

Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 112	S. 27–47	Graz 1982
----------------------------------	----------	----------	-----------

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz

Die Latite aus der Tiefbohrung in Bad Gleichenberg, Steiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 4 Tabellen und 10 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 15. März 1982

Inhalt: Bei einer im Jahre 1981 niedergebrachten Bohrung im Kurpark des Bades Gleichenberg wurde eine fast 800 m mächtige, geschlossene Latit-Masse durchfahren. Es wurden darin Latite mit Biotit-, Sanidin- und Plagioklas-Einsprenglingen, Latite mit Biotit-, Klinopyroxen- und Plagioklas-Einsprenglingen und Latite mit Klinopyroxen- (sehr selten Orthopyroxen-) und Plagioklas-Einsprenglingen angetroffen.

Röntgenuntersuchungen, optische Bestimmungen, besonders U-Tisch-Methoden und Elektronenstrahlmikroanalysen ergaben: Sanidin-Einsprenglinge sind Kryptoperthit mit Or60 und verzwilligt nach dem Karlsbadergesetz; Plagioklas-Einsprenglinge zeigen Karlsbad-, Albit, Albit-Karlsbad-, Periklin- und selten Albit-Ala-Gesetz mit Zonarität von An70 (Kern) bis An40; die Grundmasse besteht aus Plagioklas mit An50–An60 und Sanidin mit Or60.

Hydrothermale, die magmatische Kristallisation abschließende und postvulkanische Zersetzungerscheinungen führen zu: Montmorinminerale (z. B. Ferrimontmorillonit), selten Kaolinit; Quarz, Chalcedon, Opal (auch in kleinen Kugeln); Siderit, Dolomit, Calcit; Heulandit. Alunit wurde nicht gefunden.

Auf Grund von chemischen Analysen wird die magmatische Kristallisation der Gleichenberger Latite innerhalb des Systems Or-Ab-An-SiO₂ diskutiert. Ein durch Assimilation entstandener Magmatyp ist danach wahrscheinlich.

Einleitung

Im Kurpark des bekannten Bades Gleichenberg, Steiermark, wurde im Jahre 1981 eine Tiefbohrung niedergebracht, die bemerkenswerterweise nach Durchstoßen von Holozän und von tertiären Sedimenten ab 113,8 m bis 900 m eine geschlossene, somit fast 800 m mächtige Vulkanitmasse von Latiten antraf, Tab. 1. Während Bohrungen auf Erdöl begreiflicherweise tief gelegene Vulkanitstücke des oststeirischen Vulkanismus nur seitlich treffen, liegt die Bedeutung dieser Bohrung darin, daß sie die mächtige Gleichenberger Vulkanitmasse (Schildvulkan) im Kerngebiet durchteuft, vgl. etwa HERITSCH 1963, FLÜGEL & HERITSCH 1968. In der durchfahrenen Latitmasse fehlt jede Unterbrechung durch Sedimente oder deutliche Oberflächenerscheinungen, eine gewisse Gliederung ist jedoch durch folgendes gegeben:

In der Tiefe 113,8 bis 323 m enthält der Latit Sanidin (nicht nur in der Grundmasse, sondern auch) als Einsprengling und ebenfalls als Einsprenglinge Plagioklas und gepanzerten Biotit und ist somit als Biotit-Latit zu bezeichnen (frühere Bezeichnung: Trachyt).

Zwischen 323 und 380 m fehlen dem Latit die Sanidin-Einsprenglinge, an Einsprenglingen gibt es hier: gepanzerten Biotit, zersetzen Klinopyroxen und gut erhaltenen Plagioklas. Es handelt sich somit um Biotit-Klinopyroxen-Latit (frühere Bezeichnung: Trachyandesit).

Ein schmaler Horizont von 380 bis 412 m ist wieder Biotit-Latit mit Sanidin-Einsprenglingen.

Von 412 bis 900 m tritt der Biotit ganz zurück, und unter den dunklen Einsprenglingen überwiegt Klinopyroxen; gut erhaltener Plagioklas ist auch in diesem Vulkanittypus vorherrschend. Als Name kann Klinopyroxen-Latit (früher Trachyandesit) verwendet werden.

Wenn die Grundmasse noch erhalten ist, besteht sie aus Plagioklasleisten und meist xenomorphem Sanidin, Pyroxen, der aber meist völlig zersetzt ist (vgl. Abb. 2 und 3) und Erzen. Allerdings ist die Grundmasse in der Regel stark zersetzt, Tab. 1.

Petrologische Untersuchungen an Latiten der Bohrung Gleichenberg 1981

Die grundlegende Beschreibung der ober Tag auftretenden Latite des Gleichenberger Vulkangebietes stammt von MARCHEZ 1931. Inzwischen ist eine große Zahl von weiteren Arbeiten über das selbe Thema erschienen; diese Arbeiten werden im folgenden an entsprechender Stelle herangezogen werden.

Einsprenglinge

Sanidin

Röntgendiffraktometeraufnahmen von Sanidineinsprenglingen aus den verhältnismäßig gut erhaltenen Gesteinen von 295,5 bzw. 320 m Tiefe lassen sich nur monoklin indizieren, und die Entwicklung der Peaks um 130 ist bezeichnend für monoklinen Kalifeldspat, vgl. SMITH 1974:287. Aus geeichten Diffraktometeraufnahmen wurden mit Hilfe eines eigenen least-squares Programmes die in Tab. 2 ausgewiesenen Gitterkonstanten ($\text{CuK}\alpha$ 1,54178 Å) bestimmt.

Zur Überprüfung, ob ein „anomaler“ Alkalifeldspat vorliegt, ergibt das Diagramm, das b, c mit a und $t_{10} + t_{1m}$ in Beziehung setzt (STEWART & WRIGHT 1974), nach STEWART 1975:St-14

$$\Delta a = a_{\text{obs}} - a_{\text{est}} = -0,05.$$

Auffallend ist der negative Wert, der allerdings genau dem Schwellenwert nach STEWART 1975 entspricht, so daß wohl offen bleiben muß, ob der vorliegende Alkalifeldspat als anomal zu bezeichnen ist. Bemerkenswert ist jedenfalls, daß bei WRIGHT & STEWART 1968 ein Sanidin aus vergleichbarer Paragenese mit ähnlichen Or-Gehalt und Gitterkonstanten angegeben ist, vgl. Tab. 2. Auch für diesen Sanidin ist $\Delta a = a_{\text{obs}} - a_{\text{est}} = -0,05$. Die Tab. 2 enthält ferner den Or-Gehalt, bestimmt aus der Lage des Reflexes 201 gegen Kaliumbromat nach ORVILL (vgl. SMITH 1974:283), und berechnet aus dem Zellvolumen nach STEWART 1975:St-8; die Werte für die Besetzung der Tetraederzentren sind aus dem Diagramm bei STEWART 1975:St-11 bestimmt bzw. aus der Formel bei STEWART 1975: St-13 mit $\alpha^* = \gamma^* = 90^\circ$ berechnet. Es handelt sich somit um einen Sanidin mit einem Gehalt von Or60, der innerhalb der monoklinen Symmetrie einen leichten Ordnungseffekt aufweist. Erhitzung auf 1000° C durch 100 Stunden brachte keine signifikante Änderung der Gitterkonstanten, Tab. 2.

Vermessungen mit dem U-Tisch zeigen verbreitet Karlsbader Zwillinge mit Verwachsungsebene (010), Abb. 1. Eine Aussage über den Achsenwinkel und die Lage der Achsenebene ist nicht zu machen, da wegen der außerordentlich kleinen Doppelbrechung an Schnitten normal n_a praktisch ein einachsiges Achsenbild erscheint, was auch mit dem Diagramm, das b, c und 2 $V\alpha$ in Beziehung setzt, durchaus übereinstimmt, STEWART 1975:St-24. Große Sanidineinsprenglinge zeigen, daß die ursprünglich noch erkennbare Kristallgestalt durch Korrosion in Form von Rundung der Ecken und Kanten und durch Korrosionsschlüsse stark angegriffen wird, Abb. 1. Häufiger sind jedoch nur mehr unregelmäßig begrenzte Reste von Sanidin erhalten. An dem einzigen Beispiel der Abb. 1 tritt in einem gedeckten Dünnschliff auch ein zонарный Aufbau in Erscheinung. Trotz mehrfacher Versuche an anderen Sanidineinsprenglingen konnte mit Hilfe der Elektronenstrahlmikroanalyse ein durch chemische Unter-



