeit gewann dieses Gebiet aus einem anderen Grunde wieder besonderes Interesse. Im Rahmen der Arbeiten der Mineralogischen Studiengesellschaft Freiburg e. V. über noch nicht ausgenutzte deutsche Rohstoffquellen machte Prof. SCHNEIDERHÖHN Anfang 1936 auf den Koppitkalk als Niobquelle aufmerksam. Die ersten Untersuchungen zeigten schon, daß der Koppit nicht nur auf die eigentliche schmale Koppitbank beschränkt ist, sondern im ganzen Kalk der Schelinger Matten vorkommt, und zwar in ziemlich gleichbleibender Menge. Versuche in größerem Maßstab wurden durchgeführt und Anfang 1937 wurde mit der Errichtung größerer Anlagen zum Abbau des Kalkes begonnen. Die Gewinnung des deutschen Niob wurde noch im Jahre 1937 aufgenommen.

II. Geschichtlicher Überblick über die Ansichten der Entstehung der Kalke im zentralen Kaiserstuhl.

Der erste Mineraloge, der über den Kaiserstuhl etwas veröffentlichte, war DITTRICH (1774). Er beobachtete das Kalkvorkommen von Schelingen, namentlich den Glimmerkalk bei Vogtsburg und vertrat die Auffassung, die Vulkane des Kaiserstuhls hätten diese Kalkformationen durchbrochen.

DE SAUSSURE (1791) ist der Ansicht, daß sich der Kalk aus Wasser gebildet habe.

Der erste, der den Kalk eingehender beschreibt, ist EISENLOHR (1829). Er tut dies allerdings nur, um zu beweisen, daß der Dolerit (heute als Essexit bezeichnet) den Kalk gangförmig durchsetzt, also ein eruptives Gestein ist.

¹⁾Vgl. Übersichtskarte am Schluß.

MERIAN (1847) beschäftigt sich näher mit der Entstehung des Kalkes. Er faßt ihn als ein durch vulkanische Hitze metamorphisiertes Flötzgestein (Hauptrogenstein) auf.

Dieser Auffassung tritt FROMMHERZ (1852) entgegen. Seiner Meinung nach wäre der Kalk bei einer Metamorphose durch ein vulkanisches Gestein dissoziiert worden. Die Kalke seien durch Auslaugung der vulkanischen Gesteine entstanden. Die kalkhaltigen Wässer wären im Krater verdunstet und hätten ihren Kalkgehalt dort abgeschieden. Den Gehalt an fremden Mineralien erklärt er durch Verdunsten heißer vulkanischer Quellen im Krater.

NISS (1862) sucht die FROMMHERZsche Auffassung durch Beweise zu stützen.

SCHILL (1854) (13) und GRAEFF (1891) (9) stehen auf dem Standpunkt der Kontaktmetamorphose.

KNOP (1892) (12) erklärt den Kalk als eine Bildung aus einem Höhlensee des nun verschwundenen Eruptionskegels.

Dann aber hat sich die Auffassung, es handele sich hier um kontaktmetamorphe Kalke, durchgesetzt.

Von der vermeintlich größeren oder ausschließlichen Koppitführung abgesehen, hatte man die Kalkbank in der Schlotbreccie von Schelingen bis dahin als kein selbständiges Gebilde behandelt. Noch KIEFER (11) und ZOTZ (17), die sich mit dem Alter der metamorphen Kalke beschäftigen, nehmen Proben aus diesem Vorkommen und behandeln sie ebenso wie solche aus den benachbarten Brüchen.

BRÖGGER (2) äußerte in seiner Schrift über die Gesteine des Fengebietes (1920), daß es sich bei den Kalkgängen des Kaiserstuhlgebietes wohl ebenso um Gänge aus einer Karbonatitschmelze handeln werde, wie bei den Gängen des Fengebietes.

SOELLNER (15) denkt sie sich als „eine Bildung analog den Pegmatiten, unter hervorragender Mitwirkung überhitzten Wasserdampfes, bei Temperaturen über 500 Grad“.

III. Petrographischer Überblick.

Zum besseren Verständnis sei das Ergebnis der folgenden Ausführungen hier kurz vorweggenommen.

Der kristalline Kalk des mittleren Kaiserstuhls wird von Essexit unterlagert und ist vornehmlich durch diesen, aber auch durch zahlreiche junge Gänge von Tephrit, Phonolith, Monchiquit, Tinguait usw. hochgradig zu Marmor umkristallisiert. Neben der thermischen Umwandlung wurde er auch pneumatolytisch durchgast, was zur Bil-

dung von Koppit, Dysanalyt, Apatit, Magnesioferrit usw. führte. Diese Teile will ich als „Marmor“ und speziell als „Koppitmarmor“, „Dysanalytmarmor“ usw. bezeichnen. Bei Schelingen sind als jüngere Magmen eine oder vielleicht auch einige tephritische Massen durchgebrochen, die ganz brecciös sind und auch von SOELLNER als „Schlotbreccie“ bezeichnet werden. Dieses tephritische Magma hat eine große Masse Koppitmarmor umschlossen, sie randlich völlig durchdrungen und dort wie auch in der Mitte anscheinend ganz umgeschmolzen. Randlich sind Assimilationen entstanden; aber der ganze mittlere Teil kristallisierte wieder als kristallines koppitführendes Kalkspatgestein aus, allerdings mit zum Teil anderen Gefügeverhältnissen. Es handelt sich also bei der mittleren, ganz von Tephritbreccie umschlossenen Kalkbank um einen echten Karbonatit im Sinne BRÖGGERS. Er wird deshalb hier als „Koppitkarbonatit“ bezeichnet. Art und Menge des Mineralbestandes ist annähernd dieselbe wie im Koppitmarmor, der auf den oberen Teilen des Berges mit ihm zusammenstößt. Nur Absonderung, Makro- und Mikrogefüge sind anders.

IV. Petrographie der einzelnen Gesteine.

Es folgt nun eine petrographische Beschreibung der einzelnen Gesteine. Die Anordnung ist von der Altersfolge unabhängig.

Zunächst werden die „rassereinen“ Eruptivgesteine beschrieben. Diesen Namen schlug 1924 SCHNEIDERHÖHN für Eruptiva vor, „die nicht mehr oder weniger in ihrem Auftreten und ihrer Paragenesis durch das Nebengestein abgeändert sind“.

Hieran schließt sich die Beschreibung der reinen kristallinen Kalke und an dritter Stelle diejenige der Mischgesteine oder „Bastardgesteine“ am Kontakt zwischen Essexit und Kalk und der Karbonatitgänge im Essexit.

1. „Rassereine“ Eruptivgesteine.

a₁) Essexit.

Von dem Wege von Schelingen nach dem Koppitkalkbruch zweigt unmittelbar vor dem Berg in nördlicher Richtung ansteigend ein Weg ab. An seiner ersten Biegung bildet Essexit den Boden und im Weitergehen überschreiten wir den Kontakt Essexit—Kalk, der aber in seinem verwitterten Zustande schwer erkennbar ist.

Der Essexit bildet hier ein deutlich körniges, schwarz-weiß gesprenkeltes Gestein, das unterhalb der Kontaktzone frisch aussieht.

Mit dem bloßen Auge sind nur die Augitkristalle und einige Biotit-schuppen zu erkennen.

Unter dem Mikroskop unterscheidet man im wesentlichen Augit, Biotit, Hornblende, Plagioklas, Orthoklas, Apatit und Magnetit.

Der wichtigste unter den dunklen Gemengteilen ist der Augit. Seine rötlich-violette Farbe deutet auf Titangehalt. Seine idiomorphen Kristalle sind überwiegend säulig entwickelt. Zwillinge nach (100) sind bei ihm häufig. In den meisten Kristallen kann man zonaren Aufbau feststellen, der gut ausgebildet ist, ebenso Sanduhrstrukturen. Gelegentlich kommen auch Durchkreuzungszwillinge bei ihm vor. Die Auslöschungsschiefe beträgt c/c ca. 50° . Bei zonarem Aufbau löscht der Kern bei 55° aus. Überwiegend enthält er Einschlüsse von Magnetit und Apatit, teils auch von brauner Hornblende. Randlich ist er umgewandelt in grüne, teilweise auch in braune Hornblende. Auf den Spaltrissen ist diese Umwandlung weiter ins Innere fortgeschritten. Außerdem scheint sie von den Einschlüssen der braunen Hornblende auszugehen.

Die Kristalle der rotbraunen Hornblende sind lappig ausgebildet und schlecht begrenzt. Der Pleochroismus ist sehr stark, von $n\alpha$ blaßgelb nach $n\beta$ und $n\gamma$ rotbraun. Die Hornblende umwächst häufig den Augit parallel; ihre Auslöschungsschiefe ist sehr klein, fast 0° , ihr Charakter negativ. Der Achsenwinkel ist sehr klein; es handelt sich also um eine barkevikitische Hornblende. Sie enthält Einschlüsse von Apatit und Magnetit.

Neben der braunen findet sich auch eine grüne Hornblende. Auch bei ihr ist starker Pleochroismus von grün nach braungrün zu beobachten.

Wichtiger noch ist ein rotbrauner Biotit, der auch ohne regelmäßige Umgrenzung vorkommt. Sein Pleochroismus ist stark, von blaßgelb nach rotbraun, seine Auslöschungsschiefe gegenüber den Spaltrissen sehr klein, sein Aussehen noch frisch.

Unter den farblosen Gemengteilen ist der wichtigste der Plagioklas. Mit einer Auslöschungsschiefe von $29-30^\circ$ im symmetrischen Schnitt gehört er zu der Reihe der Labradore.

Orthoklas tritt nur als Füllmasse auf.

Zu diesen Komponenten treten als Akzessorien Magnetit in schlecht ausgebildeten Kristallen und Apatit, der in ziemlich dicken Säulen vorkommt. Der Apatit enthält viele zonar angeordnete Einschlüsse, scheinbar Schlackeneinschlüsse.

