

Zusammenfassung

Zur Methodik der Untersuchungen in permosilesischen Ignimbritablagerungen

Ausgehend von ihrer Genese werden Eigenschaften und Merkmale von Ignimbritablagerungen beschrieben und mit der Ausbildung permosilesischer Ignimbrite im Südtteil der DDR verglichen. Gegenüber jüngeren Ablagerungen bestehen keine wesentlichen petrographischen Unterschiede. Sphärolithische bis mikrogranitische Rekristallisation und Verwitterungseinflüsse erschweren die Identifikation des verschweißten vitroklastischen Gefüges vor allem in höheren Bereichen der Ignimbritdecken. Vulkanotektonische und spätere Bewegungen haben die ursprünglich horizontale Lagerung erheblich verändert. Durch Korrelation der zonalen Eigenschaften und Erfassen des Pseudofluidalgefüges können primärer Aufbau und Abfolge in Abkühlungseinheiten und komplexen Ignimbritfeldern rekonstruiert werden.

Summary

On the methodology applied to investigation of Permosilesian ignimbrite deposits

Proceeding from their genesis the author describes properties and characteristics of ignimbrite deposits and compares them with the development of Permosilesian ignimbrites in the south of the GDR. There are no essential petrographic differences to younger deposits. Spherulitic to microgranitic recrystallization and weathering effects make identification of the wall-frozen vitroclastic fabric difficult, above all in higher fields of the ignimbrite mantles. — Volcano-tectonic and later movements have substantially altered the originally horizontal stratification. Primary constitution and succession in cooling units and complex ignimbrite fields can be reconstructed by correlation of zonal properties and logging of the pseudofluidal fabric.

Резюме

О методике исследований в пермских отложениях игнимбрита

Исходя из генезиса, описываются свойства и признаки отложений игнимбрита и сравниваются с образованием пермских игнимбритов в южной

Zur Methodik der Untersuchungen in permosilesischen Ignimbritablagerungen

Mit 4 Abbildungen und 8 Photos im Text

Autor:

Dipl.-Geol. FRANK EIGENFELD
Sektion Geographie
der Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg
Fachbereich Geologie
402 Halle (Saale)
Domstraße 5

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd 1
Seite 85...100
VEB H. Haack Gotha/Leipzig 1977

части ГДР. Они не обладают существенными петрографическими различиями по сравнению с более молодыми отложениями. Влияние выветривания, сферолитовые и микрогранитовые рекристаллизации усложняют распознавание сваренного витрокластического строения прежде всего в верхних частях покрова игнимбрита. Вулкано-тектонические и более поздние движения значительно изменили первоначальное горизонтальное залегание. Путём корреляции зональных свойств и учёта псевдофлюидальной структуры возможна реконструкция первоначального строения и последовательности в единицах охлаждения и комплексных участках игнимбрита.

Diese Arbeit ist meinem hochverehrten Lehrer Prof. (em.) Dr. R. HOHL zu seinem 70. Geburtstag am 17. August 1976 gewidmet. Mit seinen vorausschauenden Anregungen und der langjährigen Förderung moderner vulkanogenetischer Untersuchungen in permosilesischen Vulkanitkomplexen hat er einen wesentlichen Beitrag für die Grundlagenforschung und für praxisorientierte Aufgaben geleistet. Daran zu erinnern, wie gleichzeitig zu danken, ist mir Ehre und Verpflichtung.

1. Einleitung

Die Ignimbrite erweckten auf Grund ihrer eigenümlichen Merkmale bereits frühzeitig Interesse. FRITSCH; REISS (1868) hatten auf Tenerife in Vulkaniten eingeschlossene Bimsfetzen und Xenolithe beobachtet und den Begriff der eutaxitischen Struktur dafür geprägt. In Dünnschliffbildern war ZIRKEL (1876) auf rekristallisierte Scherben vulkanischen Glases aufmerksam geworden, die er als Axiolithe bezeichnete. IDINGS (1899) vermutete bereits besondere Entstehungsbedingungen für verfestigte Gesteine mit vitroklastischem Gefüge, die er „welded tuffs“ nannte. Er hatte die Vorstellung, daß Tuffe, über noch heißen Lavaströmen abgelagert, durch die Hitze wieder verfestigt werden könnten.

Die explosiven vulkanischen Ausbrüche von Mont Pelée, Soufrière und Katmai zwischen 1902 und 1932 (ANDERSEN; FLETT 1903; LACROIX 1904, 1930; FENNER 1923; PERRET 1935) erweiterten die Kenntnisse über Eruptionsmechanismen beträchtlich. So war es MARSHALL (1935), der als erster aus der Beobachtung der petrographischen Ausbildung saurer bis intermediärer Vulkanite auf New Zealand folgerte, daß diese durch einen dem Glutwolkentyp von Katmai verwandten Ausbruchsmechanismus entstanden sein mußten. Er hatte eine weit verbreitete, mehrere 100 Meter mächtige vulkanische Ablagerung mit eutaxitischer Struktur untersucht, die keine Anzeichen eines Lavaergusses wie Fließmerkmale, Lavakrusten oder Gasblasen aufwies. Auch das Dünnschliffbild zeigte ein für Laven untypisches Gefüge. Es war durch Scherben, feinste sowie auch größere Bruchteile und Fetzen vulkanischen Glases gekennzeichnet, die sich nach der Ablagerung wieder zu einem kompakten Gestein verbunden hatten. Die Bruchstücke vulkanischen Glases waren eng mit Splintern von Einsprenglingskristallen vermischt.

MARSHALL schlußfolgerte aus dieser Ausbildung ein explosionsartiges Zerreißen des Magmas an der Oberfläche, das zum Zersprätzen in kleine und kleinste Schmelzteilchen und zur Zertrümmerung der Kristalle führte. Vermengt mit heißen Gasen bildeten sie ein hochmobiles Gemisch, das in kurzer Zeit große Flächen überdecken konnte. Durch diesen sehr schnellen und mit geringen

Wärmeverlusten verbundenen Eruptions- und Ablagerungsprozeß mußten sich nach der Platznahme noch so hohe Temperaturen erhalten haben, daß die ursprünglich isolierten Teilchen miteinander verschweißen konnten. Ein unter diesen Bedingungen entstandenes Gestein bezeichnete MARSHALL (1935) als Ignimbrit (ignis: Feuer, imber: Regen).

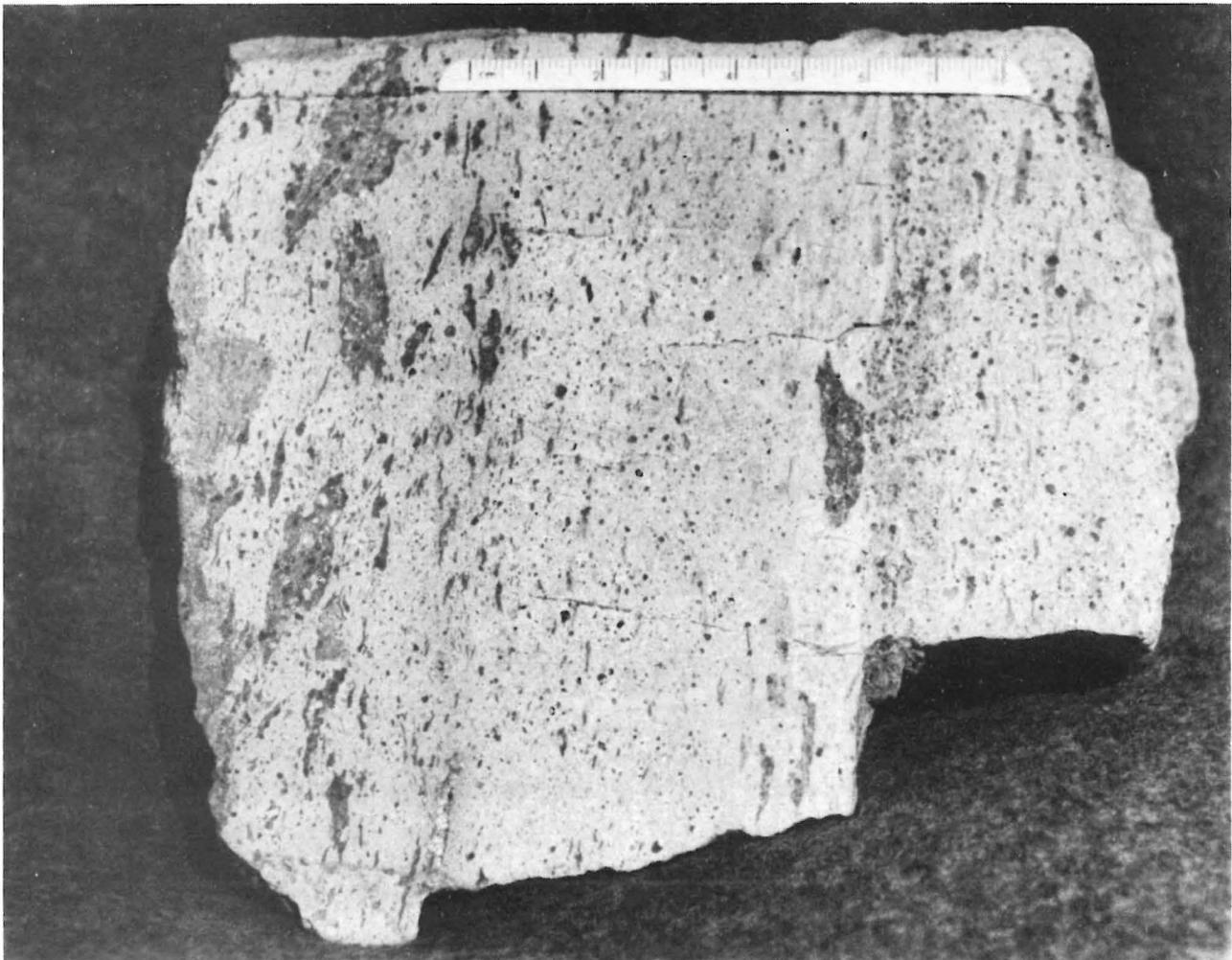
Seit dieser Veröffentlichung wurden und werden weltweit immer mehr saure bis intermediäre vulkanische Ablagerungen als Ignimbrite erkannt. Schon jetzt kann eingeschätzt werden, daß die ignimbritischen Förderprodukte alle anderen sauren vulkanischen Bildungen an Volumen bei weitem übertreffen, daß also dieser Ausbruchsmechanismus keinen Sonderfall darstellt. Es sind Ignimbritfelder mit einer Ausdehnung von etwa