Abb. 1: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 320 m. Mikroskopisches Bild (gekreuzt polarisiertes Licht) eines Sanidin-Einsprenglings mit Or60, Karlsbader-Zwilling, Verwachsungsfläche generell (010), teilweise jedoch unregelmäßig. Zonare Wachstumsstreifung ist angedeutet. Massive magmatische Resorption bewirkt gerundete Oberflächen und reichliche Korrosionsschlüsse.

schiede bedingter Zonarbau nicht festgestellt werden. Ein solcher, offenbar auf das Wachstum zurückzuführender Zonarbau und eine feine Lamellierung parallel (010) mit Lamellenbreite unter 0,01 mm, die auf der Abb. 1 nicht zu sehen ist, stehen eigentlich im Gegensatz zu den Diffraktometeraufnahmen eines monoklinen Sanidins. Weder die Zonenstreifen noch die feinen Lamellen lassen einen Brechungsquotientenunterschied gegen den umgebenden Feldspat erkennen. Nach dem optischen Befund liegt doch schon eine leichte Triklinität vor, die aber in den Diffraktometeraufnahmen noch nicht in Erscheinung tritt (Kryptoperthit). Die wahrscheinlichste Erklärung dieser Verhältnisse ist, daß der Sanidin-Karlsbaderzwillling unter variabler Stoffzufuhr gewachsen ist, wenn auch die Natur der Zonenstreifung nicht bestimmt werden konnte. Später trat eine starke Korrasion durch das noch flüssige Magma ein (Korrasionsschlüsse), und bei der Abkühlung kommt es dann zu einem Anfang der Kryptoperthitbildung, YUND 1975. Ein besseres Verständnis dieser Frage ist nur mit Aufnahmen, die den Kontrasteffekt der Elektronenbeugung ausnützen, zu erbringen.

Plagioklas

Zur Bestimmung der Zwillingsgesetze wurden U-Tisch-Messungen eingesetzt. Diese leiden jedoch unter dem undeutlichen Auslöschen infolge von Zonarbau mit Rekurrenzen über kleine An-Bereiche ebenso wie unter schmalen Zwillingslamellen besonders bei größeren Kippwinkeln. Es ist daher keine sehr große Genauigkeit zu erreichen, und eine Feststellung von Hoch- oder Tieftemperatuoptik ist unmöglich. Die Angaben von MARCHET 1931 über den An-Gehalt können bestätigt werden: in zonaren Individuen kann der Kern bis An70 ansteigen, die Hauptmasse liegt zwischen An50 – An60, und der Rand kann unter An50 gehen. Auch gering zonare Individuen kommen vor.

Die in Zwillingsstöcken aus drei Hauptindividuen am häufigsten anzutreffenden Zwillingsgesetze sind das Karlsbad- und das Albitgesetz und daraus folgend das kombinierte Albit-Karlsbad-Gesetz mit Verwachsungsebene (010). Das Periklingesetz, wegen der schlechten Vermeßbarkeit nicht vom Aklingesetz trennbar, kommt meist nur in schmalen Lamellen vor, aber es gibt auch Zwillingsstücke, in denen die beiden Hauptindividuen durch dieses Gesetz verbunden sind. Selten erscheint das Albit-Ala-Gesetz.

Schon MARCHET 1931 weist darauf hin, daß die Plagioklaseinsprenglinge einen parallel verwachsenen Sanidinsaum haben. Mit Elektronenstrahlmikroanalysen konnte an einigen Beispielen gezeigt werden, daß der Sanidinsaum erwartungsgemäß ganz unvermittelt beginnt und im Durchschnitt eine geringe Breite von etwa 0,04 mm bei einem Gehalt von Or₆₀ wie der Einsprenglingssanidin hat. Außerdem haben Einsprenglingsplagioklase auch einen geringen Gehalt an K₂O, wie das für diese Paragenese zu erwarten ist.

Klinopyroxen

MARCHET 1931 gibt für Klinopyroxen folgende optische Daten an: $n\gamma/Z = 37,5^\circ - 42^\circ$, $n\gamma - n\alpha = 0,020 - 0,028$, $2Vn\gamma = 45^\circ - 51,5^\circ$, was für das vorliegende Material bestätigt werden kann. Daraus schließt MARCHET 1931 auf diopsidischen Augit. Elektronenstrahlmikroanalysen zeigen einen geringen A1-Gehalt des Klinopyroxens, so daß im Sinne der Nomenklatur bei BAMBAUER et al. 1971:79 oder DEER et al. 1978:3 der Name diopsidischer Augit beibehalten werden kann. Erwartungsgemäß sind die später ausgeschiedenen Klinopyroxene der Grundmasse nach Elektronenstrahlmikroanalysen bei gleichbleibendem A1-Gehalt deutlich Fe-reicher und Ca-ärmer, was dem üblichen Trend der Ausscheidung aus dem Magma entspricht, vgl. z. B. DEER et al. 1978:378ff.

Die Einsprenglinge von diopsidischem Augit zeigen sehr häufig Verzwilligung nach (100) und gut ausgebildete Flächen in der Zone [001] und sind der beherrschende Einsprenglingspyroxen durch die ganze Bohrung hindurch, vgl. Tab. 1.

Orthopyroxen

Mit Sicherheit ist Orthopyroxen als Einsprengling nur in Latiten der Tiefe um 465 m festzustellen, erscheint aber wahrscheinlich auch in 657 m und 709 m. U-Tisch-Messungen ergeben für $2Vn\alpha = 53^\circ - 59^\circ$; das läßt in Verbindung mit einer Doppelbrechung $n\gamma - n\alpha = 0,012$ (MARCHET 1931) auf einen Orthopyroxen (Hypersthen) En₅₀ – En₆₀ schließen. Bemerkenswert ist, daß der Orthopyroxen von einer Zone aus Erz umrandet wird, was natürlich zeigt, daß er unter den letzten Bedingungen mit dem Magma nicht im Gleichgewicht war. Zusammen vorkommender Klinopyroxen ist jedoch, wie auch sonst in der Bohrung, ohne Reaktionserscheinungen mit dem Magma entwickelt. Dies kann nach NICHOLLS & LORENZ 1973 auf eine Druckentlastung zurückgeführt werden.

Biotit

Hier sind gegenüber MARCHET 1931 keine neuen Untersuchungen ausgeführt worden. Der Biotit zeigt den üblichen Pleochroismus von hellstrohgelb bis sehr dunkelbraun, der optische Achsenwinkel ist sehr klein; der Biotit ist immer als gepanzertes Relikt erhalten.

Formrelikte

Häufig treten in den Latiten der Bohrung Formrelikte nach Kristallen in der Größenordnung von Einsprenglingen auf. Diese Formrelikte sind jetzt mit feinstkörnigen bis feinstblättrigen Mineralien erfüllt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde nicht beabsichtigt, diese Mineralien nach modernen Methoden zu bearbeiten, was auch wegen der geringen Substanzmengen sehr schwierig wäre. MARCHET 1931 bezeichnet dieses Mineral in den Formrelikten als Iddingsit und meint, es seien Formrelikte nach Olivin. Tatsächlich gibt es Formrelikte, die die Umrisse von Olivineinsprenglingen haben, aber es konnte in keinem

der vielen Beispiele im vorliegenden Vulkanitkomplex ein Rest von Olivin entdeckt werden. Dies muß hervorgehoben werden, da für Klinopyroxen von vollkommen erhaltenen Kristallen bis zu völlig umgewandelten Formrelikten alle Übergänge beobachtet werden können. Allerdings ist Olivin leichter zerstörbar als Pyroxen.

Grundmasse

In den meisten Fällen ist die Grundmasse sekundär stark verändert, es ist wohl in der ganzen Bohrung kein Latit ohne zumindest leichte Veränderung anzutreffen. Ein typisches Beispiel der Grundmasse ist in der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme der Abb. 2 dargestellt. In der Grundmasse erscheint ein Klinopyroxenkorn mit Durchmesser etwa 0,025 mm; wie schon erwähnt, ist dieser Grundmasseklinopyroxen bei gleichem Al-Gehalt Fe-reicher und Ca-ärmer als der Einsprenglingsklinopyroxen. Der Klinopyroxen wird vom Rand her hydrothermal angegriffen und zersetzt. Die zugehörige Elektronenstrahlmikroanalyse läßt sich nicht auf ein einziges Tonmineral berechnen, so daß ein Tonmineralgemenge angenommen wird, vielleicht unter Zutritt von SiO_2 . Ferner erkennt man die besser idiomorphen Plagioklasleisten und die weniger gut idiomorphen bis xenomorphen Sanidinkristalle, nach Elektronenstrahlmikroanalysen An50 – An60 bzw. Or60. Die Vertiefungen zwischen den Feldspatkristallen ergeben dieselben Elektronenstrahlmikroanalysen wie der Zersetzungsrands des Klinopyroxens. Beim Schleifprozeß brechen diese weichen Partien leicht aus.