Durch Ätzen und Färben mit Methylenblau wurde die große Verbreitung des Nephelins erkennbar. Ein Teil der blaugefärbten Substanz dürfte wohl von Zersetzungsprodukten wie Chlorit herrühren. Die sechsseitigen und länglichen Kristalldurchschnitte müssen aber als Nephelin angesprochen werden.

Die Feldspäte und die gesamte Grundmasse sind angefüllt mit Schlackenteilchen oder Magnetitmikrolithen und Ägirintröpfchen.

a₂) Hydrothermale Umwandlungen im Essexit.

Der Essexit wird von kleinen Spalten und Rissen durchzogen, längs deren die hydrothermalen Lösungen aufsteigen konnten. Von ihnen aus schreitet die Umwandlung nach dem Innern hin fort.

Der Kern zwischen den Spalten ist noch frisch. Hier kann man die einzelnen Stadien der Umwandlung beobachten.

Das erste Mineral, das angegriffen wurde, ist der Augit. Zunächst wandelte er sich in einen Biotit um. Die Umwandlung fängt am Rande an und schreitet auf den Spaltrissen nach dem Innern fort. Gleichzeitig scheidet sich schon etwas Calcit ab. Der Eisengehalt bildet kleine Erzkörner. Die Kristalle lösen sich nach und nach zu einem Gemisch von Biotitschuppen, Calcitkörnern und Erzteilchen auf. Die äußere Umrandung ist noch zu erkennen. Aber die Biotitschuppen bleiben nicht lange bestehen und werden weiter zu Chlorit umgesetzt. Dabei scheidet sich wieder Calcit aus.

Gleichzeitig mit der Umwandlung des Biotits zu Chlorit beginnt die Umwandlung der Grundmasse. An ihre Stelle tritt ebenfalls Kalkspat.

Auch der Chlorit wird dann durch Kalkspat ersetzt. Die Umrisse der anfänglich vorhandenen Pyroxene sind nur noch an einer Anhäufung von Erzkörnern zu erkennen. Aber auch diese werden schließlich noch gelöst und weggeführt. Zuerst wandelt sich der ganze Kristall in ein rotbraun durchscheinendes Oxydationsprodukt um. Oft umschließen diese Oxydationsprodukte noch einen Kern nicht umgewandelter Substanz. Auch die entstandenen Oxydationsprodukte werden im weiteren Verlauf noch gelöst und weggeführt.

b) Phonolith.

Am Ende des vom Wege Schelingen-Koppitkalkbruch nach Norden abzweigenden Fahrweges steht der Phonolith unten am Wegrande im Kontakt mit dem Kalk an. Wir finden ihn wieder oben auf dem Rücken, der von den Kalkklippen nach Nordosten hinzieht.

Der Phonolith tritt hier als graues körniges Gestein auf. Mit dem bloßen Auge sind Augiteinsprengungen und Kalkdrusen zu erkennen.

Im Dünnschliff sieht man sofort, daß das ursprüngliche Gestein stark verändert wurde. Die Struktur ist deutlich porphyrisch, die Feldspatleisten sind fluidal angeordnet. Neben den Feldspatleisten sind an Einsprenglingen noch zu nennen: Augit, Melanit und Leuzit. Der größte Teil des Gesteins ist in eine nicht mehr aufzulösende Masse umgewandelt.

Von den dunklen Gemengteilen ist der häufigste der Augit. Seine Farbe ist hellgrün. Der Pleochroismus ist für $n\alpha = n\gamma$ hellgrün und für $n\beta$ bräunlich-

grün. Umgeben ist er überall von einem Saum von Ägirin, der um fast alle Kristalle dieselbe Stärke aufweist. Vor der Umwandlung waren die Augitkristalle gut kristallographisch begrenzt. Der optische Charakter des Augits ist positiv, seine Auslöschungsschiefe $n:c:e$ beträgt 48—50°. Zonarer Aufbau ist nur selten zu beobachten.

Der Ägirin, der hauptsächlich als Umrandung der Augitkerne vorkommt, tritt auch ohne diese Kerne auf. Er zeigt dann xenomorphe Ausbildung bei einer Auslöschungsschiefe von $n:c:c$ von ca. 50°.

Der Melanit ist zweifellos jünger als die ersten Augitausscheidungen, denn er enthält im Innern viele Bruchstücke als Einschlüsse. Seine Bildung ist wohl auf eine Einschmelzung von Kalk zurückzuführen; denn regelmäßig finden sich im Innern Kalkbruchstücke. Wir müssen zwei Melanitgenerationen unterscheiden: Eine ältere hellere, mit einem noch helleren Rand. Dann legen sich wieder Augit und Kalkbruchstücke um den Kristall und er wächst weiter, nun allerdings — in dieser zweiten Generation — mit dunklerer Farbe. Außerdem ist seine Umgrenzung jetzt nicht mehr regelmäßig. Sie wird hauptsächlich von Augiten, welche ihn rings umhüllen, angedeutet.

Hauyn war sicher im Phonolith enthalten; heute ist er nur noch an seinen äußeren Umrissen erkennbar. Die Masse, welche ihn jetzt ersetzt, ist wegen ihrer Feinheit nicht näher zu bestimmen. Die niedrige Licht- und Doppelbrechung läßt auf Zeolithe schließen. Dazwischen sitzt aber Kalkspat.

Nephelin kann ebenfalls vorhanden gewesen sein. Kristalldurchschnitte welche zonar angeordnete Schlackeneinschlüsse enthalten, werden dagegen sicherlich als Hauyn angesprochen werden können.

Der Feldspat ist vertreten durch Sanidinleisten, sowie ferner durch Oligoklasalbit, der nach dem Albitgesetz verzwillingt ist. Im symmetrischen Schnitt zeigt er eine Auslöschungsschiefe von 16°.

Glaseinschlüsse sind ziemlich häufig, größere in der Grundmasse und kleinere in den Sanidinleisten. Um die größeren legen sich Feldspatleisten.

c) Tephritbreccie.

Die Schlotbreccie wird von einer lettigen, bröckeligen Masse ausgefüllt. Sie ist so zersetzt, daß aus ihr keine Schlicke gemacht werden konnten. Der Verwitterung setzt sie wenig Widerstand entgegen.

Diese Breccie ist von Einschlüssen erfüllt, die im Gegensatz zum Bindemittel frisch und gut erhalten sind.

Vorherrschend unter diesen Einschlüssen ist der Essexit. In vollkommen gerundeten Brocken erfüllt er die ganze Schlotbreccie; er ist wenig angegriffen. Die als selbständige Individuen und als Umwandlungsprodukt des Augits vorkommende Hornblende ist randlich etwas chloritisiert und hat sich weiter zu Kalkspat umgesetzt. Diese Ränder sind aber äußerst schmal.

Daneben sind in der Breccie viele Kalkbruchstücke enthalten, — Stücke des Koppitmarmors. Im Innern zeigen sie genau die gleiche

Struktur wie der Marmor; nur gegen den Rand hin, an der Kontaktfläche mit dem Tephrit, machen sie einen angeschmolzenen Eindruck.

Es fanden sich ferner noch weitere Kalkbrocken ohne einheitlichen Charakter. Größere Stücke schwimmen hier in einer feinkörnigen Grundmasse. In ihr fand ich auch Bruchstücke einer Schneckenschale.

Und noch eine dritte Art von Kalkbruchstücken konnte ich feststellen. Äußerlich erscheinen sie nicht wie Kalk. Sie sind sehr leicht und porös, dem Bimstein ähnlich. Im Dünnschliff zeigt sich dieser poröse Charakter auch bis in die kleinsten Ausmaße. Die ursprünglichen Kalkspatindividuen sind noch zu erkennen. Im Innern haben sie noch eine Zwillingsstreifung, randlich sind sie aber vollkommen unregelmäßig begrenzt und weisen die gleichen Anschmelzungserscheinungen auf wie die vorher beschriebenen beiden Arten.

Alle diese Kalkbruchstücke wurden beim Durchbruch durch den Kalk mitgerissen. Am unmittelbaren Kontakt mit dem Tephrit schmolz der Kalk etwas auf. Dabei war die Erwärmung bei einzelnen Stücken so erheblich, daß der Kalk teilweise dissoziierte. — Der Fund der Schneckenschale besagt nichts Neues; er bestätigt nur, daß der Durchbruch im Miocän erfolgte. Herr Dr. TOBIEN bestimmte sie als eine miocäne Schnecke. Ihre Art konnte nicht festgestellt werden.

Die Schlotbreccie durchsetzt die Kalkschichten diskordant und überlagert sie. Ein Gang der Breccie durchsetzt den oberen Steinbruch. In der Nähe der Kalkplatte zeigen dort auftretende Rutschflächen seine tektonische Beanspruchung.

d) Theralithgänge.

In der tephritischen Schlotbreccie steckt ein Gang. Gänge der gleichen Art finden sich noch etwas weiter oberhalb in dem Tal hinter dem dritten Steinbruch. Diese Gänge gehören wohl der jüngsten Phase des Kaiserstuhlvulkans an. Im Gegensatz zu allen anderen Gesteinen sind sie noch frisch, unzersetzt und ziemlich fest.

Schon äußerlich ist zu erkennen, daß sie voll sind von Einschlüssen. Fast die ganze Gangbreite besteht aus mitgerissenen Gesteinsbrocken. Die Breite der Gänge beträgt ca. 30—40 cm, die der Einschlüsse kaum mehr als 1 cm. Die eigentliche dunkle Gangmasse bildet also nur ein Binde- oder Kittmittel zwischen den einzelnen Gesteinsbrocken. Die Grundmasse des Ganges ist ein Glas, in dem

Ägirine schweben. Stellenweise erscheint das Glas dunkelbraun gefärbt.

Die Art der meisten Einschlüsse zu ermitteln, ist unmöglich; sie sind zu klein und zu stark umgewandelt.

Die größten und am besten erkennbaren Einschlüsse bestehen aus Phonolith. Sie führen tafelförmigen Sanidin, der nur selten verzwillingt ist. Von Augiten ist ein hellgrüner, diopsidähnlicher Augit mit einer Auslöschungsschiefe $c \ c \ ca. \ 50^{\circ}$ festzustellen und untergeordnet noch eine braune Hornblende mit fluidaler Textur und holokristalliner Struktur.