200 000 km², mit Mächtigkeiten über 1000 Meter und bis zu 100 000 km³ Masse bekannt geworden (SMITH 1960a, MACDONALD 1972). Erstmals stellten SMITH (1960a, b) und ROSS; SMITH (1961) die gewonnenen Ergebnisse zusammen und gaben einen Überblick der Merkmale und Eigenschaften in Ignimbritablagerungen in Abhängigkeit der Genese. Trotzdem bereiten Erkennen und Abgrenzung ignimbritischer Ablagerungen auf Grund der variablen Ausbildung infolge ihrer komplexen Entstehungsbedingungen, durch verschiedenartige Alterungsprozesse im Gestein, durch mehr oder weniger lückenhafte Erhaltung insbesondere paläozoischer und älterer Bildungen dem Bearbeiter immer wieder neue Schwierigkeiten. MAUCHER (1960), WEYL (1961), PICHLER (1963) u. a. forderten daher für eine sichere Bestimmung den

Photo 1
Handstück mit eutaxistischer Struktur und parting aus dem Rochlitzer Porphyry von Mutzscheroda, Nordwestsächsischer Vulkanitkomplex (Photo EIGENFELD)

Liegendes

Hängendes



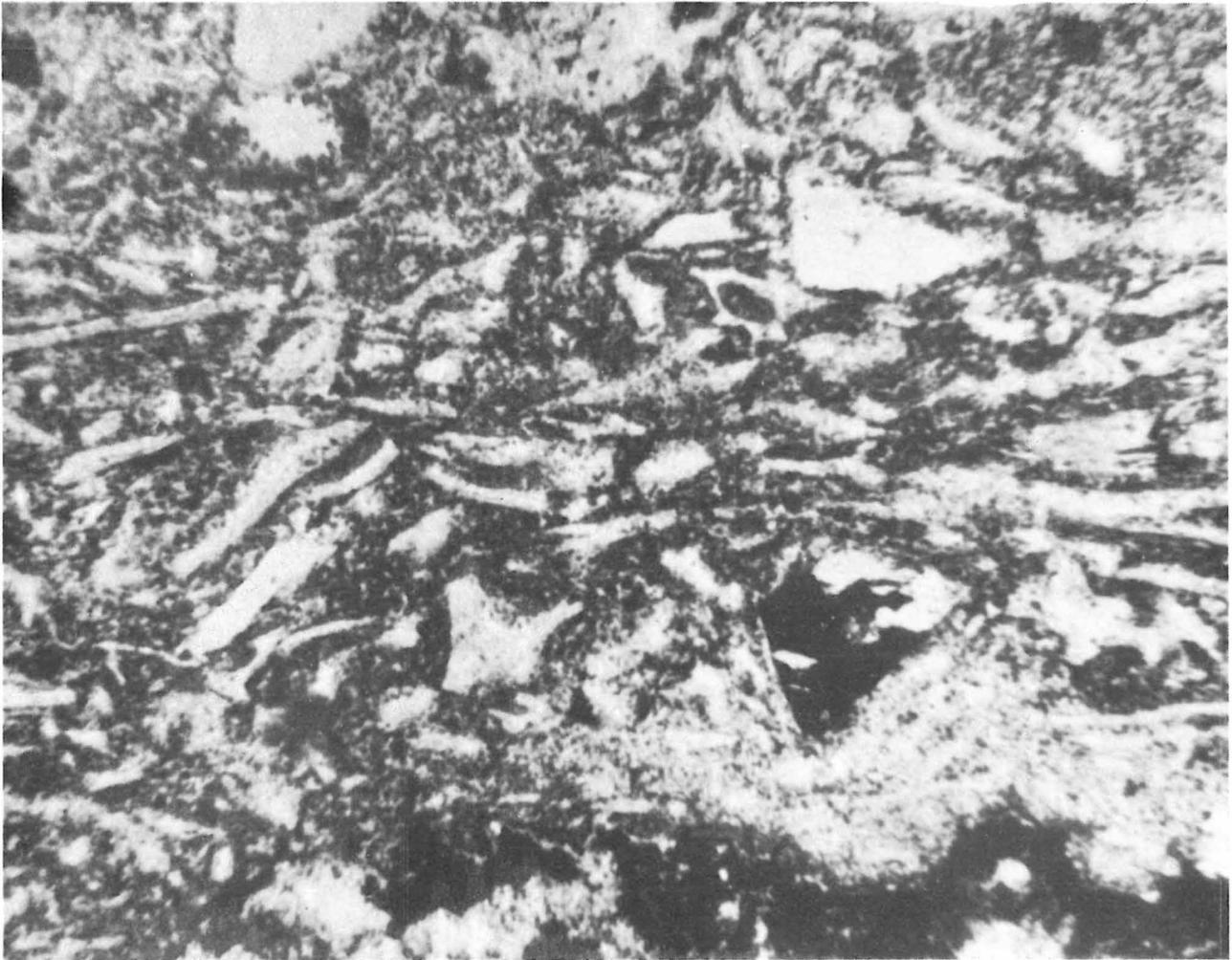
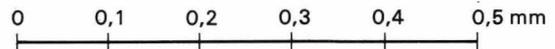


Photo 2
 Vitroklastisches Gefüge im gering verschweißten Ignimbrit (// Nic.)
 (Photo EIGENFELD)



Nachweis eindeutiger Befunde in drei Größenordnungen:

1. weitflächige Verbreitung im Gelände
2. eutaxitische Struktur im Handstück
3. vitroklastisches Gefüge im Dünnschliff

Um nicht Fehldeutungen zu unterliegen, muß diesen Forderungen in jedem Falle zugestimmt werden, bzw. bei Ausfall eines Nachweises ist der Ignimbritcharakter als nicht bewiesen anzusehen.

Der vorliegende Beitrag beruht auf Arbeiten und Beobachtungen in verschiedenen permosilesischen Ignimbriten im Südteil der DDR (MÄDLER 1964; RÖLLIG u. a. 1970; JENTSCH 1971; BENEK u. a. 1973a, b, EIGENFELD; SCHWAB 1974), ohne auf regionale Ergebnisse einzugehen und zu veröffentlichen, und bezieht sich auf Literaturangaben zum Erscheinungsbild känozoischer Ignimbritbildungen sowie über die Ausbruchbedingungen, welche

die primäre Ausbildung, wie Mikro- und Megagefüge, Verbreitung, vulkanotektonische Erscheinungen, petrophysikalische Eigenschaften u. a. m. bestimmen.

2. Eigenschaften und Merkmale in permosilesischen Ignimbritablagerungen

2.1. *Vitroklastisches Gefüge*

Das primäre Gefüge in einem ignimbritischen Gestein ist als vitroklastisches Gefüge ausgebildet (Photo 2). Während des Aufstiegs zerplatzen die Blasen des Magmenschaumes infolge ständiger

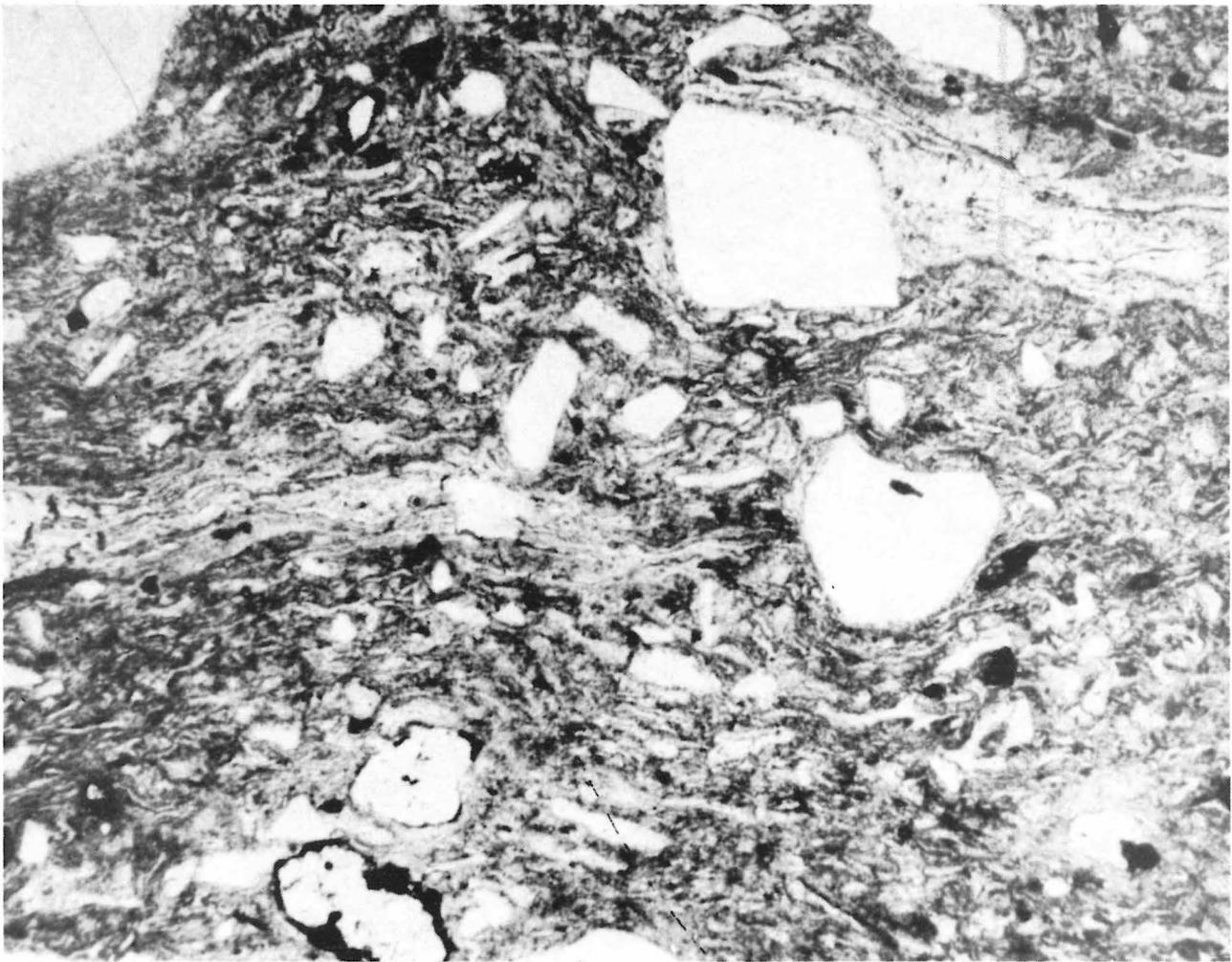
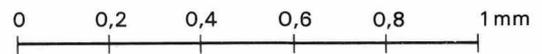