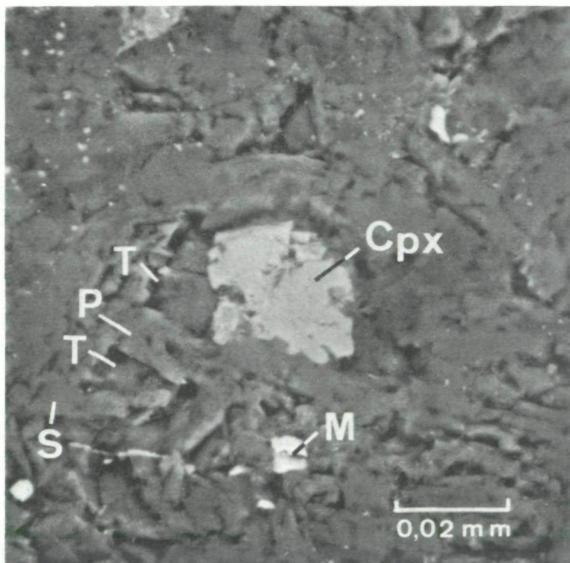


Abb. 2: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 642 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild der Grundmasse. Der Klinopyroxen (Cpx) wird randlich in ein Gemenge von Tonmineralien (T) umgewandelt. Auch sonst finden sich in der Grundmasse Flecken derselben Tonmineralien, aber ohne Hinweis auf ein zersetzes ursprüngliches Mineral. Sanidin (S) mit Or60 und Plagioklas (P) mit An50 – An60 sind gut idiomorph ausgebildet. Ein Korn Titanomagnetit erscheint ebenfalls im Gesichtsfeld (M).

In stärkerer Vergrößerung stellt Abb. 3 ein Detail aus der Grundmasse dar. Man erkennt einen Plagioklaszwilling ($0,015 \times 0,03$ mm), der im Inneren eine Zusammensetzung von etwa An52 hat und von Sanidin mit Or60 umhüllt ist. Daneben gibt es xenomorph entwickelte Sanidine ebenfalls mit Or60 und weitere Plagioklaskristalle.

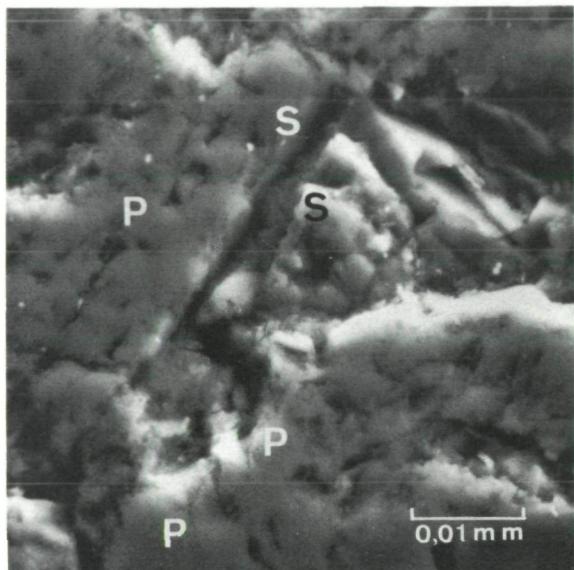


Abb. 3: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 642 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild der Grundmasse. Links oben ein gut idiomorpher Plagioklaszwilling mit An52 (P) hat eine dünne Hülle von Sanidin mit Or60 (S). Weitere Plagioklaskristalle bei P und ein xenomorpher Sanidinkristall bei S.

Leuzit erscheint in der Grundmasse in den Stichproben, die gemacht wurden, nicht. Ebenso konnte Quarz als Bestandteil einer magmatischen Ausscheidungsfolge nirgends festgestellt werden. Der beobachtete Quarz (bzw. die beobachteten SiO_2 -Modifikationen) sind immer ein Produkt von hydrothermalen Zersetzungsvorgängen. Titanomagnetit und Ilmenit erscheinen ebenfalls in der Grundmasse.

Zersetzungerscheinungen

Tonmineralien

Die Anfänge der Tonmineralbildung, die auch in den am besten erhaltenen Gesteinen in der Grundmasse angreift, sind wegen des geringen Materials schwer überblickbar. Wie erwähnt, deutet MARCHET 1931 in gewissen Formrelikten (nach Olivin?) den durch Zersetzung entstandenen Inhalt als Iddingsit und Serpentin.

Ein Beispiel einer etwas stärker sekundär veränderten Grundmasse zeigt Abb. 4. Hier erkennt man leistenförmige idiomorphe Plagioklaskristalle (etwa An53), xenomorphe Sanidin (Or60) und ein größeres Formrelikt, vielleicht nach Klinopyroxen, das jetzt durch Ferrimontmorillonit ausgefüllt ist. Die Elektronenstrahlmikroanalyse dieses Materials ist ident mit der des Ferrimontmorillonites, der als grüne Kruste im Latit der Gleichenberger Klause vorkommt, HERITSCH 1976. Die Montmorinbildung kann über alle Zwischenstufen immer intensiver werden, so daß die Hauptmenge des zerbrockelnden Gesteines Montmorin-mineral ist, z. B. in der Tiefe von 430 m, 580 m und 600 m, Tab. 1. Am meisten Widerstand gegen die Umwandlung in Montmorinmineral leisten die großen Plagioklaseinsprenglinge, die immer noch meßbare Individuen zeigen, wenn auch die Grundmasse bereits völlig umgewandelt ist; aber auch die Plagioklase der Grundmasse bleiben in ihrer zersetzen Umgebung oft gut erhalten.

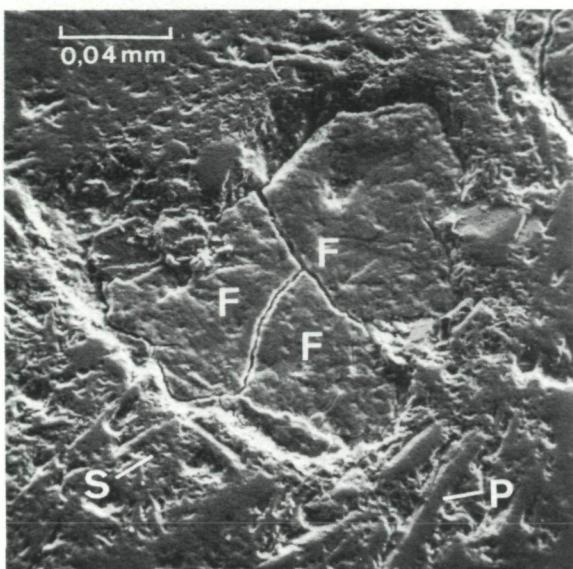


Abb. 4: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 486 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild der Grundmasse. Ein Formrelikt (F) ist völlig in Ferrimontmorillonit umgesetzt. Weiterhin sind Plagioklasleisten mit An53 (P) und weniger gut idiomorphe Sanidinkristalle mit Or60 (S) erkennbar.

Umwandlung in Kaolinit in gut nachweisbarer Menge kommt nur in den größeren Tiefen vor (Tab. 1), wobei gerade die Plagioklaseinsprenglinge betroffen werden und gleichzeitig auch Montmorin in der Grundmasse erscheint. Zu den Agenzien der natürlichen Zersetzung bzw. zur experimentellen Zersetzung vgl. HÖLLER, KOLMER & WIRSCHING in SCHARBERT et al. 1981.

SiO_2 -Modifikationen

In Hohlräumen (Blasenräumen) kleidet häufig Chalcedon die Wand aus, während die inneren Teile ein Gefüge größerer Quarzkörper enthalten. Andrerseits kommt auch oft in freien Oberflächen von Hohlräumen Opal in kugeliger Ausbildung vor. Ein typisches Beispiel zeigen die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen der Abb. 5 und 6. Die Wand des Blasenraumes ist von einer dünnen grünen Schicht aus Ferrimontmorillonit gleicher chemischer Zusammensetzung wie die grünen Krusten im Steinbruch der Gleichenberger Klause ausgekleidet; diese dünne Schicht ist infolge des Schleifprozesses angegriffen und vertieft. Dann folgt eine breite Zone von Chalcedon und im inneren freien Hohlräum kugeliger Opal mit einem Einzelkugeldurchmesser von etwa 0,02 bis 0,03 mm.

Es gibt auch Blasenräume, die ganz mit Ferrimontmorillonit erfüllt sind.

