

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 81

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

**Forschungsbohrungen
im Hohen Vogelsberg (Hessen)
Bohrung 1 (Flösser-Schneise)
Bohrung 2/2A (Hasselborn)**

Von

KARL-HEINZ EHRENBERG, KURT FROMM, KURT GRUBBE, WILHELM HARRE,
GERHARD HENTSCHEL, BERNWARD HÖLTING, SIEGFRIED HOLTZ, HANS KREUZER,
STEFAN MEISL, FRIEDRICH NÖRING, SIEGFRIED PLAUMANN, RUDOLF PUCHER,
GERHARD STRECKER, MARIJAN SUŠIĆ und HANS-JOACHIM ZSCHAU

Mit 89 Abbildungen, 17 Tabellen und 9 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1981

| | | | | | | |
|-------------------|----|--------|---------|---------|--------|----------------|
| Geol. Abh. Hessen | 81 | 166 S. | 89 Abb. | 17 Tab. | 9 Taf. | Wiesbaden 1981 |
|-------------------|----|--------|---------|---------|--------|----------------|

ISSN 0341 — 4043

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 S., 8 Abb., 10 Taf., vergriffen.
- 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1:300000. 1954. 288 S., 25 Abb., 60 Tab., 15 Taf., vergriffen.
- 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951. 81 S., 14 Abb., 2 Taf., DM 5,-.
- 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf., DM 7,50.
- 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im Rheinischen Devon. 1953. 156 S., 45 Abb., 7 Tab., 18 Taf., DM 20,-.
- 6: SIMON, K.: Schrittweises Kern- und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 19 Abb., 3 Taf., DM 7,-.
- 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S., 3 Abb., 3 Taf., DM 6,-.
- 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab., DM 12,50.
- 9: RABIEN, A.: Zur Taxonomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 268 S., 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf., DM 17,-.
- 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 8 Abb., 4 Taf., DM 8,-.
- 11: STREMMER, H. E.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlern der Rheinebene. 1955. 79 S., 35 Abb., 28 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünlandflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 S., 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf., DM 5,50.
- 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf., DM 12,-.
- 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagr., 5 Taf., DM 12,60.
- 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab., 7 Taf., DM 18,60.
- 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf., DM 5,-.
- 18: BEDERKE, E., u. a.: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab., DM 13,-.
- 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des rheno-herzynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf., DM 8,-.
- 20: PILGER, A. & SCHMIDT, Wo.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 1 Tab., 8 Taf., DM 9,80.
- 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf., DM 30,-.
- 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 136 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 20,-.
- 23: ZÖBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb., DM 8,-.
- 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab., DM 14,-.
- 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf., DM 20,-.
- 26: SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf., DM 10,-.
- 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzkörper im Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf., DM 5,60.
- 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf., DM 15,-.

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 81

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

**Forschungsbohrungen
im Hohen Vogelsberg (Hessen)
Bohrung 1 (Flösser-Schneise)
Bohrung 2/2A (Hasselborn)**

Von

KARL-HEINZ EHRENBERG, KURT FROMM, KURT GRUBBE, WILHELM HARRE,
GERHARD HENTSCHEL, BERNWARD HÖLTING, SIEGFRIED HOLTZ, HANS KREUZER,
STEFAN MEISL, FRIEDRICH NÖRING, SIEGFRIED PLAUMANN, RUDOLF PUCHER,
GERHARD STRECKER, MARIJAN SUŠIĆ und HANS-JOACHIM ZSCHAU

Mit 89 Abbildungen, 17 Tabellen und 9 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1981

| | | | | | | |
|-------------------|----|--------|---------|---------|--------|----------------|
| Geol. Abh. Hessen | 81 | 166 S. | 89 Abb. | 17 Tab. | 9 Taf. | Wiesbaden 1981 |
|-------------------|----|--------|---------|---------|--------|----------------|

ISSN 0341 — 4043

Schriftleitung

Dr. JOE-DIETRICH THEWS, ALBERT KARSCHNY
Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

© Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1981
Printed in Germany

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen — auch auszugsweise — nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

Kurzfassung: Nach umfangreichen geophysikalischen Vorarbeiten wurden 1972 und 1973 im Hohen Vogelsberg auf Bl. 5421 Ulrichstein zwei Forschungsbohrungen niedergebracht [Brg. 1 (Flösser-Schneise) bei R 35 18 15, H 55 97 11, 652,05 m über NN und Brg. 2/2 A (Hasselborn) bei R 35 20 81, H 55 98 89, 559,50 m über NN].