Ich nenne diese Gänge hier theralithische Gänge. Bis zur Oberfläche kommen sie nirgends; sie wurden erst bei den neuesten Schürfarbeiten und Erweiterungen des Steinbruchbetriebes freigelegt.

2. Die kristallinen Kalke.

a) Koppitkarbonatit und Koppitmarmor.

Grundlegend unterscheiden wir zweierlei Arten des koppitführenden Kalkes: Die steilstehende Kalkplatte in dem brecciösen Tephrit, den „Koppitkarbonatit“, und die annähernd horizontal gelagerten „Koppitmarmore“. Aufgeschlossen sind die Kalke in drei Steinbrüchen, welche auch schon von früheren Bearbeitern erwähnt werden. Der erste von ihnen liegt in dem horizontal gelagerten Marmor. Der zweite, unmittelbar daneben und durch den Tephrit von ihm getrennt, enthält den Karbonatit. Der dritte befindet sich etwas weiter östlich, im oberen Teile des von Schelingen sich heraufziehenden Tales wieder im Marmor. In letzter Zeit wurde noch ein weiterer Bruch westlich des ersten in Betrieb genommen, der aber diesem gegenüber keine neuen Verhältnisse zeigt, da er die gleichen Schichten erfaßt.

Der Koppitkarbonatit bildet eine 8—10 Meter mächtige Platte, die in der tephritischen Breccie sitzt. Nach oben, der Höhe der Schelinger Matte zu, wird sie mächtiger. Die Platte ist in sich gebankt; parallel dieser Bankung läuft eine Streifung. Das Streichen der Platte ist N 20—25 E, das Einfallen 60—65° NW.

Zahlreiche Klüfte und Spalten durchsetzen, teils parallel, teils senkrecht zu ihrer Richtung, die Bank. Die oft ziemlich breiten Klüfte sind mit stengligem Kalkspat ausgefüllt.

Der Verwitterung setzt diese Bank größeren Widerstand entgegen als die anderen Gesteine, die sie nun infolge ihrer Herauswitterung überragt.

Schon bei makroskopischer Betrachtung können wir zwei Arten der Ausbildung unterscheiden. Bei der ersten sind die Kalkspatkörner gleichmäßig isometrisch ausgebildet. Der Magnesioferrit ist hier öfters besonders angereichert, — in dunklen Bändern und Schnüren. Bei der zweiten Art sind die Kalkspatindividuen im allgemeinen langspätig und leistenförmig. Die Leisten liegen parallel zueinander. Oft kann man lange Linien verfolgen, längs deren sich die Kristalle anlagern. Eine Grenze kann man zwischen beiden Ausbildungsarten nicht ziehen; sie gehen ineinander über.

Im Dünnschliff erkennt man, daß die einzelnen Kalkspatkörner unregelmäßig miteinander verzahnt sind. Selten zeigt sich eine ausgebildete Kristallfläche. Fast alle Individuen zeigen eine Zwillingsstreifung. Die Kontaktminerale sitzen auf den Korngrenzen. Nur der Apatit spießt ab und zu in einen Kalkspatkristall hinein.

Die Hauptkontaktminerale sind Koppit, Apatit, Biotit und Magnesioferrit. Daneben werden noch einzelne seltener vorkommende gefunden, wie Diopsid und Forsterit.

Eingehend wurden die Kontaktminerale schon einmal von DAUB, Diss. Frbg. 1912, (5) behandelt. Ich kann mich deshalb hier kurz fassen und will neben dem wesentlichen noch neue Beobachtungen bringen.

Das interessanteste und wichtigste der Kontaktminerale ist zweifellos der Koppit. In kleinen wohlausgebildeten Oktaedern sitzt er im Gestein. Die Kristalle erreichen aber kaum einen größeren Durchmesser als 2 mm. Neben den Oktaederflächen treten hier und da noch Würfelflächen auf. Im Dünnschliff ist er vollkommen isotrop. Seine Durchschnitte zeigen großenteils zonaren Aufbau. Der Kern ist dabei dunkler — und zwar rötlich — gefärbt, die äußere Zone heller, mehr gelblich. Ganz selten findet man, daß die Zonen mehrmals wechseln, daß auf eine hellere, gelbliche Zone eine dunklere und dann wieder eine hellere folgt. Diese zonaren Koppite sind nicht überall im Gestein verteilt; nur in einzelnen Proben wurden sie gefunden. In diesen aber waren alle zonar aufgebaut. Nicht zonare Kristalle sind heller gefärbt. Auffallend ist ferner, daß Einschlüsse sich hauptsächlich in den zonargebauten finden. Bei den Einschlüssen handelt es sich um Apatit, dessen Nadeln meist orientiert eingewachsen sind und parallel zu den Oktaederflächen liegen. Längs der Flächen spaltet dann der Koppit, — sogar so leicht, daß die Kristalle beim Herausnehmen mit der Pinzette aus einem Konzentrat zerfallen. Leider führten absorptionspektroskopische Untersuchungen

in der Richtung, ob die verschiedenen Färbungen auf verschiedenen hohe Gehalte an Cererden zurückzuführen sind, zu keinem Ergebnis. Die Schichtdicken der Schiffe und damit auch die Konzentrationen der seltenen Erden sind zu gering, um noch wahrgenommen werden zu können.

Öfters lassen sich Parallelverwachsungen der Oktaeder beobachten, daneben — allerdings nur selten — Zwillinge nach dem Spinellgesetz.

Der Apatit bildet lange Nadeln. An ihnen sind die Prismenflächen gut ausgebildet, während die Endflächen meist fehlen. Die Kristalle sind ganz klar und sitzen meistens in Büscheln zusammen. Fast alle Apatite enthalten Einschlüsse, die zonar angeordnet sind. Die Längserstreckung der Einschlüsse läuft mit der der Apatitkristalle parallel. Bei den Einschlüssen handelt es sich wohl um Gas-einschlüsse.

Der im Karbonatit vorkommende Glimmer wurde von KNOP (12) und von DAUB (5) als bariumhaltiger Biotit bestimmt. Die sechsseitigen Plättchen liegen selten allein. Meist sind sie zu dicken Paketen angeordnet, in denen hellere und dunklere grüne Partien wechseln. Sie sind optisch negativ mit einem sehr kleinen Achsenwinkel. Im Gestein liegen sie regellos, nicht orientiert.

Der Magnesioferrit bildet keine gutausgebildeten Kristalle. Er sitzt als Zwickelfüllung in den Ecken der Kalkspatkörner. Stellenweise zeigt er den Beginn einer Kristallbildung. Die Umrisse des Kristalls sind dann angedeutet, dazwischen aber sitzt überall noch der Kalkspat. Nach Lösen des Kalkspats bleiben oft größere Klumpen von ca. 1 cm Durchmesser zurück. Dies sind dann Büschel von Apatit, zwischen dessen Kristallen der Magnesioferrit sich ausgeschieden hat.

Die Korngrenzen des Kalkes sind stellenweise von Brauneisen gefärbt. Zwischen dieser Färbung und dem Gehalt an Magnesioferrit stellte sich eine Abhängigkeit heraus. Dort, wo viel von diesen Oxydationsprodukten beobachtet wurde, fand sich kaum noch Magnesioferrit. Die Oxydationsprodukte sind also zweifellos von dem früheren Gehalt an Magnesioferrit herzuleiten, der gelöst und umgewandelt wurde.

Von dem eben beschriebenen Karbonatit zu unterscheiden ist der Koppitmarmor. Dieser ist annähernd horizontal gelagert und weist eine deutliche Schichtung oder Bankung auf, die noch durch dunkle eisenreiche Partien unterstrichen wird. Durch Klüfte

sind diese Horizonte zerschnitten und längs der Klüfte gegeneinander verschoben. Der Marmor ist körnig und enthält die gleichen Mineralien wie der eben beschriebene Karbonatit. Koppit und Glimmer sind hier ebenso ausgebildet. Der Magnesioferrit macht eine Ausnahme; er findet sich hier oft als Füllung der Korngrenzen zwischen den Kalkspatkristallen. Nach dem Herauslösen des Kalkes bleiben Skelette von Magnesioferrit übrig.

Bei dem Apatit können wir in der Nähe der Schlotbreccie noch eine zweite Generation feststellen, deren Kristalle etwas größer sind und in Reihen hintereinander liegen. Fast machen sie den Eindruck von Spaltenfüllungen. Im Gegensatz zu den Kristallen der ersten Generation sind sie frei von Einschlüssen.

Die dunklen Horizonte, die durch den Kalk laufen, bestehen aus Eisenglanz, der glaskopfförmig, schalig aufgebaut ist. Gehen wir von oben nach unten durch einen solchen Horizont hindurch, dann kommen wir beim Austritt aus dem kristallisierten Marmor in eine Zone von ganz feinen Kalkstückchen. Wie zermahlen sieht hier der Kalk aus. In dieser Zone sitzt dann das Band aus Eisenglanz. Längs einer tektonisch beanspruchten Zone sind hier also Eisenslösungen eingedrungen und haben den Eisenglanz abgesetzt. Das muß nach der Umwandlung des Kalkes zu Marmor eingetreten sein, da sonst diese Umwandlung auch in der Ruschelzone stattgefunden hätte; es wären dann sicherlich auch hier größere Kalkspatindividuen entstanden. Die Ausbildung der anderen Individuen der Kontaktmineralien deutet darauf hin, daß sie bei der Kontaktmetamorphose zugeführt wurden. Die Mineralien sitzen auf den Korngrenzen des Marmors. Der Apatit spießt hier nicht wie bei dem Karbonatit in die Kalkspatkristalle hinein; auch läßt die skelettartige Ausbildung des Magnesioferrits zwischen den Kalkspatkristallen darauf schließen, daß er hochhydrothermal zugeführt wurde.

b) Verteilung des Koppits.