Photo 3
 Vitroklastisches Gefüge mit Bimsfetzen und Kristallsplitter (// Nic.)
 (Photo EIGENFELD)

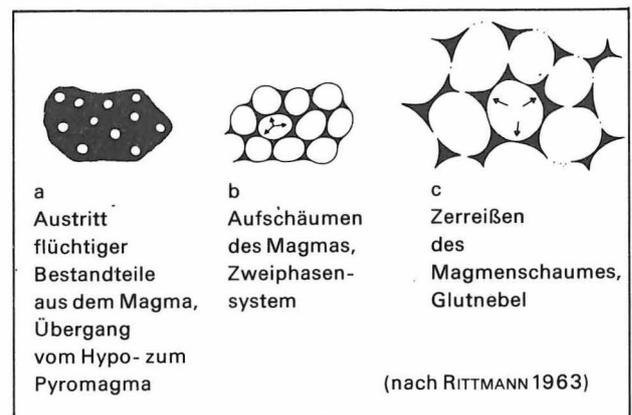


Volumenvergrößerung des notwendig hohen Gasgehaltes durch Druckentlastung und der hohen Viskosität saurer bis intermediärer Magmen. Bei diesem Vorgang erhalten die Schmelzteilechen ganz charakteristische Formen, die Reste der Blasenwandungen darstellen. Ihre Gestalt ähnelt überwiegend einem Y, aber auch knochenähnliche Bildungen sind häufig (Abbildung 1). Die Länge der als Scherben oder Vitroklasten bezeichneten Körper beträgt in Abhängigkeit der Viskosität durchschnittlich 5...20 μ , maximal 100 μ .

Nicht alle Blasen zerplatzen. Mehr oder weniger große Blasengruppen bleiben als Bimsfetzen erhalten. Vermengt mit feinsten Schmelztröpfchen, mit Kristallsplittern und Xenolithen werden alle diese Anteile (Photo 3) in einer heißen Gaswolke durch den explosiven Ausbruch, dessen Energie aus der Volumenvergrößerung das Gase durch Druckentlastung stammt und bei Nachschub ge-

nügend gasreicher Magmen zur permanenten Explosion führt (RITTMANN erinnert an überkochende Milch), mit hoher Geschwindigkeit über

Abbildung 1
 Entstehung der Vitroklasten
 mit Y- und knochenähnlicher Form
 (unmaßstäblich)



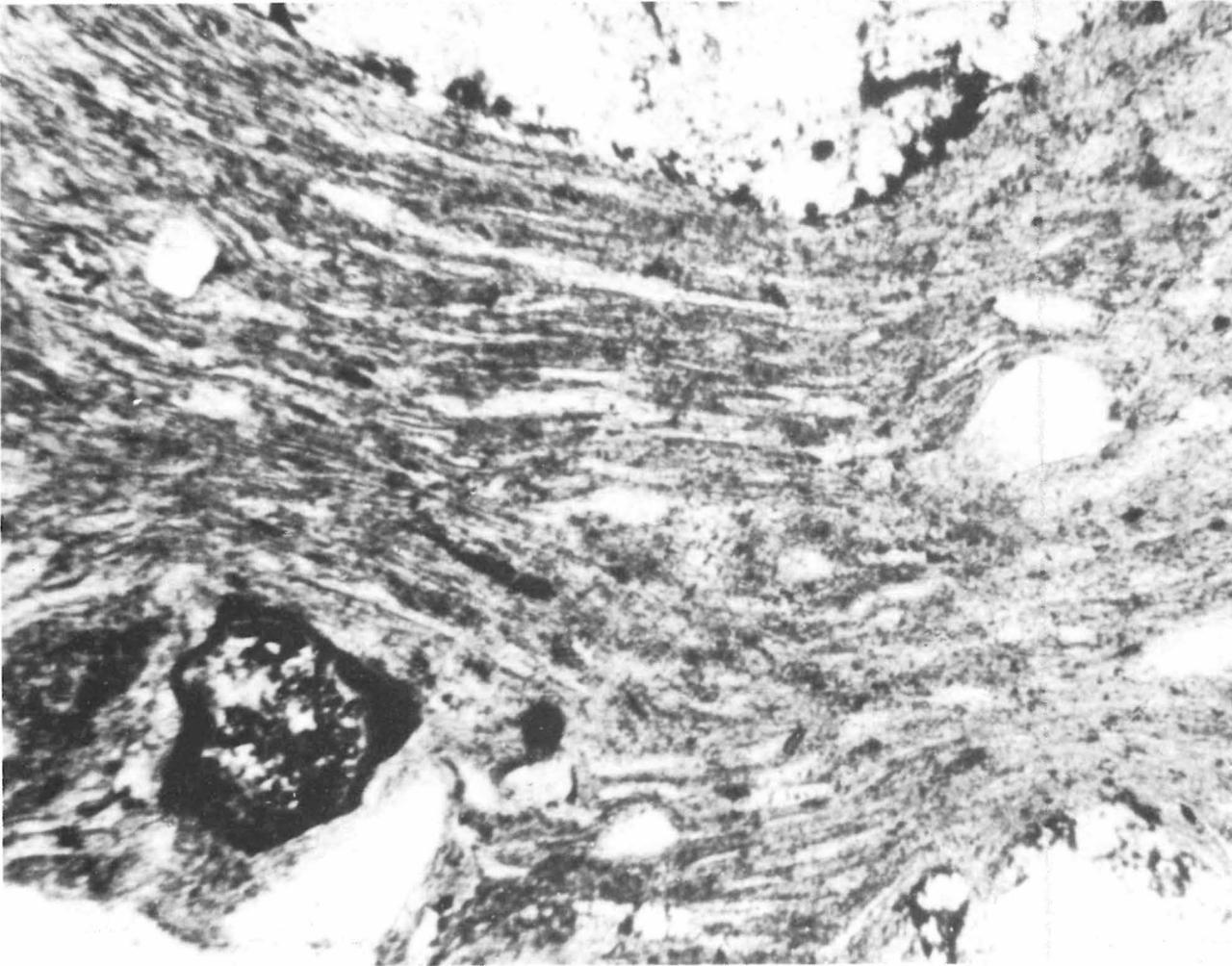
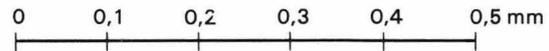


Photo 4
 Vitroklastisches Gefüge im stark verschweißten Ignimbrit
 – Pseudofluidalgefüge (// Nic.)
 (Photo EIGENFELD)



den Rand der Förderzone geschleudert. Durch die äußerst geringe Reibung in diesem Gas – Schmelzkörper – Gemisch ist ein schneller und weiter Transport möglich, wobei kaum Wärmeverluste eintreten. Nach der Ablagerung können daher die Vitroklasten so hohe Temperaturen aufweisen, daß sie noch plastisch reagieren und, für die Entstehung eines Ignimbrites unerlässlich, miteinander verschweißen. Durch die Verschweißung verlieren sie nicht ihre Konturen, sie zerlaufen oder verschmelzen nicht, wohl aber werden sie durch den Auflastdruck der über ihnen sich aufhängenden Massen deformiert, sie werden zusammengepreßt und ausgelängt. Die Abkühlung unter die Plastizitätsgrenze beendet den Verschweißungsprozeß und fixiert das für Ignimbrite typische Gefüge. Die Intensität der Deformation – der Verschweißungsgrad – ist in Abhängigkeit von der Position der

Vitroklasten in der abgelagerten Decke sehr unterschiedlich (s. 2.6.).

In Bereichen mit stärkerer Verschweißung verlaufen die Vitroklasten überwiegend parallel eng nebeneinander und umschmiegen die Kristallsplitter. Sie ähneln damit Fließlinien in Vulkaniten. RITTMANN (1958) bezeichnete diese Erscheinung als Pseudofluidalgefüge, da sie durch den Verschweißungsprozeß verursacht wird und nicht Fließvorgänge abbildet (Photo 4). In den Basis- und Randbereichen einer ignimbritischen Decke kann es infolge morphologischer Bedingungen des Untergrundes zu echten Fließvorgängen nach der Ablagerung kommen. Diese Bereiche kennzeichnete RITTMANN (1958) als Rheoignimbrite. Sie sind mit Laven vergleichbar, gehen aber allmählich in Ignimbrite über.