Carbonate

Am häufigsten ist Siderit, Dolomit tritt dem gegenüber etwas zurück, und am seltensten ist Calcit. Die Carbonate füllen nicht nur Hohlräume, Blasen und Poren aus, sondern verheilen auch kleine Spalten und Gänge. Sie beteiligen sich auch an Pseudomorphosen, besonders nach Pyroxen; außerdem durchdränken sie im fortgeschrittenen Zustand die Grundmasse. Auf die starke sekundäre Sideritbildung in miozänen steirischen Vulkaniten sei hier nur kurz verwiesen.

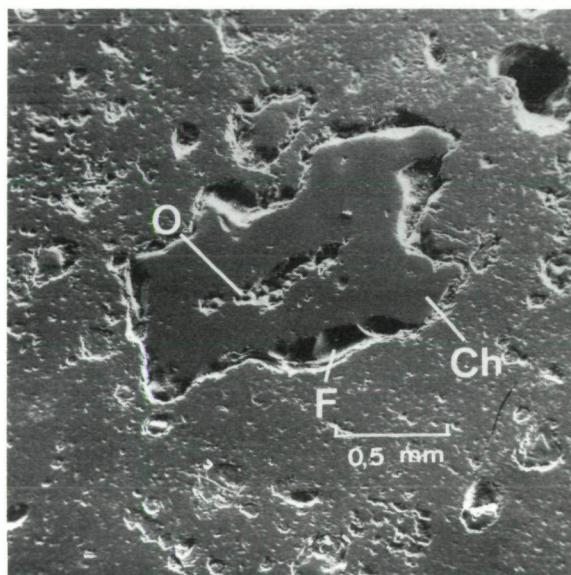


Abb. 5: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 486 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild eines Blasenraumes, der mit Ferrimontmorillonit (F), Chalcedon (Ch) und Opal (O) erfüllt ist.

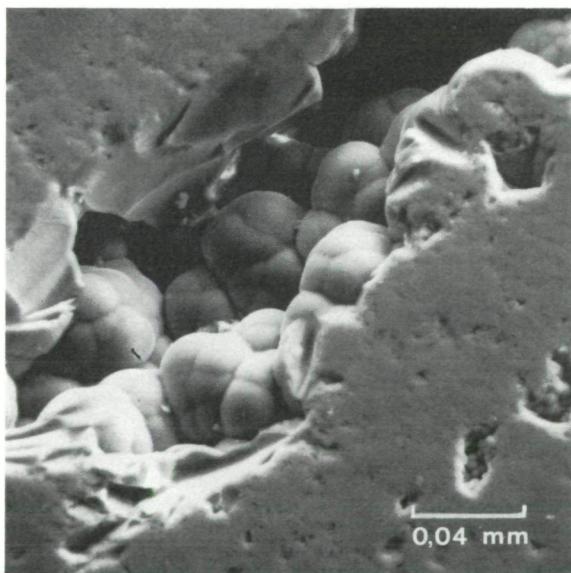


Abb. 6: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 486 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild des Opals im Zentrum der Hohlräumfüllung der Abb. 5 in stärkerer Vergrößerung.

Heulandit

In Röntgendiffraktometeraufnahmen ist Heulandit mehrfach z. B. 197 m, 327 m, 374 m, 413 m, 427 m und 465 m nachgewiesen. In der Tiefe von 197 m kommt es zur Auskleidung von im Zentimeterbereich liegenden Hohlräumen durch einen Rasen aus Heulanditkristallen, wie in der Abb. 7 gezeigt wird. Die Indizierung der Kristallflächen ist durch die Zeichnung des Kristalles von einem Winkelknoten $\varphi = 74^\circ$ und $\Omega = 70^\circ$ aus möglich. Tracht und Habitus entsprechen den Abbildungen bei GOLDSCHMIDT 1918: Tafel 89, Fig. 40, 43; Tafel 90, Fig. 49, 50.

Limonit

Bei sehr starker Zersetzung erscheint auch Limonit.

Alunit

In keiner der Proben der hier bearbeiteten Bohrung konnte Alunit nachgewiesen werden. Zu Alunit in den miozänen Vulkaniten von Gleichenberg vgl. HÖLLER, KOLMER & WIRSCHING in SCHARBERT et al. 1981.

Im allgemeinen bedeutet die Zersetzung im vorliegenden Fall eine Veränderung der Festigkeit, so daß gut erhaltene Gesteine hart und fest sind und – mit allen Übergängen – stark zersetzte Gesteine bröckelig bis sandig zerfallen; die Zersetzung bewirkt aber auch eine Änderung der Farbe in dem Sinne, daß gut erhaltene Gesteine dunkel gefärbt sind (allerdings mit verschieden großen hellen Einsprenglingen der Feldspäte) und daß – wieder mit allen Übergängen – die am stärksten zersetzenen Gesteine eine hellgelbliche, leicht grünliche Farbe bekommen, vgl. Tab. 1. Die Hauptursache hierfür ist, daß die dunklen Fe-haltigen Pyroxene und die Erze ihren Fe-Gehalt in Siderit und Montmorinmineralien einbringen.

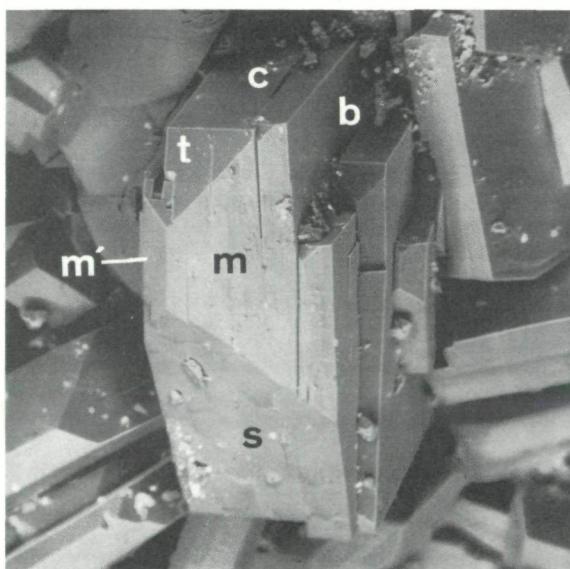


Abb. 7: Bohrung Gleichenberg 1981, Tiefe 197,2 m. Rasterelektronenmikroskopisches Bild eines größeren Heulanditkristalles in einem Rasen von Heulanditkristallen, die einen Hohlrbaum (\varnothing etwa 2 cm) auskleiden. Die auftretenden Kristallflächen sind c (001), b (010), t (101), m (110) und s (101). Längs kristallographisch Z misst der Heulanditkristall 0,25 mm.

Chemische Analysen

Die Tab. 3 weist chemische Analysen eines gut erhaltenen Latites mit Sanidineinsprenglingen (Tiefe 295,5 m), eines gut erhaltenen Latites ohne Sandineinsprenglinge (Tiefe 642 m) und eines stark zersetzen Latites (Tiefe 427 m) aus. Wie schon lange bekannt (ANGEL & MARCHET 1939), besteht kein signifikanter chemischer Unterschied zwischen den Gleichenberger Latiten mit Sanidineinsprenglingen (alte Bezeichnung Trachyt) und den Latiten ohne Sanidineinsprenglinge (alte Bezeichnung Trachyandesit). Hinsichtlich schon bekannter chemischer Analysen aus dem Gleichenberger Vulkangebiet (vgl. MARCHET 1931, HERITSCH 1966 und SCHARBERT et al. 1981) zeigen die beiden Analysen der Tab. 3 gute Übereinstimmung und ergeben ebenfalls einen si-monzonitischen Magmentyp.

Der stark zersetzte Latit zeigt Ansteigen des SiO_2 -Wertes, ferner Absinken der Werte für CaO , Na_2O , K_2O und Al_2O_3 und Ansteigen des H_2O -Wertes in Übereinstimmung mit der Umsetzung der Feldspäte in Montmorinmineralien. Die Zerstörung des Pyroxens und der Erze liefert das Eisen für den Siderit; im Glühverlust steckt ja CO_2 . Das Magnesium des Pyroxens wird in Saponit eingebaut.