Da der Koppit zur Niobgewinnung verwertet werden soll, war es von Interesse festzustellen, ob er sich — wie früher stets angenommen — nur im Karbonatit findet oder über das ganze Gebiet weiter verteilt. Es wurden deshalb zahlreiche Proben gesammelt und untersucht.

Die Proben wurden aus den anstehenden Klippen entnommen, die größtenteils zu dem hier herausgewitterten Karbonatit gehören.

Daneben wurde eine Reihe von Aufschlüssen gemacht, um auch aus anderen Lagen Proben nehmen zu können. Die Lage der Entnahmepunkte ist aus der im Anhang beigegebenen Karte ersichtlich. Vermessen wurde die Lage mit Kompaß und Meßband.

Ungefähr 500 g wurden jedesmal unter Vermeidung von Reiben zerstoßen bis auf eine Korngröße von 2—3 mm. Nach dem Wiegen wurde der Kalk mit verdünnter Essigsäure gelöst. Die Säure wurde jedesmal, wenn ein Fortschreiten des Lösens am Aufsteigen von Gasblasen nicht mehr zu bemerken war, abgegossen und durch neue ersetzt. Wenn aller Kalk gelöst war, wurde die Essigsäure abge-

Prozent Koppit im Konzentrat

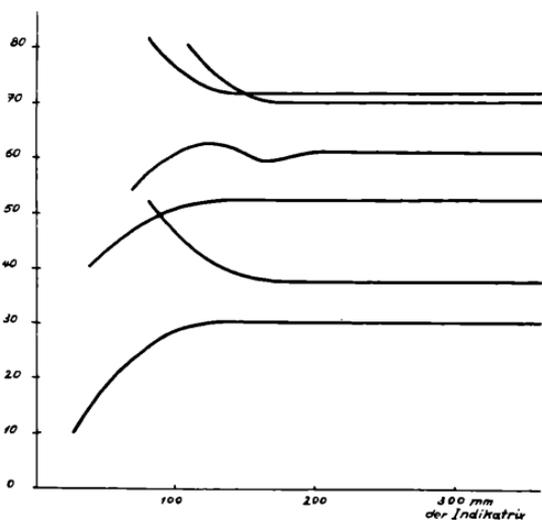


Abb. 1. Abhängigkeit der Meßkonstanz von der Länge des Mengenindikatrix.

gegossen und der Rückstand sodann kurz mit Salzsäure übergossen. Schließlich wurde jede Probe dreimal in einem hohen Glaszylinder mit Wasser aufgeschlämmt und die Trübe nach dreiminütigem Absitzen abgegossen. Hierbei gingen vermutlich die kleinsten Teile mit Wasser verloren. Da sie aber bei einer industriellen Aufarbeitung ebenfalls verloren gehen würden, brauchte auf sie kein Wert gelegt zu werden.

Die Lösungsrückstände sind bei mir daher auch kleiner als bei den Versuchen von KNOP und DAUB (5, 12).

Der unlösliche Rückstand wurde dann getrocknet, gewogen und mit dem Handmagneten der magnetische Teil entfernt. Dieser wurde ebenfalls gewogen.

Da eine chemische Analyse der Rückstände zu viel Zeit in Anspruch genommen hätte, mußte ein anderer Weg zur raschen Feststellung des Koppitgehaltes gefunden werden. Zu diesem Zwecke wurden von jedem Rückstande Körnerpräparate hergestellt. Ein Objektglas wurde mit Kanadabalsam bestrichen und etwas von der gut durchgemischten Probe darauf gegeben. Diese Präparate wurden auf dem Shandtisch ausgezählt.

Um Fehler auszuschalten, waren die Proben nach Korngrößen in drei Klassen geteilt, in solche größer als $\frac{1}{4}$ mm, zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ mm und kleiner als $\frac{1}{3}$ mm. Die mittlere Klasse erwies sich hierbei stets als zahlreichste. Die Prozentgehalte in diesen drei Klassen waren fast gleich. Zwecks Prüfung der Genauigkeit der Methode waren vorher Zählungen an Präparaten gemacht worden, von denen genaue Analysen vorlagen.

Bei einer Länge der Indikatrix von 200 mm waren die gezählten Werte annähernd konstant (vgl. Abb. 1, S. 40).

Es ergaben sich folgende Werte:

In der Analyse	gezählt
13,2 ‰	14,4 ‰
19,0	19,4
28,3	28,9
33,7	33,3
41,2	39,1

Die Methode war demnach genau genug, um die Gehalte an Koppit festzustellen.

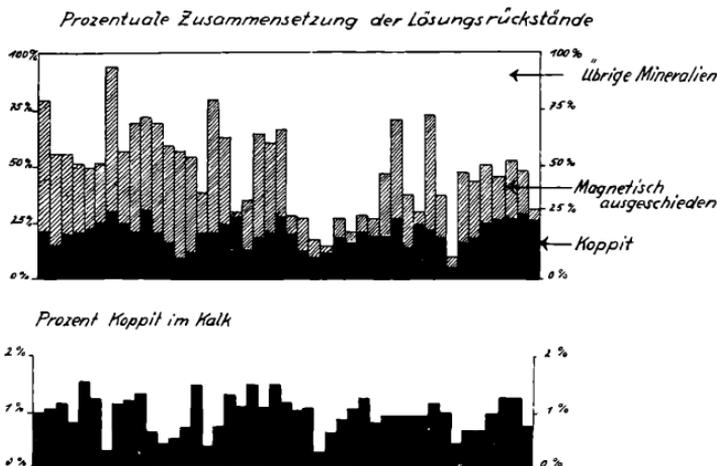


Abb. 2 a und 2 b.

In der Abb. 2 a und 2 b sind die Ergebnisse der Zählungen zusammengestellt. Aus Abb. 2 b ist der Koppitgehalt des Kalkes zu ersehen; auf der Horizontalen sind die Proben eingetragen, auf der Vertikalen der Gehalt an Koppit. Er schwankt zwischen $0,35$ ‰ und $1,6$ ‰. In Abb. 2 a ist die prozentuale Zusammensetzung des gesamten Lösungsrückstandes dargestellt. Hier zeigt es sich, daß entgegen der bisherigen Annahme zwischen Koppit und Magnesioferritführung kein Zusammenhang besteht.

Der Koppit sitzt also nicht nur in der mittleren Bank, sondern ist über das ganze Gebiet verteilt.

Von dem Kalk des gegenüberliegenden Badberges wurden ebenfalls Proben genommen. Die Aufschlüsse liegen aber ziemlich weit von dem Schelinger Kalk entfernt. In diesen Proben vom Kalk des Badberges ist nur sehr wenig Koppit zu finden. Öfters fehlt er gänzlich.

In kurzer Zusammenfassung ergibt sich folgendes:

Der Koppitmarmor und der Koppitkarbonatit unterscheiden sich nur in ihrem Gefüge und der Art der Ausbildung der Kontaktmineralien, hauptsächlich des Magnesioferrits.

Im Marmor liegen die Mineralien nur auf den Korngrenzen der Kalkspatkristalle, und zwar reihenförmig hintereinander. Der Magnesioferrit bildet nach dem Herauslösen des Kalkes Skelette.

Im Karbonatit liegen die meisten Kristalle der Kontaktmineralien zwar auch auf den Korngrenzen, allerdings hier nicht so reihenweise hintereinander, daneben aber auch ein Teil eingewachsen in Kalkspatkristalle.

In der Verteilung des Koppits besteht kein Unterschied.

3. Mischgesteine.

Nach den reinen Eruptivgesteinen und den reinen Kalken ist auf die Mischgesteine einzugehen.

Sie entstanden am Kontakt der Eruptiva und Kalke. In der eigentlichen Kontaktzone entstand ein homogenes Mischgestein. In seiner unmittelbaren Nähe wurde daneben Kalk vom Essexit aufgeschmolzen, ohne in dessen Mineralbestand wesentliche Änderungen hervorzurufen. Beim Erstarren kristallisierte als letztes Mineral Kalkspat als Zwickelfüllung aus. Vom Kontakt her nimmt sein Gehalt bis zu gänzlichem Verschwinden schnell ab.

a) Einschlüsse.

Weiter entfernt von der eigentlichen Kontaktfläche finden sich Kalkeinschlüsse, die in den noch nicht völlig erstarrten Essexit untergesunken sind. Im Innern kristallisierte wieder der reine Kalkspat aus. Ihn umschließt eine Zone eines Mischgesteins aus Kalkspat und Nephelin. Die äußerste Schale bilden Augite.

Wichtig sind diese Einschlüsse für die Frage der Temperatur des Essexits beim Hochdringen und damit auch für die Frage der Temperaturverhältnisse bei der Metamorphose. Der Essexit muß

noch flüssig gewesen sein, als er mit dem Kalk in Berührung kam; sonst hätten diese Brocken nicht in ihm untersinken können.

Auch der weiter nördlich anstehende Phonolith hat den Kalk durchbrochen und hierbei einen Teil davon aufgeschmolzen. In großen Individuen mit rhombischen Querschnitten kristallisierte der Kalkspat hier wieder zwischen den anderen Mineralien des Phonoliths aus. Daneben aber bewirkte er noch eine Änderung im Mineralbestande: Die Augite waren sicherlich schon gebildet, als der Phonolith den Kalk aufschmolz; auf ihre Kosten bildeten sich dann bei Eintritt der Kalkzufuhr Melanite.

Wollastonit entstand auch hier nicht, im Gegensatz zu dem Phonolith von Oberschaffhausen (3), in welchem der Mineralbestand infolge des Einschmelzens der Kalke sich weitgehend änderte und hauptsächlich zur Bildung von Wollastonit Veranlassung gab.

b) Kalkgänge.

Zu den Mischgesteinen rechne ich ferner die Kalkgänge, von denen hier zwei Arten festzustellen sind, die sich in ihrer Ausbildung und ihrer Mineralführung unterscheiden:

Karbonatitgänge.