Die Erkennbarkeit des Verschweißungsgrades, wie des vitroklastischen Gefüges überhaupt, kann durch den Rekristallisationsprozeß der Vitrokla-

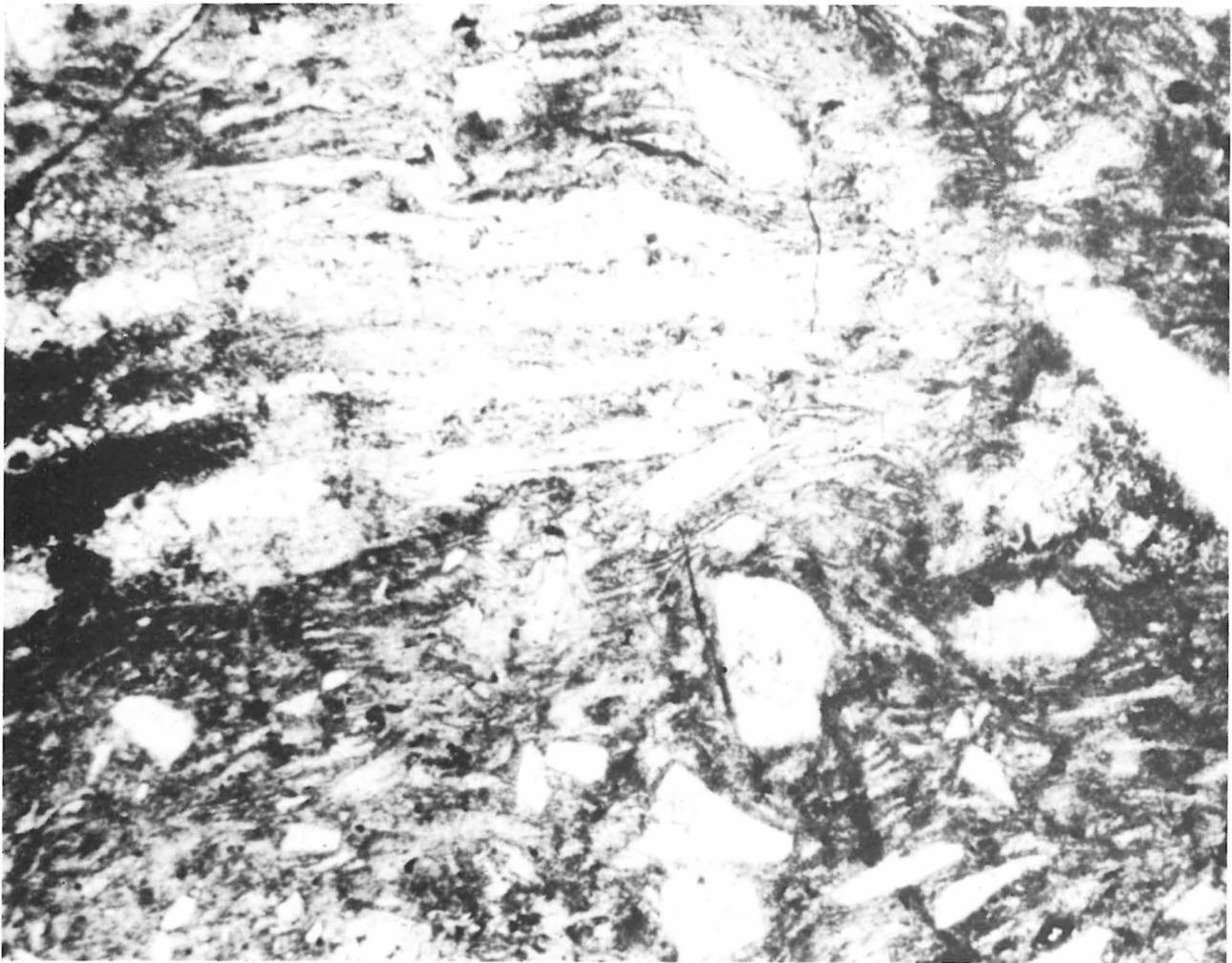


Photo 5
Mittel bis schwach verschweißtes vitroklastisches Gefüge mit
typisch am Ende ausgeflamten Bimsfetzen (// Nic.)
(Photo EIGENFELD)

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1 mm

sten nach der Ablagerung erschwert bzw. unmöglich gemacht werden. Ursache ist die Entmischung der Schmelzsubstanz in zunächst kleinste Kristallisationskeime aus Quarz, Feldspat und Mafite, die an Größe zunehmen können, bis sie als mikrogranitische Gefüge die ursprünglich vitroklastische Ausbildung vollständig überprägen. ZIRKEL (1876) hat die rekristallisierten Scherben als Axiolithe beschrieben, die durch randständige, nach innen gerichtete und palisadenförmig angeordnete Kristallite von Quarz und Feldspat (Kammstruktur nach MARSHALL 1935) sowie im Inneren durch eine zentrale Linie von Mafiten charakterisiert sind.

Neben der Rekristallisation der glasigen Grundmasse können auch Durchgasungen der Ablagerung zu Veränderungen im vitroklastischen Gefüge beitragen. So durchziehen die flüchtigen Bestand-

teile des ignimbritischen Glutnebels nach der Ablagerung die Decke und schlagen sich als Kristallite vor allem in ihren mittleren und oberen Bereichen nieder. Überwiegend ist diese Dampfphasenmineralisation nach SMITH (1960b) an mosaikartig zusammengesetzten Kolonien von Quarzkristallen kenntlich. Wesentlich stärkere Veränderungen werden durch hydrothermale Durchgasungen nachfolgender vulkanischer Aktivitäten verursacht. Die Grundmasse kann vollständig „verkristallisieren“. FENNER (1948) bezeichnete derart umgewandelte Ignimbrite als Sillar.

In den permosilesischen Ignimbriten im Südteil der DDR kann ebenfalls die differenzierte Vielfalt ihrer Grundmasseausbildung beobachtet werden. Die Vitroklasten, der Grad ihrer Verschweißung und auch Axiolithe sind im Dünnschliffbild unter Pol. gut erkennbar (Photo 5). Die Grundmasse ist, bis auf wenige Ausnahmen in Vitrophyren

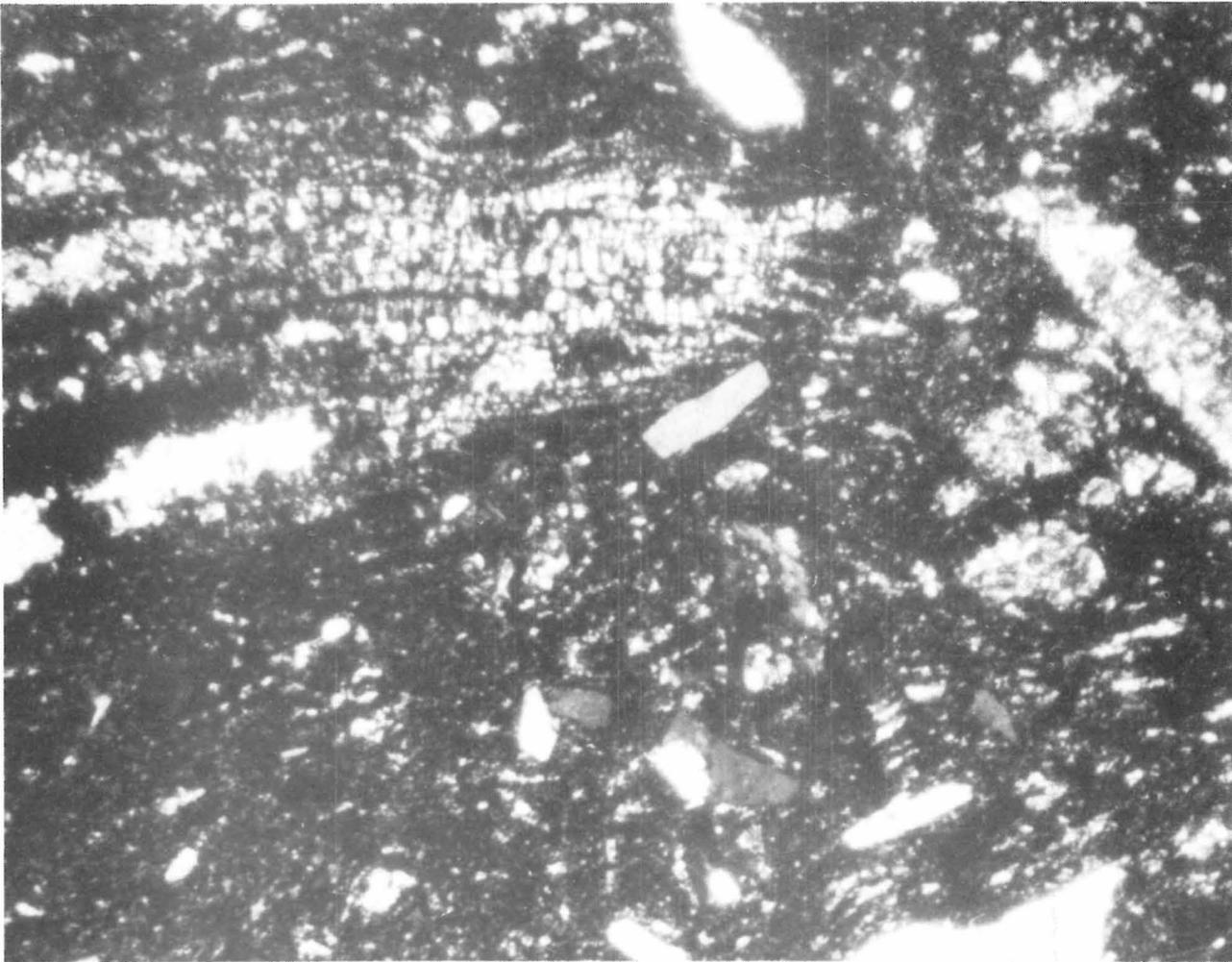
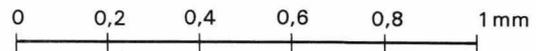


Photo 6
Mittel bis schwach verschweißtes vitroklastisches Gefüge mit typisch am Ende ausgeflamnten Bimsfetzen (// Nic.); unter + Nic. ist die unterschiedliche Rekristallisation in der Grundmasse und im Bimsfetzen zu beobachten (Photo EIGENFELD)



2.2.