Die Tab. 4 gibt einen Überblick über die modalen, aus den chemischen Analysen berechneten Mineralbestände, da eine Integration der Grundmasse wegen der kleinen Korngrößen unmöglich ist. Für die beiden verhältnismäßig gut erhaltenen Latite wurde über CIPW so gerechnet, daß auf die kleinen Mengen von Biotit verzichtet ist, die Art der Feldspäte aus den Elektronenstrahlmikroanalysen entnommen und keine weitere Zersetzung in Rechnung gestellt wurde. Besonders diese letzte sicher nicht zutreffende Annahme führt bei der Probe aus 642 m zu einem zu hohen Wert für Enstatit, der in dieser Probe nicht erscheint. Jedoch wird so ein gewisser Hinweis auf einen möglichen Zustand ohne Zersetzung gegeben. Die geringe Menge an Quarz nimmt an der Grundmasse nicht teil, sondern geht ausschließlich auf sekundäre SiO_2 -Modifikationen der Zersetzung zurück. Der Mineralbestand des stark zersetzen Latites aus 427 m ist aus optischen Beobachtungen und Diffraktometeraufnahmen erstellt. Hier ist die Zersetzung des Sanidins und Plagioklases der Grundmasse und Umwandlung in Tonmineralien augenscheinlich, während der Einsprenglingsplagioklas noch gut erhalten bleibt. Das häufigste Mineral der Carbonatisierung (Siderit) ist reichlich vertreten, die geringe Menge von Heulandit ist in der Rechnung nicht berücksichtigt.

Deutung

Zur Deutung müssen wie üblich Vereinfachungen angenommen werden. Sieht man von dem nur untergeordnet auftretenden Biotit ab, und ebenso von Klinopyroxen, der nur das nicht an das Al des Anorthites gebundene Ca aufnehmen kann (der A1-Gehalt des Klinopyroxenes ist klein), so sind die wesentlich übrigbleibenden Phasen Or, Ab, An und SiO_2 . Immerhin ist dieses System wenigstens in seinen Grundzügen bekannt.

Latite ohne Sanidineinsprenglinge sollen zuerst besprochen werden. Nimmt man schon wegen der Biotiteinsprenglinge an, daß die Kristallisation in größerer Tiefe beginnt, so steht für einen Druck von 1 Kb das Diagramm von JAMES & HAMILTON 1969 zur Verfügung, Abb. 8. Die Projektionspunkte der beiden hier bearbeiteten Latite liegen in diesem Diagramm auf Grund der Normmineralien

Or	36,9	34,1
Ab	39,0	37,2
An	16,8	22,0
Q	7,3	6,7

nahe der Tetraederfläche Or-Ab-An (vgl. Abb. 8) über der gekrümmten Fläche, der sogenannten Zweifeldspatfläche, d. h. in dem Volumausschnitt, in dem Plagioklas ausgeschieden wird. Es wird also zuerst basischer Plagioklas als Einsprengling ausgeschieden. Eine Reaktion

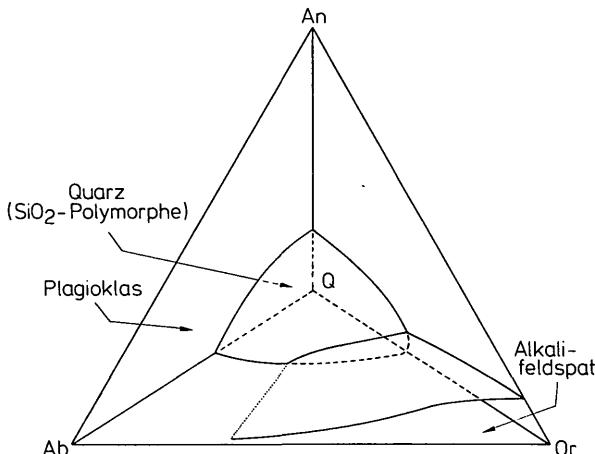


Abb. 8: Das System Ab-Or-An-Q bei einem Wasserdruck von 1 Kb nach JAMES & HAMILTON 1969. Die Projektionspunkte für die beiden chemischen Analysen der Tab. 3 sind wegen der Darstellungs Schwierigkeiten nicht eingetragen. Sie liegen aber wegen des geringen Q-Gehaltes knapp hinter der Tetraederfläche Ab-Or-An im Plagioklasvolumen. Die Lage in bezug auf die Tetraederebene Ab-Or-An kann aus der Abb. 9 abgeschätzt werden. Zur Kristallisation der Schmelze siehe Text.

mit der Schmelze tritt nicht ein (normal zonarer Plagioklas); es kommen auch, wohl auf Grund von Konvektionsströmungen, Rekurrenzen vor. Entsprechend dem geringen Abstand der Projektionspunkte von der Alkalifeldspat-Plagioklas-Fläche ist der Schwankungsbereich der Zonarität von An 70 (Kern) bis An60 – An50. In weiterer Folge werden an der Zweifeldspatfläche nach sinkenden Temperaturen Alkalifeldspat und Plagioklas, und zwar als Grundmasse, ausgeschieden, wobei der Alkalifeldspat auch als Randzone an Plagioklas wächst. Auf Grund der geringen Übersättigung an SiO₂ sollte dann an der kotektischen Linie auch Quarz (oder eine SiO₂-Polymorphe) ausgeschieden werden; dieser Zustand wird aber nicht erreicht.

Eine analoge Deutung liefert auch eine Darstellung für den Ausschnitt Or-Ab-An nach TURNER & VERHOOGEN 1960:112, Fig. 11, die die Verhältnisse des Vulkanismus, hohe Temperatur und niedrigen Wasserdruck, repräsentiert. Hier liegen die Projektionspunkte der beiden vorliegenden Latite auch im Plagioklasfeld, vgl. Abb. 9. Aus dem bekannten Anorthitgehalt der Einsprenglinge ist der Weg der Schmelze eingetragen, wenn die zonaren Einsprenglinge ausgeschieden werden. Wenn die Phasengrenze zum Sanidinfeld erreicht wird, bildet sich die Grundmasse aus Plagioklas und Sanidin, der auch den Plagioklas umhüllen kann. Endgültig liegen, entsprechend der Naturbeobachtung, die beiden Projektionspunkte auf der Verbindungsgeraden Or60 – An60.

Auch das Diagramm bei v. PLATEN 1965:210 ergibt als Ausschnitt aus dem Tetraeder bei JAMES & HAMILTON 1969 allerdings für einen Druck von 2 Kb als Erstausscheidung Plagioklas, da für die beiden vorliegenden Latite ein Plagioklasverhältnis Ab/An = 1,7 bzw. 2,3 gilt, ein Verhältnis, das ganz knapp bei 1,8 liegt, vgl. Abb. 10.

Quarz erscheint in unseren Latiten nie als Bestandteil einer magmatischen Ausscheidung etwa in der Grundmasse, sondern immer nur als Ergebnis von sekundären Zersetzung, vgl. ANGEL & MARCHET 1939. Als Erklärung wird vorgeschlagen, daß gegen Ende der Kristallisation ohne Reaktion mit der Schmelze, bevor die kotektische Linie mit Quarzbeteiligung (Abb. 8) erreicht wird, eine Druckentlastung (Aufsteigen des Magmas bis Eruption) eintritt und daß dabei die oben beschriebenen hydrothermalen Zersetzung von Mineralbildung erfolgen, so daß es eigentlich gar keinen Latit ohne zumindest geringe hydrothermale Ver-

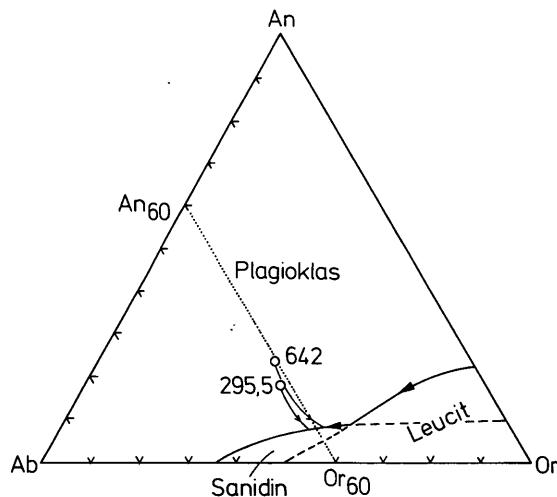


Abb. 9: Die Projektionspunkte der beiden chemischen Analysen von Latiten der Tab. 3 aus der Tiefe 295,5 und 642 m sind in das System Ab-Or-An nach TURNER & VERHOOGEN 1960 für die Verhältnisse des Vulkanismus eingetragen. Es wird danach zuerst Plagioklas ausgeschieden; zur weiteren Kristallisation der Schmelze siehe Text. Im gesamten sind die Feldspäte der beiden Latite als Menge von Alkalifeldspat mit Or₆₀ und Plagioklas mit An₆₀ darstellbar, was der Naturbeobachtung entspricht.