Ihr Ziel war, die hier als geringmächtig angenommenen vulkanischen Gesteine zu durchürtern und die liegenden stratigraphischen Einheiten zu erkunden.

In beiden Bohrungen wurde das Liegende der vulkanischen Bildungen nicht erreicht, da die Brg. 1 nach 200,9 m und die Brg. 2/2 A nach 490,35 m noch im vulkanischen Deckgebirge eingestellt werden mußten.

Mit 490,35 m wurde die bisher größte Mächtigkeit der Vulkanitserie im Vogelsberg erhöht. Vulkanitwürflinge in der untersten Tufflage der Brg. 2/2 A belegen noch weitere, ältere Vulkanitlagen.

Die große Mächtigkeit (> 490,35 m) wie auch die tiefe Lage der Vulkanitbasis (< 69 m über NN) widerlegen die bisherige Annahme einer stark herausgehobenen Oberwald-Horstscholle mit geringer Vulkanitbedeckung. Diese Vorstellung ging auf die Hypothese zurück, daß im Vogelsberg trachytische Bildungen ausschließlich am Beginn des Vogelsberg-Vulkanismus auftraten. In beiden Bohrungen treten jedoch unterschiedliche trachytische Laven und Tuffe in m i t t e n der vorwiegend basaltischen Vulkanitserie auf. Aber auch schon im Frühstadium des Vulkanismus haben — nach Trachytgeröllen in vorbasaltischen, aquitanen Kiesen des Niddatales (Taf. 3, Brg. 98) zu urteilen — lokal trachytische Förderungen stattgefunden.

Zur genauen petrographischen Profilaufnahme der Bohrkerne wurden 348 Dünnschliffe untersucht, 60 Gesteins- und 36 Modalanalysen sowie fast 1000 Mikrosonden-Analysen von Klinopyroxenen, Olivinen, Feldspäten, Hornblenden und Biotiten ausgeführt und ausgewertet.

Zum Vergleich wurden aus dem südwestlichen Unteren Vogelsberg weitere, größtenteils bisher unbekannte Bohrkerne bearbeitet und in Profilreihen zusammengestellt.

Unter Berücksichtigung zusätzlicher Bohr-, Kartier- und Literaturergebnisse zeigte sich, daß am Aufbau der Vulkanitserie des Unteren und Vorderen Vogelsberges neben meist vorherrschenden alkalibasaltischen Gesteinen auch reichlich tholeiitische Laven beteiligt sind, während im Hohen Vogelsberg (nach den Forschungsbohrungen) ausschließlich Produkte eines alkalibasaltischen Ausgangsmagmas angetroffen wurden. Hierbei lassen die Gesteine der Forschungsbohrungen einerseits eine Entwicklungsreihe von Alkali-Olivinbasalt über Hawaiiit, Mugearit, Leuko-Latit bis zu Trachyt als auch andererseits bis zu Ankaramit erkennen. Größtenteils dürfte diese Gesteinsfolge durch gravitative Kristallfraktionierung verursacht worden sein. Entstehung durch Mischung unterschiedlicher Schmelzen wird aber nicht ausgeschlossen, da z. T. sehr unterschiedliche Gesteine, wie z. B. Leuko-Latit und Alkali-Olivinbasalt, in der gleichen Lage ohne Grenzzone ineinander übergehen und damit Hinweise für unmittelbaren Kontakt der Schmelzen aufzeigen.

In den E r g u ß g e s t e i n e n sind als besonders charakteristische Mineralphasen vor allem die P y r o x e n e zu erwähnen. Sowohl bei den Einsprenglingen als auch bei den Grundmassekristallen handelt es sich — mit Ausnahme einzelner Aegirinaugite im Trachyt — um \pm zonargebaute Ca-reiche Klinopyroxene von vorwiegend salitischer, seltener augitischer Zusammensetzung, wobei die Variationsbreite innerhalb der einzelnen Gesteinstypen in einem ähnlich weiten Bereich liegt.

Unterschiedliche Al- und Ti-Gehalte prägen den Zonarbau vieler Klinopyroxene mehr als Änderungen der Mg- und Fe-Gehalte, während Si und Ca nur wenig variieren. Meist ist von den Kernzonen zonargebauter Einsprenglinge zu ihren Randzonen als auch zu den Grundmassekristallen eine Fe-, Al- und Ti-Anreicherung und Mg-Abnahme bei fast gleichbleibendem Ca-Gehalt feststellbar. In den gleichen Proben zeigen aber Einsprenglinge mit \pm grünlichen Kernzonen den umgekehrten Entwicklungstrend. Diese Kerne sind Na-, Ti-, Al- und vor allem Fe-reich, während die Randzonen demgegenüber deutlich an diesen Elementen verarmt, mit Mg und Si aber angereichert sind.