Eutaxitische Struktur

(s. 2.6.), rekristallisiert (Photo 6). In mittleren und oberen Deckenteilen treten verstärkt Bereiche mit sphärolithischen bis mikrogranitischen Gefügen auf, die eine Auflösung der vitroklastischen Konturen verursachen. Ungünstige Veränderungen wurden aber vor allem durch chemische Verwitterungseinflüsse hervorgerufen, wobei festzustellen ist, daß diese in stärker verschweißten Ignimbriten wesentlich geringer in Erscheinung treten als in schwach bis nicht verschweißten Zonen. Weitergehende Veränderungen der Grundmasse in der permosilesischen Ignimbriten, als mit ihrer Genese zusammenhängend und zusätzlich durch Verwitterung verursacht, konnten nicht festgestellt werden.

Wie stark auch immer die Überprägung des vitroklastischen Gefüges ausgebildet ist, die eutaxitische Struktur wird in jedem Fall erhalten bleiben. Hauptmerkmal sind in der Grundmasse eingebettete, nicht zerspratzte Magmenschäumreste, die als Bimsfetzen, pumice fragments oder fiamme bezeichnet werden. Wenige mm und kleiner, bis mehrere cm lang, oval bis stark gestreckt, unterscheiden sie sich in der Farbe und in ihrer kristallarmen bzw. -freien Ausbildung deutlich von der Grundmasse und sind im Handstück gut zu erkennen (Photo 17). Ihr Anteil am Gesteinsaufbau kann 30 % und mehr betragen.

Als primär plastisch eingelagerte Schaumfetzen verschweißen sie mit den Vitroklasten und unter-

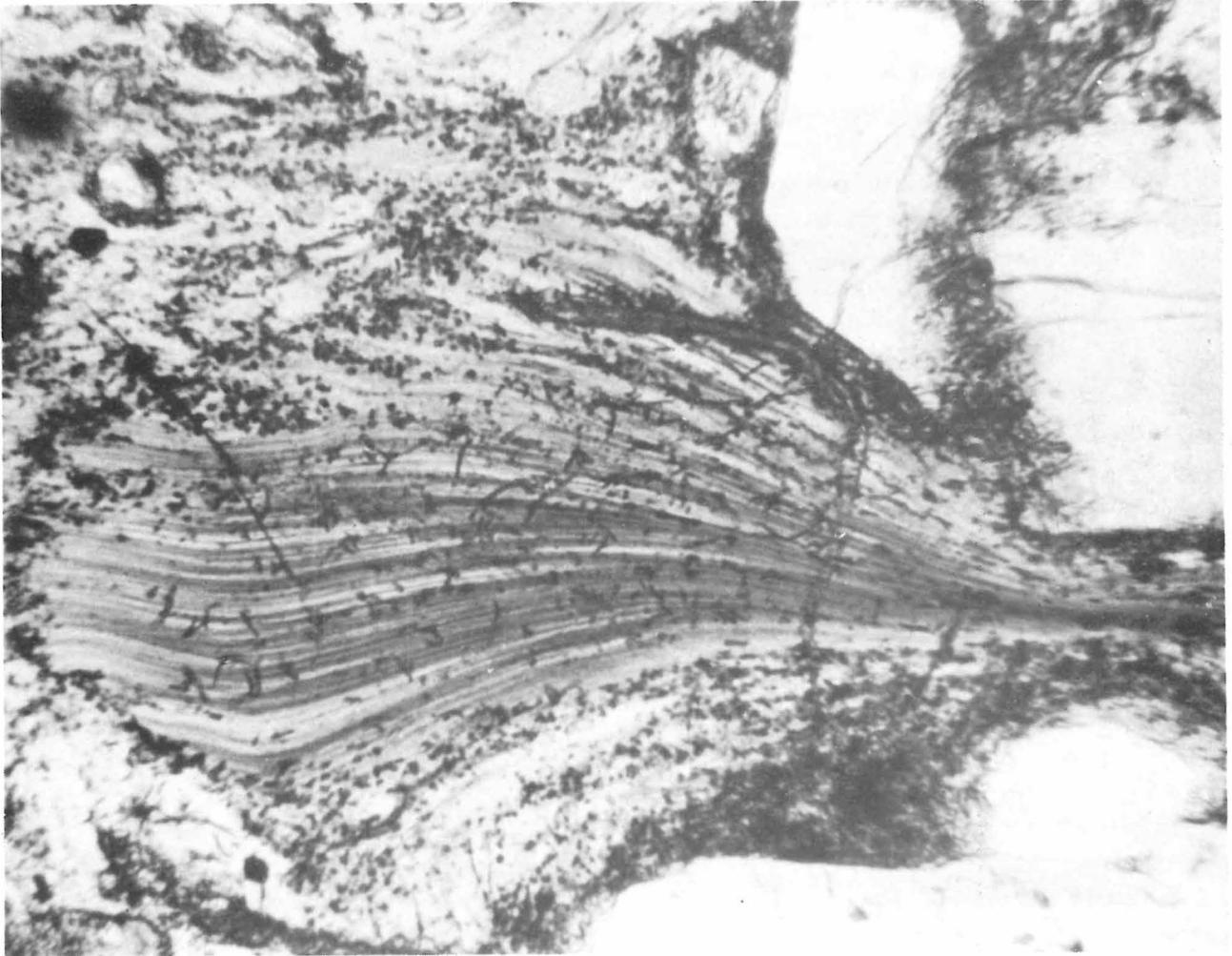
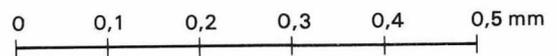


Photo 7
 Stark deformierte Bimsfetzen in gestreifter Ausbildung (// Nic.)
 (Photo EGENFELD)



liegen ebenfalls der Deformation. Das Längen-Breiten-Verhältnis der Bimsfetzen kann als direktes Maß des Verschweißungsgrades angesehen werden. Statistische Messungen erbringen durchschnittliche Verhältniswerte von 4 und mehr für stark verschweißte, etwa 3 für mittel und 2,5 und weniger für schwach und nicht verschweißte Bereiche.

Da die Bimsfetzen wie auch die Vitroklasten zunächst horizontal abgelagert werden, zeigen Abweichungen von dieser Lage Bewegungen nach der Platznahme an. Für das Einmessen der Verstellung, um vulkanotektonische Ereignisse und postvulkanische Tektonik in den Ablagerungen rekonstruieren zu können, eignen sich besonders die Bimsfetzen, da das Pseudofluidalgefüge nur im Dünnschliff erkennbar ist. Es sollten aber möglichst viele Messungen erfolgen, da nicht alle Bims-

fetzen dem Pseudofluidalgefüge parallel verlaufen. Die Bimsfetzen sind in glasiger Ausbildung in den permosilesichen Ignimbriten nur äußerst selten anzutreffen. Es ist zu beobachten, daß sie im Vergleich mit der vitroklastischen Grundmasse, bevorzugt und intensiver rekristallisieren (Photo 6). Sie stellen überwiegend Ausgangspunkte einer grobkristallinen bzw. sphärolithischen Rekristallisation dar, die auf die Grundmasse übergreift. Dadurch kann die ursprünglich scharfe Grenze zwischen Bimsfetzen und Grundmasse undeutlich werden, zumal dieser Prozeß auch eine farbliche Angleichung hervorruft. In stärker verschweißten Ignimbriten ist allerdings der Anteil derartig veränderter Bimsfetzen geringer als in schwach oder nicht verschweißten Bereichen.

Der blasige Aufbau der schwach deformierten Bimsfetzen ist in Einzelfällen noch erhalten

geblieben. Die Hohlräume sind meistens mit amöboidförmigen Quarzen der Dampfphasenkristallisation oder anderen sekundären Mineralbildungen ausgefüllt. Diese sind bei der Beurteilung des primären Einsprenglinggehaltes in Bimsfetzen zu beachten. Dagegen zeigen stärker verschweißte Bimsfetzen einen gestreiften Aufbau, da die Blasenwandungen parallel gepreßt wurden (Photo 7). Im Dünnschliffbild können in vielen Fällen zumindest noch reliktsche Streifen erkannt werden.

In den untersten Zonen mehrerer Ignimbrite (bis etwa 10...15 m oberhalb der Basis) fällt auf, daß viele Bimsfetzen teilweise oder vollständig herauswittern und Hohlräume bilden. Diese wurden von früheren Bearbeitern als Entgasungsblasen angesehen. Es kann jedoch vermutet werden, daß die Bimsfetzen in Basisnähe bereits frühzeitig ihre Plastizitätsgrenze unterschritten und durch den Auflastdruck der nachfolgenden Massen klastisch deformiert wurden, wodurch sie jetzt an der Oberfläche sehr leicht herausfallen können.

Im Gegensatz zur vitroklastischen Grundmasse scheinen die Bimsfetzen in den permosilesischen Ablagerungen stärker verändert zu sein als in känozoischen Ignimbriten. Ob es nur als ein Alterungsprozeß anzusehen ist, kann nicht entschieden werden.