In wechselnder Mächtigkeit durchsetzen sie Essexit und Kalk und durchziehen den darüber gelagerten Tephrit. Das herrschende Gestein ist weißer Marmor, der streifig angeordnete dunklere Mineralien enthält. Diese sind die gleichen Kontaktmineralien, wie sie auch im übrigen Marmor sich vorfinden. Gelöste und ausgezählte Proben zeigen, daß diese Gänge denselben Koppitgehalt aufweisen wie der Koppitmarmor.

Die Hauptgangmasse wird von großen Kalkkristallen gebildet. Daneben findet sich viel Koppit, der hier aber nicht nur in regelmäßigen Kristallen auftritt, sondern lappig ausgebildet ist und die ganze Gangbreite ausfüllt. Apatit ist in regelmäßigen, sechsseitigen Querschnitten vorhanden. Die Kristalle sind meist sehr kurz und enthalten in der Mitte kleine dunkle Einschlüsse. Häufig kann man auch Diopsid feststellen — mit teils sehr schön ausgebildeten, teils gänzlich fehlenden Endflächen. Glimmer war ebenfalls ursprünglich in sehr kleinen Individuen vorhanden. Größtenteils ist er jetzt chloritisiert. Der entstandene Chlorit ist farblos bis gelblich; unter gekreuzten Nicols zeigt er die anomalen, blauen bis violetten Interferenzfarben.

Der Kontakt dieser Gänge gegen den Essexit zeigt dasselbe Bild wie die Kontaktzone zwischen Koppitmarmor und dem darunterliegenden Essexit. Diopsidkristalle liegen parallel zur Kontaktfläche. Es finden sich solche auch noch unregelmäßig eingelagert in der Gangmitte. Diese sind wohl aber an der Kontaktfläche gebildet und mitgerissen.

Hydrothermale Kalkspatgänge.

Hauptgangmasse ist bei ihnen Kalkspat, welcher sich lagenweise gegen den Kontakt hin abgeschieden hat. Im Innern enthalten diese Gänge wohlausgebildete, nicht verzwilligte Kristalle von Orthoklas. Ihre Lichtbrechung ist kleiner als die von Kanadabalsam, ihr Charakter negativ, ihre Auslöschung gerade. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen führen diese Gänge bei ihrem Durchgang durch den Essexit an der Kontaktfläche keine Kontaktmineralien. Der Essexit zeigt in ihrer unmittelbaren Nähe Umwandlungen, welche als hydrothermale Umwandlungen des Essexits schon vorher gekennzeichnet wurden. Erzkörner in der Nähe der Gängchen werden gelöst. Die Oxydationsprodukte werden mitgeführt und scheiden sich auf den Korngrenzen der Kalk- und Feldspatkristalle ab.

c) Homogenes Mischgestein am Kontakt.

Vom Essexit herkommend kann man am Kontakt gegen den Kalk mehrere Zonen beobachten. Zuerst den reinen Essexit! Gegen die Kontaktfläche hin nimmt der Gehalt an eingeschmolzenem Kalk langsam zu. Zunächst sind es nur ganz kleine Fetzen zwischen den anderen Mineralien, dann aber — gegen den Kontakt hin — immer größere. Hierauf folgt die eigentliche Kontaktfläche. Parallel zu ihr liegen Diopsidkristalle, die gegen den Kalk hin immer kleiner werden. Gleichzeitig tritt zwischen ihnen stets stärker und kalkreicher werdend eine helle Grundmasse hervor. In ihr stoßen wir auf Neubildungen von Oligoklasalbit. Anschließend an diese nimmt der Kalkgehalt schnell zu, so daß die ganze Masse fast nur noch aus Kalk besteht, der in Marmor übergeht.

Der Mineralbestand des Essexits hat sich in der Kontaktzone nicht wesentlich geändert. Gegen den Kontakt hin häufen sich die dunklen Gemengteile, hauptsächlich der Augit. Randlich zeigen sich Zersetzungen; hier hat sich Kalkspat gebildet. Zu den Essexitmineralien tritt noch der Kalk hinzu, der alle Zwickel ausfüllt.

Die Diopside parallel der Kontaktfläche sind unregelmäßig begrenzt. Unmittelbar am Kontakt sind sie am größten und von grünlicher Farbe. Wo die Kontaktzone etwas breiter ist, färben sie das ganze Gestein grünlich. Ihre Auslöschungsschiefe gegenüber den Spaltrissen beträgt ca. 40° . Gegen den Kalk hin werden die Individuen immer kleiner und rundlich.

Zwischen ihnen findet sich viel Nephelin. Seine große Verbreitung trat erst nach dem Ätzen und Färben deutlich hervor.

Drittes Mineral ist ein Feldspat, allerdings in solch kleinen Körnern, daß er nicht näher bestimmt werden konnte. Seine Lichtbrechung ist kleiner als die des Kanadabalsams. — Es dürfte sich wohl um die gleiche Art handeln, welche sich in einer Zone als Neubildung dort fand, wo der Gehalt an Diopsid zu verschwinden beginnt. Hier wurde der Feldspat als Oligoklasalbit bestimmt. Diese Feldspatneubildungen enthalten Einschlüsse von Grundmasse und von Kalk. Die Kalkeinschlüsse sind orientiert eingewachsen; sie liegen auf Spaltrissen des Feldspats.

Der Essexit muß beim Aufdringen noch teilweise flüssig gewesen sein, da anderenfalls Kalkbruchstücke in ihm nicht hätten untersinken können. Beim Aufschmelzen des Kalkes bildete sich eine Calcitschmelze, welche einen Teil der Grundmasse des Essexitmagma löste. Aus diesem Mischmagma kristallisierten dann Diopsid, Nephelin und Albit-Oligoklas aus. Die Temperaturen waren hoch genug, hielten aber nicht ausreichend lange an, um vollends zur Bildung dieser Silikatmineralien zu führen. Deshalb begann nur die Bildung einiger größerer Kristalle, während der Rest rasch zu kleinen Individuen erstarrte.

Nach dem Herauslösen der helleren wurde der Essexit reicher an dunklen Gemengteilen. Diese waren wohl teilweise schon gebildet, denn randlich sind sie etwas zersetzt. Der Kalk, der sich in diesem Magma noch löste, reagierte nicht mehr mit ihm, sondern kristallisierte schließlich als Zwickelfüllung aus.

Am Kontakt mit dem Essexit beobachten wir also die eben beschriebenen Mischgesteine. Zwischen dem Tephrit und dem Koppitmarmor fanden sich keine Reaktionsprodukte, wohl aber Anzeichen, die darauf schließen lassen, daß der Kalk am unmittelbaren Kontakt schmolz.

Auch zwischen dem Koppitkarbonatit und dem Tephrit waren irgendwelche Reaktionsprodukte nicht zu finden. Der Tephrit war offensichtlich nicht heiß genug, um den Kalk ebenso wie der Es-

sexit aufschmelzen zu können. Von Interesse waren hier die Verbandsverhältnisse zwischen dem Kalk und dem Tephrit, auf die im folgenden noch näher einzugehen ist.

V. Verbandsverhältnisse Kalk-Tephrit.

(Vgl. Seite 47, Abb. 3—6.)

Schon ältere Kaiserstuhlforscher, die sich mit diesem Kalkvorkommen beschäftigten, hatten beobachtet, daß es sich hier nicht um eine einheitliche Bank handelt, die von zwei annähernd parallelen Flächen begrenzt wird.

KIEFER (11) erwähnt in seiner Schrift über das Alter der metamorphen Kalke, daß er eine Kalkbank beobachtete, die sich in den Tephrit hineinfierte und seiner Ansicht nach unmöglich tektonischer Natur sein konnte.

Da diese Verbandsverhältnisse für die Frage der Entstehung große Wichtigkeit besitzen, wurde ihnen besondere Beachtung geschenkt.

Erst in der allerletzten Zeit wurde der Schutt auf der rechten Steinbruchseite fortgeräumt und dabei der Kontakt zwischen Kalk und Schlotbreccie freigelegt. Die Aufnahmen, welche ich dort machen konnte, verdeutlichen wohl am besten die dort herrschenden Verhältnisse.

Es zeigt sich hier klar, daß der Kalk gangartig den Tephrit durchsetzt. Immer wieder gabeln und vereinigen sich die Gänge und schließen zwischen sich Tephritlinsen ein. Je weiter wir uns von der Steinbruchmitte entfernen, um so schmaler werden die Kalkgänge.

In einem solchen Kalkgang fanden sich gerundete Tephrit-einschlüsse, welche in der Kalkmasse schweben.

Zu beiden Seiten ist der Tephrit tektonisch beansprucht. Rutschflächen zeigen, daß er regelrecht beiseite geschoben wurde.

Auch im obersten Steinbruch beobachtet man die gleichen Verhältnisse. Gangförmig durchsetzt hier der Tephrit den Kalk. Auch im Tephrit steckt ein Kalkgang, der sich immer wieder verzweigt und ebenfalls Einschlüsse von gerundeten Tephritbrocken führt. Ebenso zeigt die Breccie auf beiden Seiten des Kalkganges Rutschflächen.

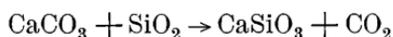
VI. Die Kontaktmetamorphose.

Bei einem Druck von einer Atmosphäre würde der Kalk bei einer Temperatur von 810° dissoziieren. Bei höherem Druck liegt diese Temperatur höher.

- 500 m streifigen und schiefrigen Mergeln
- 400 m bunten Mergeln
- 250 m Foraminiferenmergeln
- 60 m Cyrenenmergeln
- 300 m Süßwasserkalken.

Bei der Intrusion des Essexits sollen von diesen Sedimenten noch 1000—1200 m vorhanden gewesen sein. Bei einem mittleren spez. Gewicht von 2,7 übte die Sedimentdecke also einen Druck von 270—325 oder rund 300 Atmosphären aus.

Der Druck war also in der Kontaktzone hoch genug, um eine Dissoziation des Kalkes zu verhindern. Nach dem Diagramm, das GOLDSCHMIDT aufstellte, beginnt die Reaktion



bei Atmosphärendruck bei einer Temperatur von 500°. Bei 300 Atm. steigt die Temperatur. Da aber die Bildung von Wollastonit nicht erfolgte, so schloß man bisher, hat es sich bei der Metamorphose um Temperaturen unter 700° gehandelt.