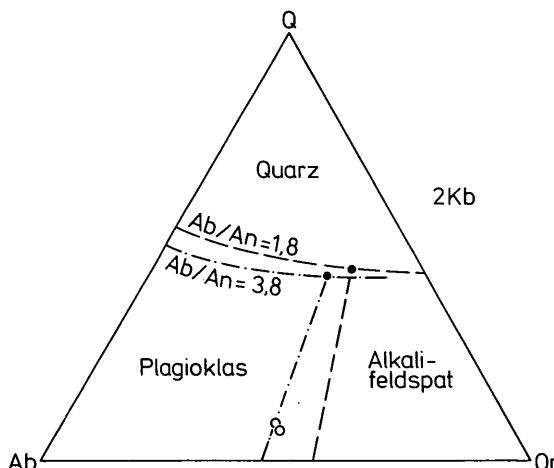


Abb. 10: Die Projektionspunkte (nicht ausgefüllte Kreise) der beiden Latitanalysen der Tab. 3 sind in das System Ab-Or-An unter Berücksichtigung eines Anorthitgehaltes bei 2 Kb nach PLATEN 1965 eingetragen. Auch hier ist als Erstausscheidung Plagioklas zu erwarten, da $Ab/An = 1,7$ bzw. 2,3.

änderungen gibt. Dafür sprechen auch die offenbar lagenförmig auftretenden Zersetzungsscheinungen, Tab. 1.

Schwieriger ist die Deutung jener Latite, die Alkalifeldspat und Plagioklas als Einsprenglinge enthalten. Dabei zeigen die Alkalifeldspateinsprenglinge massive Resorptionserscheinungen (Korrosionsschläuche, vgl. Abb. 1, oder in Auflösung begriffene Splitter), während die Plagioklaseinsprenglinge in der Regel gut begrenzt sind und höchstens leicht gerundete Ecken zeigen.

Eine vielleicht mögliche Erklärung ist folgende: nach WINKLER und Mitarbeiter (zusammenfassend dargestellt bei WINKLER 1979:301ff) vergrößert sich mit steigendem Druck das Volumen des Alkalifeldspates im Tetraeder Ab-Or-An-SiO₂ durch Anheben der Zweifeldspatfläche, vgl. Abb. 8. Wenn man annehmen könnte, daß bei höheren Drucken die Projektionspunkte der Gleichenberger Latite unter die Zweifeldspatfläche zu liegen kommen, so erscheint Sanidin als Frühausscheidung und als Einsprengling. Bei Druckentlastung sinkt dann die Zweifeldspatfläche ab und die Projektionspunkte kommen in das Plagioklasvolumen, wodurch nun der Sanidin instabil und korrodiert wird, während der Plagioklas jetzt als Einsprengling ausgebildet wird, bis schließlich die Zweifeldspatfläche von oben her erreicht und die Grundmasse aus Plagioklas und Sanidin gebildet wird und alles weitere wie oben geschildert abläuft. Wahrscheinlich verhindert jedoch der hohe An-Gehalt der Gleichenberger Latite, daß ihre Projektionspunkte auch bei hohem Druck unter die Zweifeldspatfläche fallen. Die möglichen leichten Korrosionserscheinungen an Plagioklaseinsprenglingen können Temperaturschwankungen, die in den Rekurrenzen ebenfalls ihren Ausdruck finden, zugeschrieben werden. In Latiten ohne Sanidineinsprenglinge ist der Auflösungsprozeß der Sanidine zu Ende gelaufen.

Eine zweite Erklärungsmöglichkeit ist, daß es sich bei den korrodierenden Sanidineinsprenglingen um Assimilationsreste (Xenocrysts) handelt. Dies steht in Übereinstimmung mit der Auffassung, daß die Gleichenberger Latite Assimilationsvorgängen ihre Entstehung verdanken. Auch danach unterscheiden sich die Latite mit Sanidineinsprenglingen von den anderen nur dadurch, daß bei ihnen die Assimilation nicht zu Ende gelaufen ist.

Auf die Denkmöglichkeit, daß ursprünglich ein sehr kalireiches Magma vorgelegen ist (mit Projektionspunkt unter der Zweifeldspatfläche, vgl. Abb. 8), daß zuerst Alkalifeldspateinsprenglinge gebildet wurden und dann Ca-reiches Material assimiliert wurde, so daß der Projektionspunkt über die Zweifeldspatfläche gehoben wird, sei ebenfalls hingewiesen.

Die hohe Beladung der Gleichenberger Heilwässer (Säuerlinge) mit verschiedenen Ionensorten auf Wässer zurückzuführen, die in den stark angegriffenen und zersetzenen Latiten zirkulieren und diese Zersetzung auch noch weiterführen, scheint durchaus verständlich.

Das Untersuchungsmaterial aus der Bohrung Gleichenberg 1981 wurde mir von Herrn Dr. A. FUKSAS, Direktor der Gleichenberger und Johannisbrunnen AG., zur Bearbeitung übergeben; dafür und für einen Druckkostenbeitrag zu dieser Arbeit möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen. Zur Ausführung der Arbeit standen mir die Mittel des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie (Vorstand: Frau Prof. E. M. WALITZI) zur Verfügung. Herrn Dr. P. GOLOB und seinem Mitarbeiter Herrn P. BAHR, Zentrum für Elektronenmikroskopie in Graz (Leitung: Hofrat Dr. F. GRASENICK), habe ich besonders dafür zu danken, daß durch ihre unermüdliche Betreuung die notwendigen Aufnahmen gemacht werden konnten.

Tab. 1: Tiefbohrung Gleichenberg 1981. Unter einer Sedimentbedeckung beginnt bei 113,8 m eine geschlossene Eruptivgesteinsschicht von Latiten, die bis in eine Tiefe von 900 m reicht. Für die Latite werden folgende Daten gegeben: Art der Einsprenglinge, Farbe der Grundmasse (Gesamtfarbeindruck) und Zersetzunggrad. Es bedeutet: Bio = Biotit, Cpx = Klinopyroxen, Opx = Orthopyroxen, Plag = Plagioklas, San = Sanidin, ps = Pseudomorphose; Farbangabe nach Rock-Color-Chart, 1951, GSA; An = chemische Analyse.

Tiefe m	Einsprenglinge					Grundmasse	Bemerkungen
m	Bio	Cpx	Opx	Plag	San		
0						Holozän	
16						Tone, Sande, Schotter des Tertiär	
113,8							
	x	-	-	x	x	medium light gray N 6	fest, nur leicht zersetzt, Einspr. bis 1 cm Ø
114	x	-	-	x	x	grayish yellow 5 Y 8/4	bröckelig zerfallend stark zersetzt
115	x	-	-	x	x	grayish orange pink 5 YR 7/2 - light brown 5 YR 6/4	teilweise löchrig: Blasenlava
135	x	-	-	x	x	brownish gray 5 YR 4/1	fest, nur leicht zersetzt Einspr. bis 1 cm Ø
197						pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, stark zersetzt, in Hohl- räumen Heulandit
198	x	-	-	x	x	pale olive 10 Y 6/2 bis grayish orange 10 YR 7/4	bröckelig zerfallen, stark zersetzt
213	x	-	-	x	x	medium light gray N 6	fest, leicht zersetzt Einspr. bis 0,5 cm Ø
216						pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, sehr stark zersetzt
218	x	-	-	x	x	greenish gray 5 G 6/1	fest, nur wenig zersetzt
234	x	-	-	x	x	very pale orange 10 YR 8/2 bis pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, stark zersetzt
252	x	-	-	x	-	medium light gray N 6 bis light bluish gray 5 B 7/1	fest, sehr wenig zersetzt
259	x	-	-	x	x	very pale orange 10 YR 8/2 bis pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, sehr stark zersetzt
272	x	-	-	x	x	dusky yellowish green 10 GY 3/2	fest, nur wenig zersetzt
283	x	-	-	x	-	very pale orange 10 YR 8/2 bis pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, sehr stark zersetzt
294	x	x	-	x	x	medium dark gray N 4	fest, gut erhalten, Sani- din-Einspr. bis 3 cm Ø, An
297	x	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2 bis very pale orange 10 YR 8/2	porös, teilweise breccios, stark zersetzt