2.3. Einsprenglinge und Xenolithe

Neben den Vitroklasten und den Bimsfetzen vervollständigen die Einsprenglinge und Xenolithe die ignimbritische Gesteinszusammensetzung. Ihre Anteile können sehr unterschiedlich sein und unterliegen auch innerhalb einer Ignimbritdecke Schwankungen. Es sind Ablagerungen mit weniger als 5 % und mit mehr als 60 % Einsprenglinggehalt bekannt geworden. Unabhängig von der Anzahl liegen sie als eckige Kristallsplitter vor, während des Ausbruches und des turbulenten Transportes zerbrochen. Dadurch beträgt ihre durchschnittliche Größe nur 1...2 mm. Wenige Kristalle, vor allem Quarze, haben ihre idiomorphe Form erhalten und erreichen im Querschnitt etwa 4...6 mm. Viele Quarze weisen Korrosionsspuren auf, wodurch Buchten und Schläuche entstanden

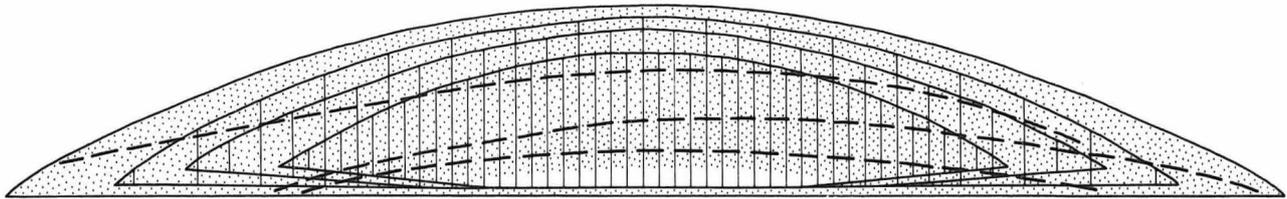
und Kanten und Ecken der Splitter abgerundet wurden.

Der für eine Ignimbritgenese notwendige saure bis intermediäre Charakter der Schmelze bestimmt den Chemismus der Kristalle. In unterschiedlicher Zusammensetzung bilden Quarz, Orthoklas und überwiegend saure Plagioklase die Hauptgemengteile. Mafite und Restite der lithogenen Schmelzen treten untergeordnet hinzu.

In vielen Ignimbritablagerungen der Welt wurde eine Abnahme der Acidität im Gesteinsschemismus vom Liegenden zum Hangenden festgestellt. LIPMAN (1967) erklärte diese Erscheinung mit einer gravitativen Differenzierung der Schmelze in einer Magmenkammer, derzufolge die oberen leichteren und somit sauersten Anteile zuerst gefördert und nachfolgend von zunehmend „basischeren“ Schmelzen bedeckt werden. Diese Änderung im Gesteinsschemismus äußert sich auch im Einsprenglingsverhältnis. So treten die quarzreichsten Anteile einer Ignimbritablagerung an der Basis in Erscheinung.

Nicht nur der Wechsel im Modalbestand ist innerhalb der Ignimbrite charakteristisch, auch die Einsprenglingsdichte nimmt von unten nach oben ab. Die dichtere Packung in den unteren Teilen der Ablagerung wird erstens durch die stärkere Kompression infolge des Auflastdruckes und zweitens durch schnelleres Absinken der im Gegensatz zu den Vitroklasten und Bimsfetzen schwereren Kristalle während des Transportes verursacht.

Unterschiedlich häufig sind auch die Xenolithe in einer Ablagerung verteilt. In Ignimbriten werden sie allgemein zahlreicher als in Laven auf Grund der starken Volumenvergrößerung des Magmas während des Aufstiegs gefördert. Besonders in der Anfangsphase beim explosiven Durchdringen der oberflächennahen Schichten werden viele Xenolithe aufgenommen, so daß sie in den Basisteilen der Ablagerungen angereichert (bis 20 %) vorkommen (Abbildung 3). Ihre durchschnittliche Größe liegt im mm- bis cm-Bereich. Dabei läßt die Ausbildung der Grenze zwischen Xenolith und Grundmasse Rückschlüsse auf die Ablagerungstemperatur zu. Fest umschlossene, mit der Grundmasse kompakt verbundene Xenolithe deuten auf hohe Temperaturen hin. Dagegen dürften niedrigere, an der Plastizitätsgrenze der Schmelzteilchen liegende Temperaturen ein geringeres Haftvermögen zwischen



- nicht verschweißter Ignimbrit
- ▤ schwach verschweißter Ignimbrit
- ▥ mittel verschweißter Ignimbrit
- ▧ stark verschweißter Ignimbrit
- — — „Schichtgrenze“ parting
- ⋯ durch Entglasung veränderter Bereich

Abbildung 2
Schematischer Schnitt durch eine einfache
Abkühlungseinheit (nach SMITH 1960b)

beiden bewirken, wie an Beispielen beobachtet werden konnte. Ob Typen mit solch lockerem Verband noch zu den Ignimbriten zu zählen sind (s. WEYL 1961), soll hier nicht diskutiert werden.

2.4.

Verbreitung und Mächtigkeit

Wie schon ausgeführt, wird durch den ignimbritischen Ausbruchsmechanismus eine weite Verbreitung saurer bis intermediärer Schmelzen mit großen Mächtigkeiten ermöglicht. Beide Fakten stellen entscheidende Kriterien sowohl für die Ignimbritdiagnose wie auch für die Abgrenzung der Ignimbrite von verwandten Gesteinstypen dar. SPERANSKAJA (1967) befürwortete in Übereinstimmung mit SMITH (1960 a) nur Ablagerungen mit 10 km^3 Volumen und mehr als Ignimbrite zu bezeichnen. Geringere voluminöse Bildungen mit verschweißtem vitroklastischem Gefüge sollten dagegen nomenklatorisch von den Ignimbriten abgetrennt werden, da sie in ihrer Genese voneinander abweichen können (PICHLER 1963, RITTMANN 1963). Allerdings ergeben sich bei der volumenabhängigen Klassifizierung Schwierigkeiten, weil einmal das Volumen echter Ignimbriteruptionen auch unter 10 km^3 liegen kann, und zum anderen eine angenäherte Volumenerfassung nicht immer möglich ist, wodurch eine Einordnung besonders von tektonisch bzw. erosiv reduzierten Ablagerungen und Ablagerungen im 10 km^3 Bereich problematisch wird.

Die Mehrzahl der Ignimbritvorkommen überschreitet jedoch um ein Vielfaches dieses Volumen und verdeutlicht damit eine offensichtliche Beziehung zwischen Ignimbritmechanismus und Förderung großer Magmenmengen. Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, daß viele der über 50 m mächtigen Ablagerungen selten einen einmaligen explosiven Ausbruch repräsentieren. Sie bauen sich aus mehreren, übereinanderliegenden, verschieden weit verbreiteten und mächtigen Glutnebelabsätzen auf. Die schichtartige Aufstapelung dieser Absätze, entweder durch kurzzeitige Unterbrechung der Förderung oder durch unterschiedliche Herkunftsgebiete verursacht, muß so schnell erfolgt sein, daß nach der Ablagerung in der zusammengesetzten Decke die Temperaturen die Plastizitätsgrenze noch nicht unterschritten haben und Verschweißen und Abkühlung sich unabhängig von den Teillagen vollziehen. SMITH (1960 b) prägte für derartige Bildungen den Begriff der einfachen Abkühlungseinheit – simple cooling unit (Abbildung 2). Die Grenzen zwischen den Absätzen – parting genannt – werden fast vollständig überprägt. Sie geben sich nur als wenige cm mächtige Bänder zu erkennen, die durch Bimsfetzen- und Kristallarmut im Dach des unteren sowie durch Kristallreichtum an der Basis des oberen Absatzes infolge der gravitativen Differenzierung während des Transportes charakterisiert sind (Photo 1).

Die verschiedenen Absätze einer Abkühlungseinheit stammen überwiegend aus einem großräumigen System von Förderspaltan. RITTMANN (1963) hat auf die engen Verbindungen zwischen Ringspaltan (ring-dykes) und Ignimbriteruptionen hingewiesen. Sie können in alle Richtungen fluten, wodurch eine oft weitflächige Verbreitung der Ignimbritdecken erreicht wird. Bemerkenswert ist, daß Abkühlungseinheiten selten allein auftreten. Gemeinsam mit anderen bilden sie zusammengesetzte Abkühlungseinheiten (SMITH 1960 b), die typisch für komplexe Ignimbritfelder über 1000 km^2 sind.