Meine Beobachtungen an dem Kontakt Kalk—Essexit widersprechen aber dieser Hypothese. Der Essexit drang noch in flüssigem Zustande auf. Denn sonst hätten in ihm Kalkbrocken nicht unter-sinken können. Die Temperatur lag also nach diesen Beobachtungen zweifellos höher als 700°. Nach BOECKE „Die Schmelzerscheinungen und die umgekehrte Umwandlung des Calciumcarbonats“ (22) schmilzt Calciumcarbonat bei einem Druck von 110 Atmosphären bei 1289° und erstarrt bei Abkühlung wieder kristallinisch.

Damit stimmen auch die Beobachtungen überein, die Kalkspat als Kristallisationsprodukt aus einer Mischschmelze von Calcitmagma und Silikatmagma ansprechen. Beschrieben werden solche Erstarrungsprodukte von BRÖGGER im Fengebiet, von HÖGBOM im Alnögebiet und von BRAUNS in den Auswürflingen des Laacher See-Gebietes.

Auch hier entstand kein Wollastonit. Seine Bildung ist offensichtlich noch von anderen Faktoren abhängig. Jedenfalls können wir aus dem Fehlen nicht darauf schließen, daß Temperaturen unter 700° geherrscht haben müssen.

In der Kontaktzone entstand Diopsid. Über sein Auftreten sagt HARKER (10): „The presence of a little magnesia is enough to produce some diopside, while aluminous material present is likely to give rise to grossularite“ (Seite 81).

Die Beimengung von Magnesium oder Aluminium verhindert also die Entstehung von Wollastonit und läßt andere Kontaktmineralien entstehen. In der Kontaktzone waren jedenfalls genügend andere Stoffe vorhanden, welche die Bildung anderer Mineralien bedingten.

Die Karbonatitschmelze oder der aufgeschmolzene Rand des Kalkes an der Oberfläche mischte sich nicht mit der Essexitschmelze. Dagegen lösten sie die leukokraten Bestandteile am unmittelbaren Kontakt aus dem Essexit heraus, in der Hauptsache Na_2O , MgO und SiO_2 , in geringerem Maße auch Fe und Al. Aus dieser Mischung kristallisieren Diopsid, Nephelin und Albit aus.

Dadurch wurde das Essexit-Magma am Kontakt reicher an dunklen Gemengteilen. Hauptsächlich der Augit häufte sich an der Kontaktfläche. Daneben wurde nur wenig CaCO_3 von ihm aufgenommen. Es reagierte aber nicht, sondern kristallisierte zum Schluß als Zwickelfüllungen aus.

BRÖGGER (2), der ebenfalls Kalkeinschlüsse im Essexit-Magma ohne irgendwelche Anzeichen von Reaktionserscheinungen beschrieb, vermutete, daß das Essexit-Magma zu alkalisch sei, um mit dem Karbonatgehalt zu reagieren.

Und nun zu dem Gehalt an Kontaktmineralien! Schon aus Form und Anordnung wird ersichtlich, daß sie während der Umkristallisation durch Stoffzufuhr gebildet wurden. Vornehmlich die Ausbildung des Magnesioferrits, der hier skelettartig die Räume zwischen den Kalkspatkristallen ausfüllt, deutet darauf hin, ferner aber auch die Tatsache, daß kein Mineral in die Kalkspäte hineinspießt.

Die entstandenen Kontaktmineralien sind typisch für Kontakte mit Essexit-Gesteinen. Genau die gleichen Arten im Fengebiet beschreibt BRÖGGER. Die Pyrochlorgruppe, deren idealisiertes Molekül $\text{CaNaNb}_2\text{O}_6\text{F}$ ist, wird hier durch den Koppit vertreten. Für letzteren stellte BRANDENBERGER die Formel $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na}, \text{K})_2(\text{Nb}, \text{Fe})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$ auf. Zur Erläuterung sei hier eine Analyse des Koppits angeführt, die von J. JAKOB angefertigt wurde (21) (vgl. nächste Seite).

Der auftretende Biotit ist bariumhaltiger Biotit. In den Arbeiten BRÖGGERs fehlt die Angabe, ob es sich auch dort um solchen handelt. Die Gesamtanalysen der entsprechenden Gesteine zeigen aber ein Gehalt an Barium, welcher allerdings als Schwerspat angegeben wird. Der entsprechende Wert für SO_3 ist jedoch, wie BRÖGGER selbst angibt, zu klein, so daß die Möglichkeit bestünde, daß ein

	Gew. %	Mol. %	Anzahl der Moleküle	Anzahl der Anionen
CaO	15,88	36,80	8,72	8,72
MnO	0,01	0,01	0,005	0,005
MgO	0,27	0,90	0,21	0,21
Fe ₂ O ₃	00,73	7,89	3,78	5,67
Ce ₂ O ₃	8,15	2,83	1,53	2,295
La ₂ O ₃	1,68	0,69	0,32	0,48
TiO ₂	0,75	1,22	0,20	0,58
ZrO ₂	0,61	0,52	0,15	0,30
Nb ₂ O ₅	56,43	24,50	13,02	32,55
Ta ₂ O ₅	0,15	0,05	0,02	0,05
Na ₂ O	2,89	6,06	2,88	1,44
K ₂ O	1,64	2,28	1,02	0,51
H ₂ O	1,09	7,86		2,48
H ₂ O	0,00	0,00		0,00
F ₂	1,53	8,39		1,86
Σ	100,81			
— O = F ₂	0,65			—0,93
			Σ 31,94	Σ 56,22

Teil des Bariums im Biotit gebunden ist. Der Apatit ist in beiden Fällen ein Fluorapatit.

DRAPER (6) machte 1935 Versuche über die synthetische Herstellung des Magnesioferrits. Er kommt zu dem Schluß, daß der Magnesioferrit sich nur bei hohen Temperaturen — und zwar bei solchen über 800° — bilden kann. Auch dieser Umstand spricht dafür, daß die Temperatur der Kontaktmetamorphose über den früher angegebenen Temperaturen liegt.

Aufschlußreich ist auch noch folgende Beobachtung: Um das Ende eines der Gänge, die ich als solche thermalithischen Charakters beschrieb, liegen schalig Reaktionsränder. Es bildete sich in einem Abstand von ungefähr einem Meter vom Gang ein Hof aus Biotitpaketen. Zehn Zentimeter weiter liegt ein solcher von Magnesioferritkristallen.

Damit soll nur gezeigt werden, daß die Bildung dieser Kontaktmineralien an ein Magma gebunden ist, welches hier mit dem Essexit-magma nahe verwandt ist, so daß kaum ein Zweifel bestehen kann, daß die Kontaktmineralien nicht aus dem Essexit stammen.

Der Kalk erlitt also eine Metamorphose, deren Temperatur höher lag, als die bisher angegebenen Grenzen. Am Kontakt wird diese Temperatur vielleicht 1000° betragen haben. Während der Erstarrung des Essexits wurden seine leichtflüssigen Bestandteile frei und bildeten im Kalk Kontaktmineralien.

VII. Entstehung des Koppitkarbonatits.

Die angeführten Beobachtungen über die Kontaktverhältnisse zwischen Tephrit und der Kalkbank machen sehr wahrscheinlich, daß es sich bei der im mittleren Steinbruch aufgeschlossenen Kalkplatte um eine gangartige Ausbildung handelt. Nur eine aufdringende Masse ist imstande, derartige Verhältnisse zu schaffen. Anders kann man sich die Entstehung der Tephritlinsen zwischen den einzelnen Gangpartien nicht erklären.

Es bestehen zwei Ansichten über die Möglichkeit einer derartigen Gangbildung. Die eine von BRÖGGER (2) vertretene besagt, daß es sich um eine Gangbildung aus einer Calcitschmelze handelt. SOELLNER (15) dagegen nimmt an, daß es sich um einen pyrohydrogenen Gang handele, bei dessen Bildung Wasserdampf eine entscheidende Rolle spielte.

In etwa gleicher Weise dürften wohl auch die kleinen Gänge entstanden sein. — Ich möchte mich der Ansicht BRÖGGERs anschließen, weil die Kalkspatgänge, welche die gleichen Mineralien enthalten wie der übrige Koppitkalk, gegen den Essexit einen Reaktionsrand aufweisen. Die in ihm vorhandenen Mineralien sind die gleichen, die wir in der Kontaktzone Kalk—Essexit wiederfinden. Außerdem sind solche Reaktionsränder noch als Ummantelung der Kalkbruchstücke zu beobachten, die in dem noch nicht ganz verfestigten Essexit einsanken. Dort entstanden die Mineralien zweifellos bei hohen, durch den noch flüssigen Essexit bedingten Temperaturen, während hier, wo der Essexit schon lange auskristallisiert und abgekühlt war, nur eine Kalkschmelze gleiche Bedingungen und damit die gleichen Mineralien hervorbringen konnte. In der Kontaktzone Marmor—Essexit war der Essexit wohl noch so heiß, daß er den Kalk aufschmelzen konnte. In den Kontaktzonen an den Gängen schmolz das Calcitmagma den Essexit auf und führte zur Bildung der Kontaktmineralien.

Für die BRÖGGERsche Auffassung spricht auch folgendes: In den Lösungsrückständen der Proben fanden sich größere, in Essigsäure unlösliche Brocken. Im Dünnschliff zeigte sich, daß es sich um Stücke eines Eruptivgesteins handelt. Leider wurden diese Einschlüsse beim Zerkleinern des Kalkes vor dem Lösen auf eine Korngröße von 2—3 mm zerstoßen. Bei derart kleinen Stücken läßt sich nicht sicher feststellen, welcher Art die fraglichen Einschlüsse sind. Höchstwahrscheinlich handelt es sich um Phonolith.