Tiefe m	Einsprenglinge					Grundmasse	Bemerkungen
	Bio	Cpx	Opx	Plag	San		
312	x	ps	-	x	x	grayish green 10 G 4/2	fest, kaum zersetzt, Sani-din-Einspr. bis 6 cm Ø
323	x	ps	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2 very pale orange 10 YR 8/2 pale olive 10 Y 6/2	bröckelig zerfallend, teilweise brecciös, porös, sehr stark zersetzt
337	x	ps	-	x	-	greenish gray 5 G 6/1	fest, löchrig, zersetzt
341	x	ps	-	x	-	medium dark gray N 4 bis brownish gray 5 YR 4/1	fest, Hohlräume von mehreren cm Ø mit SiO ₂ - Modifikationen und Carbonaten erfüllt
345	x	ps	-	x	-	very pale orange 10 YR 8/2 bis pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, Eruptivbreccie, stark zersetzt
352	x	ps	-	x	-	dark greenish gray 5 GY 4/1	fest, nur gering zersetzt
356	x	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2 bis moderate greenish yellow 10 Y 7/4	bröckelig zerfallend, brecciös, sehr stark zersetzt
359	x	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig, porös, stark zersetzt
365	x	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2 bis pale olive 10 Y 6/2	Blasenlava, stark zersetzt
370	x	ps	-	x	-	light olive gray 5 Y 5/2 bis olive gray 5 Y 3/2	fest, wenig angegriffen
373	x	ps	-	x	-	light red 5 R 6/6 bis moderate red 5 R 4/6	fest, Blasenlava
374	x	-	-	x	-	pale olive 10 Y 6/2 bis yellowish gray 5 Y 7/2	Blasenlava, teilweise bröckelig zerfallend, stark zersetzt
378	x	-	-	-	-	pale olive 10 Y 6/2	fest, viele Blasenräume durch dünne Schicht von Montmorin und SiO ₂ -Modi-fikationen ausgekleidet oder durch Carbonate erfüllt
380	x	ps	-	x	-	dusky yellow green 5 GY 5/2	fest, blasig, in Hohlräumen Carbonat und SiO ₂ -Modifikationen
384	x	ps	-	x	x	grayish green 10 GY 5/2	zersetzt aber fest, Blasenräume erfüllt mit Carbonat, Quarz, Chalze-don und Montmorin
385						very light gray N 8	feinstkörnig, schmierig, überwiegend Montmorin, etwas Biotit und Plagioklas
386	x	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2 bis pale yellowish green 10 GY 7/2	Blasenlava, fest, Hohlräume mit Carbonat und Montmorin
391	x	x	-	x	-	dusky blue green 5 BG 3/2 bis dark gray N 3	sehr fest, gut erhalten
398	x	ps	-	x	x	grayish yellow green 5 GY 7/2	fest, aber stark zer-setzt: carbonatisiert

Tiefe m	Einsprenglinge					Grundmasse	Bemerkungen
	Bio	Cpx	Opx	Plag	San		
401	x	ps	-	x	x	grayish green 10 GY 5/2	fest, Sanidin- und Plagioklas-Einsprenglinge im Zentimeterbereich, viel Carbonat
412	x	ps	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, stark zersetzt, Hohlräume mit Heulandit ausgekleidet
418	x	ps	-	x	-	grayish red 5 R 4/2	fest, gelegentlich Hohlräume
426	x	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2	zerbröckelnd, stark zersetzt, Heulandit, An
429						yellowish gray 5 Y 7/2	bis zu Sand zerfallend: Biotit, Plagioklas, Calcit, Siderit, Montmorin
443	x	ps	-	x	-	grayish brown 5 YR 3/2	fest
447	x	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2	fest, aber zersetzt
448						brownish gray 5 YR 4/1 bis blackish red 5 R 2/2	tonig, zerfallend, Plagioklas, Montmorin
449						yellowish gray 5 Y 7/2	sandig zerfallend, Plagioklas und Montmorin
452	-	ps	-	x	-	dark greenish gray 5 GY 4/1	fest, in Hohlräumen grünes Montmorinmineral
460	x	x	x	x	-	greenish gray 5 GY 6/1	fest, aber Grundmasse stark umgewandelt in Montmorin und Heulandit
468	x	x	x	x	-	grayish olive green 5 GY 3/2 bis medium dark gray N 4	fest, aber Grundmasse teilweise völlig umgewandelt in Montmorin
480	-	x	-	x	-	pale reddish brown 10 R 5/4 und yellowish gray 5 Y 7/2	fest, unregelmäßig zersetzt, Hohlräume erfüllt mit Quarz, Opal, grünem Montmorinmineral
492	-	-	-	x	-	pinkish gray 5 YR 8/1 und yellowish gray 5 Y 7/2	stark zersetzte, Carbonat-durchtränkte Blasenlava und Eruptivbreccie
500	-	x	-	x	-	grayish olive 10 Y 4/2	fest, nur leicht zersetzt
504	-	-	-	x	-	pale yellowish brown 10 YR 6/2 und yellowish gray 5 Y 7/2	Eruptivbreccie, stark zersetzt, mit Carbonat und Chalcedon erfüllte Hohlräume
520	-	x	-	x	-	dusky green 5 G 3/2 bis dark gray N 3	fest, kaum zersetzt, vielleicht Pseudomorphosen nach Olivin
530	-	-	-	x	-	pale yellowish brown 10 YR 6/2 bis yellowish gray 5 Y 7/2	feste, aber stark zersetze Eruptivbreccie
535	-	-	-	x	-	light red 5 R 6/6 bis pale red 10 R 6/2	fest, aber stark zersetzt
545	-	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2	bröckelig zerfallend, stark zersetzt
572	-	-	-	x	-	pale red 10 R 6/2	Eruptivbreccie, zersetzt

Tiefe m	Einsprenglinge					Grundmasse	Bemerkungen
	Bio	Cpx	Opx	Plag	San		
578						pale olive 10 Y 6/2	sandig zerfallend, Plagioklas, Montmorin
581	-	x	-	x	-	light gray N 7	fest, aber zersetzt
595						yellowish gray 5 Y 7/2 bis greenish gray 5 GY 6/1	tonig zerfallend, sehr stark zersetzt: Plagioklas, Montmorin, Dolomit
614	-	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2	feste, aber zersetzte Blasenlava, Hohlräume erfüllt mit Chaledon und grünem Montmorinmineral
620	-	x	-	x	-	dusky green 5 G 3/2	sehr fest, kaum angegriffen
627	-	-	-	x	-	light olive gray 5 Y 6/1	sandig zerfallend, sehr stark zerstet: Plagioklas, Montmorin, Siderit
635	-	x	-	x	-	dusky blue green 5 BG 3/2 bis dark gray N 3	fest, kaum zersetzt, An
644	-	ps	-	x	-	grayish yellow green 5 GY 7/2	noch fest, aber zersetzt
650	-	x	x	x	-	very dusky purple 5 P 2/2 bis dark gray N 3	fest, kaum zersetzt, aber grünes Montmorinmineral in Hohlräumen
657	-	ps	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2 bis grayish yellow green 5 GY 7/2	relativ fest, aber stark zersetzt, in Hohlräumen: Opal, Carbonat, Montmorin (grün)
669	-	x	-	x	-	dark greenish gray 5 GY 4/1	fest, kaum zersetzt
683	x	ps	-	x	-	grayish green 10 GY 5/2	fest, aber zersetzt: viel grünes Montmorinmineral
689	-	ps	-	x	-	dark greenish gray 5 GY 4/1	fest, aber zersetzt
703	x	x	-	x	-	dark gray N 3	fest, nur leicht zersetzt
711	-	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2 pale olive 10 Y 6/2	bröcklig zerfallend, stark zersetzt
720	-	ps	-	x	-	light olive gray 5 Y 5/2	noch fest, aber zersetzt, FeO(OH) – Bänderung
726	-	ps	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2	feste Blasenlava, aber zersetzt, Hohlräume erfüllt mit SiO ₂ -Modifikationen und Montmorin
735	-	x	-	x	-	brownish gray 5 YR 4/1	fest, nur wenig zersetzt
738	-	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2 grayish yellow green 5 GY 7/2	stark zersetzte Eruptivbreccie und Blasenlava, bröcklig zerfallend
755	-	x	-	x	-	dark gray N 3	fest, fast nicht zersetzt
764	-	ps	-	x	-	moderate red 5 R 5/4	feste Eruptivbreccie, aber stark zersetzt, viel Opal in Blasenräumen
776	-	-	-	x	-	pale red 5 R 6/2 und grayish green 10 GY 5/2	Eruptivbreccie und Blasenlava, stark zersetzt