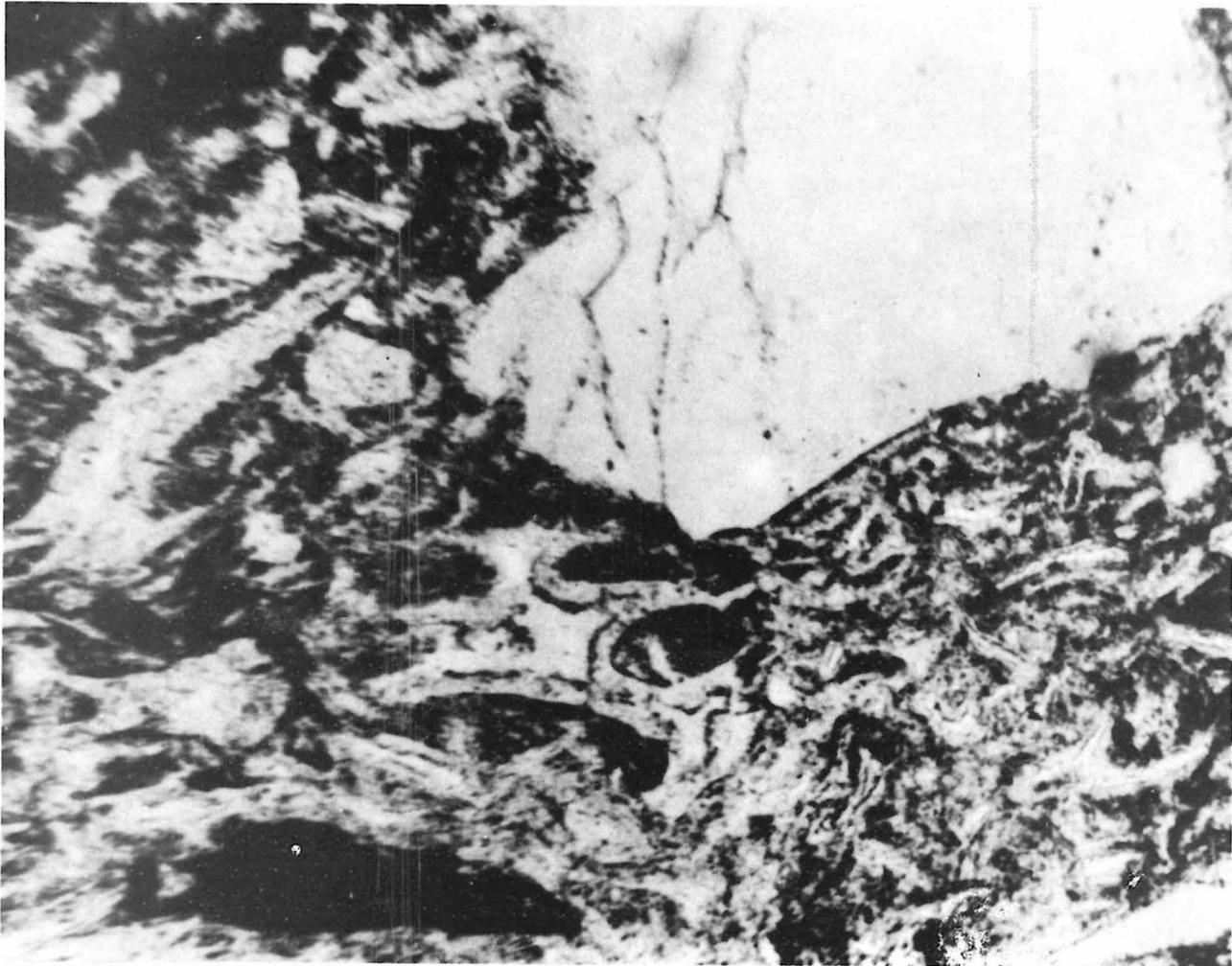
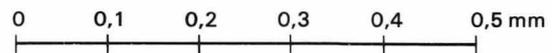


Photo 8
 Gering bis nicht deformierte Vitroklasten als Blasenwandlungsreste zu erkennen (// Nic.)
 (Photo EIGENFELD)



Die Analyse nach Aufbau, Mächtigkeit, Abfolge u. a. m. wird vor allem in den älteren Ignimbritgebieten erschwert. In den permosilesischen Ablagerungen im Südteil der DDR sind Verbreitung und Mächtigkeit stark reduziert. Durch vulkanotektonische und postvulkanische Bewegungen wurden die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse ebenfalls stark verändert.

Für die Analyse ist die Kenntnis der heutigen Lagerungsverhältnisse eine notwendige Voraussetzung, die sich aus dem Einmessen der Streich- und Fallrichtung der Bimsfetzen in allen erreichbaren Aufschlüssen ergibt. Kombiniert mit den petrographischen und petrophysikalischen Ergebnissen der Kartierung können damit die Mächtigkeiten der einzelnen Absätze in den Abkühlungseinheiten bestimmt werden. Gleichzeitig eröffnen sich auch Möglichkeiten, die tektonischen Bewegungsvorgänge zu rekonstruieren, da als

Ausgangsstadium eine horizontale Lagerung vorausgesetzt werden kann.

2.5.

Vulkantektonik

Die Förderung großer Ignimbritmengen ist nicht aus einem Vulkanschlot denkbar. Daher bedingen solche Eruptionen die Existenz bzw. Entstehung langgestreckter und breiter Spalten. Neben den bereits genannten Ringspalten, die man als Folgeerscheinung der Ignimbritgenese im frühen Stadium ansehen kann, erfolgen auch Ausbrüche entlang kilometerlanger Linearspalten. Diese entstehen primär unabhängig und werden von ignimbritfähigen Magmen als Aufstiegswege benutzt. Auf die Bedeutung der Linearspalten für Ignimbritausbrüche in Bezug zur geotektonischen Stellung weist SPERANSKAJA (1967) hin.

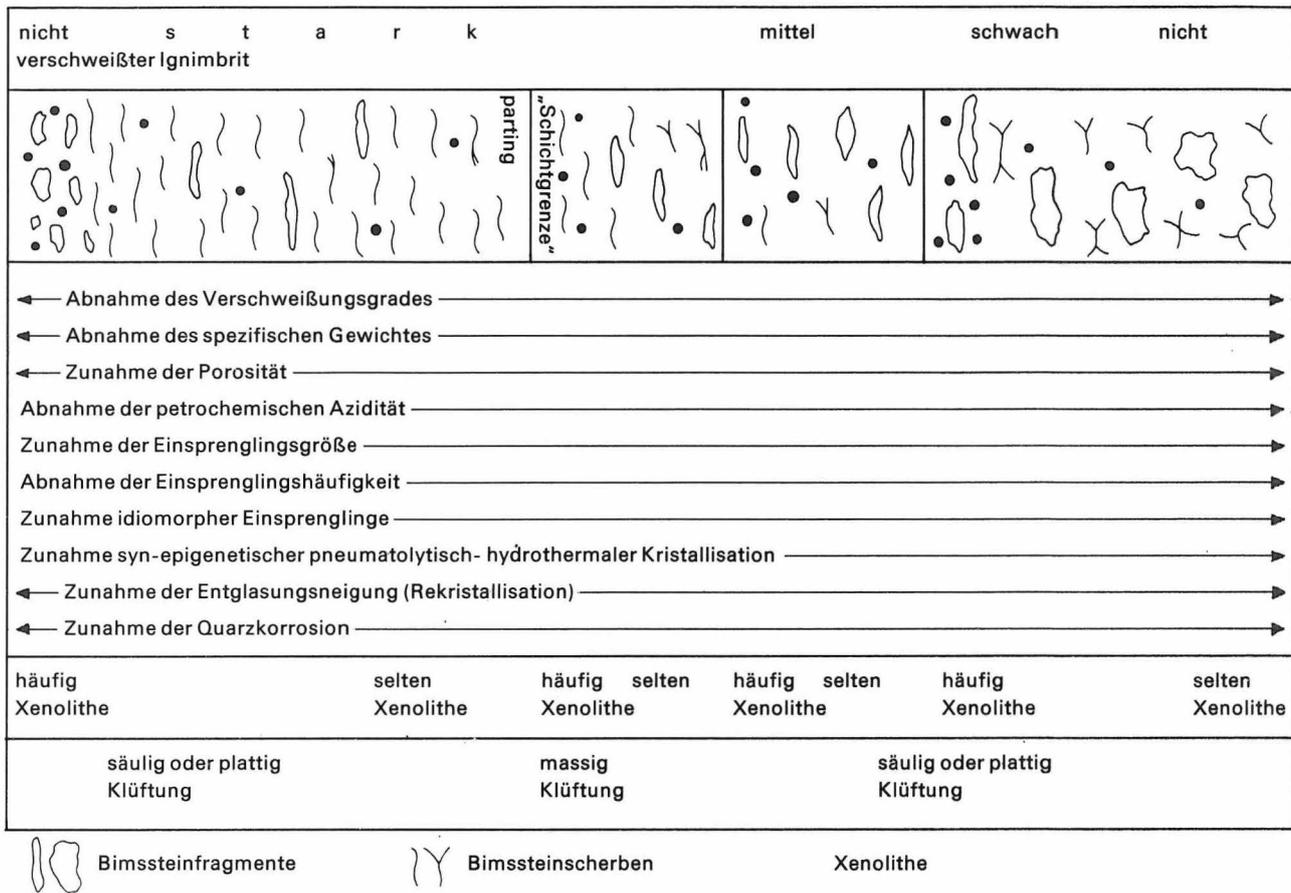


Abbildung 3
Schematisches Säulenprofil einer einfachen Abkühlungseinheit mit zonalen Eigenschaften in einer permosilischen Ablagerung

Beide Typen unterscheiden sich im vulkanotektonischen Werdegang. Die aus Ringspalten stammenden Ablagerungen zeichnen sich durch Calderenbildungen aus. Calderen, die überwiegend die von den Ringspalten umgrenzten Flächen mit oftmals weit über 10 km Durchmesser erfassen. Nachfolgende nichtignimbritische vulkanische Aktivitäten bleiben auf die Caldera bzw. deren Randzonen beschränkt, ebenso wie Aufdomungen (resurgent caldera) und reliefausfüllende Sedimentation. Die Caldera nimmt im Ignimbritfeld eine zentrale Lage ein und beinhaltet hohe Mächtigkeiten von Ignimbriten, Laven und Tuffen, während das Umland von bald geringmächtig werdenden Ignimbritablagerung bedeckt ist, die alsbald der Erosion verfallen können. Die in die Erdkruste eingebrochenen Vulkanite können sich dagegen in geschützteren Positionen weit länger erhalten.

Im Gegensatz dazu ist bei Lineareruptionen selten eine Calderenbildung zu beobachten, die auch wesentlich kleinere Ausmaße annimmt, wenn

sie auftritt. Die vulkanischen Tätigkeiten verteilen sich entlang der Spalten, wodurch eine lokale Überkonzentration verhindert wird. Alle Produkte bilden zusammen ein hohes Relief, das relativ schnell abgetragen werden kann.