Bei weiterer Prüfung der Lösungsrückstände zeigte sich, daß solche Einschlüsse gar nicht so selten zu sein scheinen. Das Auffinden größerer Stücke, an denen der Gesteinscharakter einwandfrei hätte festgestellt werden können, gelang mir indessen nicht.

Größere Einschlüsse finden wir aber in der Kalkbank nahe dem Kontakt mit dem Tephrit. In den Kalkgängen, die den Tephrit durchsetzen, konnten vollkommen gerundete Tephriteinschlüsse mit einem Durchmesser bis zu 20 cm festgestellt werden.

Im obersten Steinbruch machen wir die gleichen Beobachtungen. Auch hier wird der Tephrit ebenso von einem Kalkgang durchsetzt, der wiederum Tephriteinschlüsse führt.

Auf Grund aller dieser Momente möchte ich mich der Ansicht BRÖGGERS anschließen. Die aufdringende Schmelze fand in der Tephritbreccie den geringsten Widerstand und konnte sich deshalb hier ihren Weg bahnen. Gleichzeitig dringt sie auf den Klufflächen des metamorphen Kalkes hoch. Daß die Kalkschmelze sich ihren Weg in dem Tephrit bahnte, sehen wir deutlich im obersten Steinbruch, wo sie auch in der vom Tephrit geschaffenen Kluft hochdrang.

Auch dürfte wohl nur eine Schmelze solche Nebengesteinsbrocken loszureißen und mitzuführen vermocht haben.

Zu klären wäre nur noch die Frage der Herkunft einer solchen Calcitschmelze. Welches Magma war imstande, den Kalk so weitgehend zu schmelzen? Zeitlich muß dies nach dem Hochdringen des Essexits und nach der Tephriteruption geschehen sein. Daß der Tephrit den Kalk zum Schmelzen brachte, ist unwahrscheinlich, da er wohl kaum die nötige Wärmemenge besaß.

Einen Anhalt bietet dagegen ein unter dem Kalkblock der Schelinger Matten auftretender Phonolith. Er scheint jünger zu sein als der Tephrit, da sich Bruchstücke von ihm nur in den therolithischen Gängen finden, die wir der letzten Phase des Kaiserstuhl-vulkans zuordnen müssen. Der Mineralbestand dieses scheinbar recht ausgedehnten Phonolithstockes beweist auch, daß er Kalk aufgeschmolzen hat.

Dieses Aufschmelzen dürfte eine teilweise Dissoziation des Carbonats zur Folge gehabt haben. Die hierdurch bedingte Drucksteigerung bewirkte ein Hochdringen des Calcitmagma, das mit dem anderen Magma weder sich vermischt noch in dessen Mineralbestand Aufnahme gefunden hatte, in der Tephritbreccie und den Spalten des Marmors.

VIII. Vergleich mit den von BRÖGGER beschriebenen Gesteinen des Fengebiets¹⁾.

BRÖGGER (2) beschrieb aus dem Fengebiet Gesteine, die unter ähnlichen Verhältnissen entstanden. Im Fengebiet handelt es sich in der Hauptsache um Mischgesteine, während im Kaiserstuhl die Hauptmasse der Kalke nur kontaktmetamorph verändert wurde. Aber auch im Kaiserstuhl entstanden Mischgesteine, und zwar in der unmittelbaren Kontaktzone. Die Karbonatitgänge können wir ebenso mit den dort entstandenen vergleichen.

Betrachten wir zuerst die Kontaktzone. Wir können sie in zwei Teile scheiden und finden dann auch entsprechende Gesteine im Fengebiet. Wir teilen sie in eine Zone, charakterisiert durch grünen Pyroxen, Nephelin und Kalkspat, und eine weitere mit Albit, Nephelin und Kalkspat. Wir können diese Trennung gut ausführen, denn in der Zone der Feldspäte haben wir keinen Diopsid, in der Zone der Diopside dagegen nur den ganz klein ausgebildeten Feldspat, der aber erst gegen die Zone der Feldspatneubildungen hin in größerer Menge in der Grundmasse zu finden ist.

Mit der ersten Zone können wir den Melteigit vergleichen. BRÖGGER (2) charakterisiert ihn: „Für sämtliche mutmaßliche Mischgesteine, aus einem Gemenge von Calcitmagma mit Ijolith-Melteigitmagma erstarrt, ist die Mineralkombination: Grüner Pyroxen mit mehr oder weniger Nephelin, samt Kalkspat charakteristisch“. SOELLNER (15) hat den Essexit chemisch untersucht und dabei festgestellt, daß der sog. Essexit des Kaiserstuhls nach der modernen Nomenklatur, wie sie hauptsächlich in dem Werke von NIGGLI zum Ausdruck kommt, teils als Essexitgabbro, teils als Theralithgabbro, teils als theralithischer Ijolith (Melteigit) und schließlich zum Teil als sommaitischer Monzonit zu bezeichnen ist. Da die Tiefengesteine fast die gleichen sind oder doch zumindest in sehr nahen chemischen Beziehungen zueinander stehen, ist es auch erklärlich, daß die beim Aufschmelzen eines Kalkes entstandenen Kontaktprodukte auch die gleichen sind.

Die Gesteine im Fengebiet sind Hollaitpegmatit, Hollait und Käsenit. Der Hollaitpegmatit besteht aus Kalkspat, Biotit, grünem Pyroxen und wenig rotem Orthoklas, der mit Albit imprägniert ist.

In den Kontaktgesteinen bei Schelingen fehlt der Orthoklas, nur der Albit ist vertreten.

¹⁾ Zum Vergleich diente eine größere Sammlung von Fengesteinen, die von Prof. Dr. SCHNEIDERHÖHN 1923 unter Führung Prof. BRÖGGERs dort gesammelt wurden.

Albitneubildungen sind im Fengebiet in den Gesteinen zu finden, die BRÖGGER (2) als Kalkgesteine beschrieb, also in Gesteinen, deren Gehalt an CaCO_3 größer war als der der Hollaite und Käsenite.

Im Kaiserstuhl finden wir diese Gesteine weiter entfernt vom Essexit, in der Nähe des Kalksteins. Erklären können wir uns diesen Umstand, wenn wir annehmen, daß sich ein Mischmagma bildete. Dieses löste am Kontakt weiter Kalk auf, ohne daß sich die resultierenden Schichten mischten.

Betrachten wir nun die metamorphen Kalksteine und die Kalkgänge. Wieder wollen wir vorweg eine Feststellung BRÖGGER'S (2) zitieren: „Es ist überhaupt charakteristisch, daß Mineralien der Perowskit-Pyrochlorgruppe teils in Kalksteinen, die in Verbindung mit Gesteinen der Ijolith-Melteigitreihe auftreten, teils in derartigen Gesteinen selbst ungewöhnlich verbreitet sind:

Perowskit: Kuolalärvi, Finnland; in Kalkstein,
Imandra-See, Kola Halbinsel; in Ijolith,
Alnö; in basischen Ganggesteinen,
Oberwiesenthal; in Ijolith,
Uncompagre quadrangle, Colorado; in verschiedenen Ge-
steinen der Ijolithreihe,

Dysanalyt: Magnet Cove, Arkansas; in Kalkstein,
Badberg, Kaiserstuhl; in Kalkstein,

Knopit: Alnö; in Kalkstein,

Pyrochlor: Alnö; in Kalkstein,

Mikrolith: Fengebiet; in Kalkstein und in Ijolith-Melteigitgesteinen.“

Ergänzend können wir noch hinzusetzen:

Knopit: Kaiserstuhl und

Koppit: Schelingen.

Denn nach neueren Untersuchungen von BRANDENBERGER (21) gehört der Koppit in diese Gruppe.

Einen Teil der genannten Fundstellen beschrieb HÖGBOM und bemerkte dazu, daß man Kalksteinvorkommen mit dieser Mineralgesellschaft „mit gutem Fuge als pneumatolytisch-kontaktverändert betrachten kann“, eine Deutung, welche auf die Hauptmasse der Alnöer Kalksteine nicht anwendbar ist.

Im Kaiserstuhl haben wir dieselben Verhältnisse. Ein Teil der Kalke ist durch ein Magma, das den Ijolith-Melteigitmagmen des Alnögebietes sehr nahe verwandt ist, kontaktmetamorph-pneumatolytisch verändert. Die Kalkgänge dagegen sind aus einem Calcitmagma erstarrt.

BRÖGGER (2) und HÖGBOM beschreiben ebenso einen Teil ihrer Kalkgänge im Alnögebiet und im Fengebiet als aus einer Calcit-schmelze entstanden. HÖGBOM hat ferner auch schon mit den Kalkgängen von Alnö entsprechende „schmale Kalkgänge“ des Kaiserstuhlgebirges zusammengestellt.

Ich habe zu beweisen versucht, daß es sich bei der Kalkplatte in der Schlotbreccie um genau die gleiche Bildung handelt wie in einem Teil der Kalkgänge, ferner, daß diese Kalkgänge aus einer Schmelze entstanden sein müssen. Wir können also damit schließen, daß wir sagen: Im Kaiserstuhlgebirge, in den Gebieten von Alnö und im Fengebiet handelt es sich um völlig gleichartige Kalkvorkommen. In beiden Gebieten wurde ein Kalkmassiv kontaktmetamorph verändert. Die dabei im Kalk entstandenen Mineralien sind einander ähnlich, ebenso die am unmittelbaren Kontakt entstandenen Produkte. — Ein Teil des Kalkes wurde aufgeschmolzen und erstarrte dann wieder in Form von Gängen.

IX. Zusammenfassung.

Die Hauptmasse der Schelinger Kalke ist ein thermisches Kontaktgestein, das infolge pneumatolytischer Stoffzufuhr noch Neubildungen von Koppit, Apatit, Magnesioferrit usw. enthält. Dieses Gestein wird als „Koppit marmor“ bezeichnet.

Unterschieden wird von ihm die kristalline Kalkbank in der Tephritbreccie. Ihre Mineralführung ist dieselbe wie die der Marmore. Dagegen sind die Verbandsverhältnisse, die Einschlüsse und die Art der Ausbildung anders. Sie deuten darauf hin, daß es sich hier um einen aus einer Schmelze entstandenen Kalk handelt. Er wurde deshalb als „Koppitkarbonatit“ bezeichnet.