Tiefe m	Einsprenglinge					Grundmasse	Bemerkungen
	Bio	Cpx	Opx	Plag	San		
787						pale red 5 R 6/2	sandig zerfallend, Plagioklas, Montmorin, Dolomit
788	-	-	-	x	-	pale red 5 R 6/2 und grayish green 10 GY 5/2	noch feste Eruptivbreccie, stark zerstet, Montmorin, Siderit
790	-	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, sehr stark zerstet, Montmorin Siderit
793	-	ps	-	x	-	pale red 5 R 6/2 und grayish green 10 GY 5/2	fest, aber stark zerstet: Chalzedon, Opal
796						light greenish gray 5 GY 8/1	sandig zerfallend, sehr stark zerstet: Plagioklas, Montmorin, Dolomit
800	x	ps	-	x	-	yellowish gray 5 Y 8/1	noch fest, stark zerstet: kugeliger Opal, Montmorin
808	ps	x	-	x	-	dark greenish gray 5 GY 4/1	fest, nur leicht zerstet: Siderit
812	-	ps	-	x	-	pale red 10 R 6/2 und yellowish gray 5 Y 7/2	bröckelig zerfallende Eruptivbreccie, stark zerstet
815	-	ps	-	x	-	pale olive 10 Y 6/2	fest, in Hohlräumen Quarz, Chalzedon, Opal, Siderit
817	-	-	-	x	-	yellowish gray 5 Y 7/2 und pale red 10 R 6/2	fest, in Hohlräumen: Dolomit, Montmorin
821	-	-	-	x	-	pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, stark zerstet, große Hohlräume mit Dolomit erfüllt
826	ps	ps	-	x	-	pale red 5 R 6/2	fest, stark zerstet: Dolomit
845						grayish red 5 R 4/2 – 10 R 4/2	Eruptivbreccie, bröckelig und sandig zerfallend: Plagioklas, Montmorin, Dolomit, Siderit
871	ps	x	-	x	-	medium light gray N 6 bis greenish gray 5 G 6/1	fest, nur leicht zerstet
877						pale greenish yellow 10 Y 8/2	bröckelig zerfallend, stark zerstet
882	ps	ps	-	x	-	moderate red 5 r 5/4	fest, stark zerstet
887	x	ps	-	x	-	moderate red 5 R 5/4 und yellowish gray 5 Y 7/1	fest, unregelmäßig fleckig zerstet: Kaolinit, Montmorin, Siderit
900							

Tab. 2: Gitterkonstanten und daraus abgeleitete Größen von Sanidineinsprenglingen aus:

	Latit der Bohrung Gleichenberg 1981, 295,5 m	Trachyt, Camel's Back Mountain, Montana P 50–90 WRIGHT & STEWART 1968
	Ausgangs- material	100 ^h bei 1000° C
a [Å]	8,437 (4)	8,444 (5)
b [Å]	13,009 (2)	13,011 (3)
c [Å]	7,171 (3)	7,171 (4)
β	116,10° (3)	116,04° (5)
V [Å ³]	706,8 (5)	707,8 (7)
Or	60–61	61–63
t _{lo} = t _{lm}	0,27	0,27
t _{2o} = t _{2m}	0,23	0,23

Tab. 3: Chemische Analysen von Latiten der Bohrung Gleichenberg 1981

	gut erhaltener Latit mit Sanidin- einsprenglingen 295,5 m	gut erhaltener Latit ohne Sanidin- einsprenglinge 642 m	stark zersetzer Latit 427 m
SiO ₂	57,30	56,06	63,07
TiO ₂	0,89	1,04	0,68
Al ₂ O ₃	16,40	16,17	13,43
Fe ₂ O ₃	4,85	1,80	2,18
FeO	1,40	3,67	2,41
MnO	0,05	0,10	0,10
MgO	1,65	3,39	2,73
CaO	5,79	5,32	2,82
Na ₂ O	3,69	3,30	1,98
K ₂ O	4,99	4,34	2,64
P ₂ O ₅	0,46	0,58	0,20
Glv.	2,42	2,90	5,15
H ₂ O ⁻	0,70	1,03	3,20
	100,59	99,70	100,59
si	191	182	
al	32,5	31	
fm	24,5	31	
c	20,5	18,5	
alk	22,5	19,5	
k	0,47	0,46	
mg	0,34	0,53	

Magentyp: Si-monzonitisch (BURRI 1959)

Tab. 4: Aus den chemischen Analysen der Tab. 3 berechnete modale Mineralbestände von Latiten aus der Bohrung Gleichenberg 1981 (Gw. %).

gut erhaltener Latit mit Sanidin- einsprenglingen, 295,5 m	gut erhaltener Latit ohne Sanidin- einsprenglinge, 642 m	stark zersetzer Latit aus 427 m			
Sanidin Or59*)	50	Sanidin Or60	44	Sanidin Or60	26
Plagioklas An52*)	26	Plagioklas An57*)	29	Plagioklas An57*)	18
Quarz	6	Quarz	7	Quarz	21,5
Biotit	0,5	Biotit	—		
Diopsid	9	Diopsid	5	Montmorin	21
Wollastonit	0,5	Enstatit	7	Saponit	8
Ilmenit	2	Ilmenit	2	Siderit	4
Magnetit	2	Magnetit	3	Limonit	0,5
Hämatit	3,5	Hämatit	2	Rutil	0,5
Apatit	1	Apatit	1	Apatit	0,5

*) Teilweise Einsprenglinge

Literaturverzeichnis

- ANGEL F. & MARCHET A. 1939. Über den Lehrausflug in das oststeirische Vulkangebiet am 25. August 1938. Gesteinskundlicher Teil. – Fortschritte Mineral., Kristallogr. und Petrographie, 23:XXIX-XLVII.
- BAMBAUER H. U., TABORSKY F. & TROCHIM H. D. 1971. W. E. TRÖGER, Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 1, Bestimmungstabellen. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- BURRI C. 1959. Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage. – Birkhäuser, Basel und Stuttgart.
- DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSMANN J. 1978. Rock-forming minerals, Vol. 2A, 2nd ed., Single-Chain Silicates. – Longman London.
- FLÜGEL H. & HERITSCH H. 1968. Das Steirische Tertiär-Becken, 2. Aufl. – Sammlung Geol. Führer, 47, Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- GOLDSCHMIDT V. 1918. Atlas der Krystallformen, Tafeln, Bd. IV. – Carl Winter, Heidelberg.
- HERITSCH H. 1963. Exkursion in das oststeirische Vulkangebiet. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 93:206–226.
- 1966. Ein Latit aus der Tiefbohrung von Paldau, westlich Feldbach, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 96:50–58.
 - 1976. Ferrimontmorillonit als hydrothermales Zersetzungsprodukt im Latit (Trachyan-desit) der Gleichenberger Klause, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 106:31–33.
- JAMES R. S. & HAMILTON D. L. 1969. Phase relations in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KA}1\text{Si}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-SiO}_2$ at 1 kilobar water vapour pressure. – Contr. Mineral. and Petrol., 21:111–141.
- MARCHET A. 1931. Zur Petrographie der vorsarmatischen Ergußgesteine bei Gleichenberg in Oststeiermark. – Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. I, 140:461–541.
- NICHOLLS I. A. & LORENZ V. 1973. Origin and Crystallization History of Permian Tholeiites from the Saar-Nahe Through, SW Germany. – Contr. Mineral. Petrol., 40:327–344.

- PLATEN von H. 1965. Experimental Anatexis and Genesis of Migmatites – in Controls of Metamorphism, ed. by PITCHER W. S. & FLINN W. G. – Oliver and Boyd, Edinburgh, London.
- ROCK COLOR CHART. 1951. Geol. Soc. America, New York.
- SCHARBERT H. G., POULTIDIS C., HÖLLER H., KOLMER H. & WIRSCHING U. 1981. DMG-ÖMG-Tagung 1981, Exkursion E 3: Vulkanite im Raume Burgenland – Oststeiermark. – Fortschr. Miner. 59, Beiheft 2:69–88.
- SMITH J. V. 1974. Feldspar Minerals, Vol. 1; Crystal Structure and physical properties. – Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York.
- STEWART D. B. & WRIGHT T. L. 1974. A1/Si order and symmetry of natural alkali feldspars, and the relationship of strained cell parameters to bulk composition. – Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr., 97:356–377.
- STEWART D. B. 1975. Lattice parameters, composition, and A1/Si order in alkali feldspars. – In Feldspar Mineralogy, Min. Soc. Amer., Short Course Notes, 1975:St-1 – St-30.
- TURNER F. J. & VERHOOGEN J. 1960. Igneous and metamorphic petrology. – 2nd ed. Mc Graw Hill, New York, Toronto, London.
- WINKLER H. G. F. 1979. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. – 5th ed., Springer-Verlag, New York–Heidelberg–Berlin.
- WRIGHT T. L. & STEWART D. B. 1968. X-Ray and optical study of alkali feldspar. 1. Determination of composition and structural state from refined unit-cell parameters and 2V. – Amer. Mineralogist, 53:38–87.
- YUND R. A. 1975. Microstructure, kinetics, and mechanisms of alkali feldspar exsolution. – In Feldspar Mineralogy, Min. Soc. America, Short Course Notes, 1975:Y-29 – Y-57.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [112](#)

Autor(en)/Author(s): Heritsch Haymo

Artikel/Article: [Die Latite aus der Tiefbohrung in Bad Gleichenberg, Steiermark. 27-47](#)