Auf dem Gebiet der DDR treten neben vulkanischen Calderen auch Reste und Spaltenfüllungen von Lineareruptionen auf. Kennzeichnend für den Aufbau der Calderen scheint eine vulkanotektonisch und magmenchemisch bedingte Abfolge von präignimbritischen, ignimbritischen und postignimbritischen Ablagerungen zu sein (BENEK u. a. 1973 a). Während bzw. nach der präignimbritischen Phase verändert sich der Chemismus von andesitoidem zu rhyolithoidem Charakter. Im frühen Stadium vollziehen sich in den peripheren Bereichen Lavaergüsse. Nach der ignimbritischen Phase mit der Bildung von Abkühlungseinheiten, sind rhyolithoide Effusionen und Intrusionen überwiegend an zentrale Teile der Caldera gebunden. Damit wird deutlich, daß die Ignimbritgenese auch einen vulkanotektonischen Mechanismus steuert, der Abfolge und Position der Vulkanite vor allem in Ignimbritkomplexen mit Calderen bestimmt.

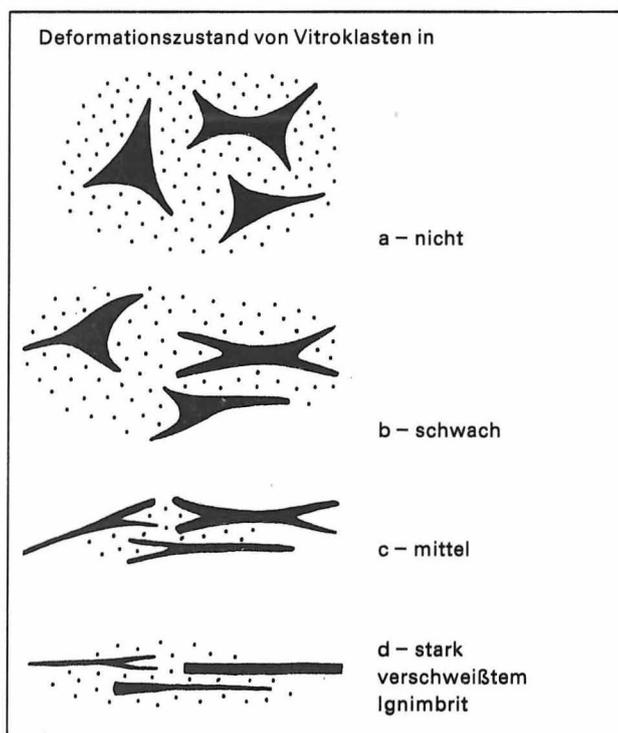
2.6.

Zonierung

Seit den Arbeiten von SMITH gilt für Ignimbritablagerungen als bestimmende Charakteristik eine kontinuierliche Veränderung nahezu aller erfaßbaren Parameter. Die Eigenschaften variieren innerhalb einer Ablagerung in vertikaler und horizontaler Richtung, unabhängig von den partings, so daß verschieden ausgebildete Zonen mit breiten Übergangsbereichen gegenübergestellt werden können.

Eine bedeutsame Zonierung ergibt sich aus dem unterschiedlichen Verschweißungsgrad. Einer nicht verschweißten Zone, der äußeren Umhüllung entsprechend, folgt nach innen zunehmende Verschweißung, die in eine schwach, mittel und stark verschweißte Zone unterteilt werden kann (Abbildung 2 und 3). Die Deformation der Vitroklasten (Abbildung 4, Photo 8) und der Bimsfetzen ist Maß der Verschweißungsintensität. In Abkühlungseinheiten kann in der basisnahen Zone eine so starke Verschweißung erfolgen, daß die Schmelzteilchen vollständig homogenisieren und einen Vitrophyr ausbilden. Die in enger Beziehung zum Verschweißungsgrad stehende Dichte, Porosität und auch Rekristallisationsintensität zeigen ebenfalls zonale Veränderungen an.

Abbildung 4



Den physikalischen Bedingungen (Temperatur, Druck) entsprechenden Zonen in den Ablagerungen stehen mineralogisch-chemische Zonierungen sowie Änderungen der Xenolithhäufigkeit und der Kluftabsonderung gegenüber. Bei Abhängigkeiten, wie sie z.B. zwischen Verschweißungsgrad und Porosität bestehen, entsprechen sich die Zonen untereinander, verlaufen sonst aber beziehungslos.

Gerade die Vielzahl sich ergänzender und getrennter Zonen mit ihren charakteristischen Merkmalen ermöglicht durch Korrelation und Vergleich die Kennzeichnung und Zuordnung der jeweiligen Aufschlüsse. In Verbindung mit den Lagerungsverhältnissen kann dann auch eine Horizontierung der Aufschlüsse, d.h. ihre Einordnung in die Ignimbritablagerung, erfolgen, um tektonisch veränderte Ignimbritgebiete, wie im Südteil der DDR, nach Aufbau, Abfolge und Entwicklung zu rekonstruieren.

Literatur

ANDERSON, T.; J. S. FLETT

Report on the eruptions of the Soufrière in St. Vincent in 1902, and on a visit to Montagne Pelée, in Martinique. Part 1. Royal Soc. (London) Philos. Trans., Ser. A, v. 200, 1903, S. 353...553.

BENEK, R.; H.-J. PAECH u. B. SCHIRMER

Zur Gliederung der permosilesischen Vulkanite der Flechtinger Scholle. Zschr. geol. Wiss., 1, 1973a S. 867...878.

BENEK, R.; F. EIGENFELD; G. RÖLLING u. M. SCHWAB

Zur strukturellen Stellung des Magmatismus der Subsequenzperiode im DDR-Anteil der mitteleuropäischen Varisziden. Veröff. Zentralinst. f. Physik der Erde, 14, 1973b, S. 203...244.

EIGENFELD, F.; M. SCHWAB

Zur geotektonischen Stellung des permosilesischen subsequenten Vulkanismus in Mitteleuropa. Zschr. geol. Wiss., 2, 1974, S. 115...137.

FENNER, C. N.

The origin and mode of emplacement of the great tuff deposit in the Valley of Ten Thousand Smokes. Nat. Geogr. Soc., Contrib. Techn. Papers, Katmai Ser., v. 1, 1923, no. 1, S. 1...74.

—: Incandescent tuff flows in southern Peru. Geol. Soc. Americ. Bull., v. 59, 1948, S. 879...893.

FRITSCH, K. v.; W. REISS

Geologische Beschreibung der Insel Tenerife. Winterthur 1868.

- IDDINGS, J. P.
Geology of the Yellowstone National Park. U. S. Geol. Surv, Monogr. 32, 1899, S. 356...430.
- JENTSCH, F.
Beitrag zur Kenntnis des Quarzporphyr-Pechstein-Körpers im Unterrotliegenden des Erzgebirgischen Beckens. Veröff. Mus. Naturk. Karl-Marx-Stadt, 6, 1971, S. 39...57.
- LACROIX, A.
La Montagne Pelée et ses éruptions. Paris, Masson et Cie 1904.
—: Remarques sur les matériaux de projection des volants et sur la genèse des roches pyroclastiques qu'ils constituent. Soc. géol. France, Livre Jubil. Centenaire 1830–1930, v. 2, 1930, S. 431...472.
- LIPMAN, P. W.
Mineral and Chemical Variations within an Ash-flow Sheet from Aso Caldera, Southwestern Jap. Contr. Mineral. and Petrol., 16, 1967, S. 300...327.
- MACDONALD, G. A.
Volcanoes. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall 1972.
- MÄDLER, J.
Über zwei eng miteinander verwandte ignimbritartige Gesteinstypen aus den Gehrener Schichten südöstlich Ilmenau (Thüringer Wald). Wiss. Zeitschrift d. Martin-Luther-Universität Halle, 8, 1964, 3, S. 241 bis 244.
- MARSHALL, P.
Acid rocks of Taupo-Rotorua volcanic district. Trans. Royal Soc. New Zealand, v. 64, 1935, S. 323...366.
- MAUCHER, A.
Der permische Vulkanismus in Südtirol und das Problem der Ignimbrite. Geol. Rdsch., 49, 1960, 2, S. 487...497.
- PERRET, F. A.
The eruption of Mt. Pelée 1929–1932. Carnegie Inst. Washington Publ. 458, 1935.
- PICHLER, H.
Zur Problematik der Ignimbrit-Diagnose. N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 118, 1963, 3, S. 281...290.
- RITTMANN, A.
Cenni sulle colate di ignimbriti. Boll. Accad. Gioenia Sci. nat. Catania Ser. IV, 4, 1958, S. 524...533.
—: Erklärungsversuch zum Mechanismus der Ignimbritausbrüche. Geol. Rdsch., 52, 1962, 2, (1963), S. 853...861.
- RÖLLIG, G.; F. EIGENFELD; I. FISCHER u. B. KUHN
Die Ignimbrite des Nordsächsischen Vulkanitkomplexes. Wiss. Zschr. d. Martin-Luther-Universität Halle, 19, 1970, 4, S. 67...78.
- ROSS, C. S.; R. L. SMITH
Ash-Flow Tuffs: Their Origin, Geologic Relations and Identification. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 366, 1961
- SMITH, R. L.
Ash flows. Geol. Soc. Americ. Bull., v. 71, 1960 a, 6, S. 795...841.
—: Zones and zonal variations in welded ash flows. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 354-F, 1960 b, S. 149...159.
- SPERANSKAJA, I. M.
Formazija ignimbritov i ee rol'v molodom vulkanizme tichookeanskogo pojasa. (Ignimbritformationen und ihre Rolle im jungen Vulkanismus des zirkumpazifischen Gürtels.) Izd. Akad. Nauk SSSR, Ser. geol., 1967, 9, S. 54...69.
- WEYL, R.
Mittelamerikanische Ignimbrite. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 113, 1961, 1, S. 23...46.
- ZIRKEL, F.
Microscopical petrography. U. S. Geol. Explor. 40th Parallel Rept., v. 6, 1876.