An Hand einer Reihe von Shandtischanalysen wurde festgestellt, daß der Koppit sich nicht nur auf die Kalkbank im Tephrit, auf den „Koppitkarbonatit“ beschränkt, sondern daß er fast gleichmäßig über das ganze Schelinger Kalkvorkommen verbreitet ist.

Am Koppit wurden neben den Oktaederflächen noch Würfel-flächen beobachtet, ferner zonarer Aufbau, Zwillinge nach dem Spinellgesetz und Parallelverwachsungen.

Beim Vergleich der Gesteine mit den Gesteinen des Fengebietes, die BRÖGGER beschrieb, ergab sich eine weitgehende Übereinstimmung.

Diese Arbeit wurde auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. H. SCHNEIDERHÖHN im Mineralogischen Institut der Universität Freiburg i. Br. angefertigt.

Es sei mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. SCHNEIDERHÖHN, für die Überlassung des Themas, für sein stetes Interesse und viele wertvolle Ratschläge zu danken.

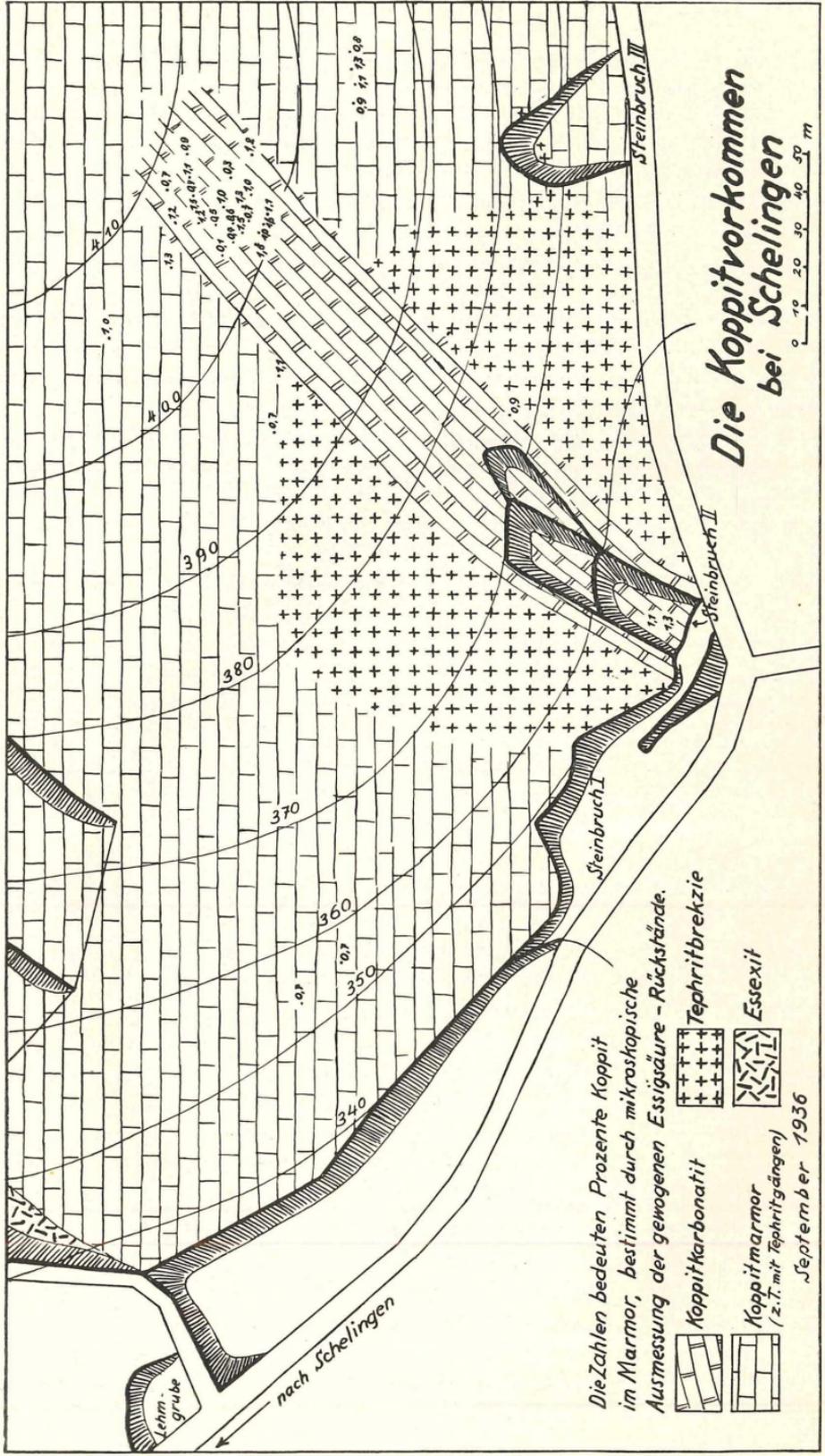
Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. CISSARZ, der mir die Dünnschliffe seiner Schlotbreccienarbeit aus dem Kaiserstuhl zur Verfügung stellte, und Herrn Dr. ZEDLITZ, der mir bei den spektroskopischen Untersuchungen half.

Ferner danke ich der Mineralogischen Studiengesellschaft Freiburg e. V. für die Ausführung der neuen Aufschlüsse und die Bereitstellung der Mittel zur Beschaffung der Chemikalien.

X. Literaturverzeichnis.

1. BRAUNS, R., Ein neues Kontaktgestein aus dem Kaiserstuhl. Neues Jahrb. f. Mineralogie, 1899, Bd. 79, S. 79—91.
2. BRÖGGER, W. C., Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. IV. Das Fengebiet in Telemark. Skrifter ut gitt av Videnskapselskapet i Kristiania 1920. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Bd. 2, Nr. 9, S. 1—408.
3. CHUDOBA, K., Der Phonolith von Oberschaffhausen und seine Einschlüsse. Mitt. d. Bad. geol. Landesanst., 1929, Bd. 11, Heft 1, S. 1 ff.
4. CISSARZ, A., Der Gesteinsinhalt der Schlotbreccie in der Gewann Nonnensohl der Gemarkung Oberschaffhausen, Kaiserstuhl. Ber. d. Naturf. Ges. Frbg., 1931, Bd. 31, Heft 1/2, S. 1—14.
5. DAUB, R., Beiträge zur Kenntnis der Kontaktminerale aus den körnigen Kalken des Kaiserstuhles. Diss. Freiburg 1912.
6. DRAPER, R. B., The synthesis of Magnesioferrit and some observations on „Mineralization“. Am. Jour. of Sc., 1935, Bd. 30, S. 106—115.
7. EISENLOHR, O., Geognostische Beschreibung des Kaiserstuhles bei Freiburg i. Br. Diss. Karlsruhe 1829.
8. FABIAN, R., Die Metamorphose devonischer Phyllite im Altvatergebirge. Chem. d. Erde, 1936, Bd. 10, S. 343—408.
9. GRAEFF, FR., Zur Geologie des Kaiserstuhlgebirges. Mitt. d. Bad. geol. Landesanst., 1893, Bd. 2, S. 403—496.
10. HARKER, A., Metamorphism. London 1932. S. 76—102 u. 251—271.
11. KIEFER, H., Das Alter kontaktmetamorpher Kalke im zentralen Kaiserstuhl. Fortschr. d. Geol. Pal., Bd. 12, Heft 37 (DECKE-Festschr.), S. 461—501.
12. KNOP, A., Der Kaiserstuhl im Breisgau. Leipzig 1892.
13. SCHILL, J., Geognostisch-Mineralogische Beschreibung des Kaiserstuhlgebirges. Stuttgart 1854.
14. SCHNEIDERHÖHN, H., Tätigkeitsbericht der Mineralogischen Studiengesellschaft Freiburg e. V. Metallwirtschaft, April 1936, Bd. 15, Heft 17, S. 381.

15. SOELLNER, J., Über essexitisch-thermalithisch-monzonitische Tiefengesteine aus dem Kaiserstuhl und ihre Bedeutung für den geologischen Aufbau desselben, zugleich ein Überblick über die gesamten Entwicklungsphasen des ehemaligen Kaiserstuhlvulkans. Mitt. d. Bad. geol. Landesanst., 1921, Bd. 10, S. 1 ff.
 16. —, Über ein Vorkommen von Melilithgesteinen im Kaiserstuhl. C. f. Min., 1912, S. 523—527.
 17. ZOÏZ, L., Welcher Entstehung und welchen Alters sind die zentralen Kalke des Kaiserstuhls? C. f. Min., Abt. A, 1928, S. 411—415.
 18. —, Über das Tertiär des Kaiserstuhls. Diss. Freiburg 1924 u. Ber. d. Naturf. Ges. Frbg., 1925, S. 110—148.
 19. BRAUNS, R., Injizierte metamorphe Schiefer aus dem Laacher Seegebiet. C. f. Min., 1923, S. 449—463.
 20. PFANNENSTIEL, M., Die Geologie des Kaiserstuhls in „Der Kaiserstuhl“. Herausgegeben vom Badischen Landesverein für Naturkunde und Naturschutz in Freiburg. Freiburg 1933. S. 18—127.
 21. BRANDENBERGER, E., Die Kristallstruktur von Koppit. Z. f. Krist., Abt. A., 1931, Bd. 76, S. 322—334.
 22. BOEKE-EITEL, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie. Berlin 1923.
-



Die Koppitvorkommen bei Schelingen

Die Zahlen bedeuten Prozente Koppit im Marmor, bestimmt durch mikroskopische Ausmessung der gewogenen Essigsäure-Rückstände.

-  Tephritbrekzie
-  Estexit
-  Koppitkarbonatit
-  Koppitmarmer (z.T. mit Tephritgängen)

September 1936

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: 1938

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Meschke Hatto

Artikel/Article: [Koppitkarbonatit und Koppitmarmor von Schelingen im Kaiserstuhl. 28-57](#)