Mit abnehmender Basizität der Vulkanite deutet sich eine Zunahme an Fe und Na in den Klinopyroxenen an, die bis zu Aegirinaugit (im Trachyt) reichen kann.

In den Forschungsbohrungen sind neben alkalibasaltischen auch reichlich trachytische Tuffe vorhanden, die durch eine 1980 von der OVAG niedergebrachte Bohrung bei Hungen-Langd (Brg. 201 „Langd-Hegwald“) auch im SW-Vogelsberg gefunden wurden. Die alkalibasaltischen Tuffe bestehen vorherrschend aus juvenilen Fragmenten, während bei den trachytischen Tuffen nur wenige Lagen aus juvenilen Bims- und Glasscherben sowie Kristallfragmenten aufgebaut sind, ansonsten aber trachytische Gesteinsfragmente überwiegen. Aber auch diese gesteinsfragmentreichen Tuffe wurden — nach dem Auftreten von akkretionären Lapillis — größtenteils primär und subaerisch aus Eruptionswolken abgelagert und nur selten in Form von (?) Schlammströmen umgelagert.

Geohydraulisch ließen sich aus Spülungsverlusten und wechselnden Bohrloch-Wasserspiegellagen im Verlauf der Bohrung verschiedene Potentialniveaus unterscheiden, die auf mehrere bei der Bohrung durchfahrene Grundwasserstockwerke schließen lassen. Das nach Abschluß der Arbeiten dem Bohrloch „Hasselborn“ entnommene Wasser hatte den hohen pH-Wert von 9,8, der durch eine höhere Natrium-(Hydrogen-)Carbonat-Konzentration bedingt ist. Ein Vergleich mit Grundwasser-Analyseergebnissen aus anderen jungvulkanischen Gebieten Hessens zeigt, daß dieses stark basische $\text{NaCO}_3(\text{HCO}_3)$ -Wasser typisch für basaltische (s. l.) Gesteinsfolgen ist. Die Chlorid- und Sulfat-Konzentrationen waren im Wasser der Brg. 2/2A gering. Trotz tieferen Eintauchens des Bohrloches in das grundwassererfüllte Gebirge wurde somit kein Salzwasser angetroffen.

Bei den geophysikalischen Bohrlochmessungen ermöglichten die Gamma-Messungen eine deutliche Trennung des kalireicheren trachytischen von dem kalärmeren basaltischen Material. Weniger aufschlußreich erwiesen sich Kaliber- und Flowmeter-Messungen.

Die beiden Bohrprofile zeigen ein sehr unterschiedliches und differenziertes paläomagnetisches Umkehrungsmuster. Nach den vorliegenden K-Ar-Alterswerten könnte danach die Brg. 1 dem unteren Teil der Brg. 2/2A entsprechen.

Die Dichtewerte der einzelnen Gesteinstypen variieren jeweils in sehr weiten Grenzen. Besonders ungewöhnlich ist die geringe Dichte des aphyrischen Trachyts von etwa $2,13 \text{ g cm}^{-3}$.

Für die Brg. 1, 2/2A und fünf weitere Bohrungen im Vogelsberg-Gebiet konnten unter Berücksichtigung der petrographischen Gegebenheiten Wärmestromdichtewerte festgestellt werden. Der Mittelwert der terrestrischen Wärmestromdichte im Vogelsberg errechnet sich zu $67 \pm 10 \text{ mW m}^{-2}$. Die Werte für den Vogelsberg stellen keine Anomalie im regionalen Verlauf der Wärmestromdichte dar, so daß auch die Erhitzung durch die vulkanische Aktivität im Miozän vollständig abgeklungen ist.

Nach den K-Ar-Daten wurde der größte Teil der nahezu 500 m mächtigen Alkaligesteinsfolge des Hohen Vogelsberges, in einem durch die Daten kaum auflösbaren Zeitraum, vor etwa 17,6 Ma gefördert, während wenig später oder auch noch gleichzeitig im Bereich des Niddatales (z. B. Taf. 3, Brg. 31) vor etwa 17,5 Ma alkali-olivinbasaltische Laven und Tuffe abwechselnd mit tholeiitischen Laven entstanden sind. Die tiefste datierte Lava — ein Ankaramit in der Brg. 2/2A — ergab $18,15 \pm 0,3 \text{ Ma}$.

[Research boreholes in the High Vogelsberg (Hesse)]

Abstract*: Two boreholes have been drilled in the „Hoher Vogelsberg“ on sheet 5421 Ulrichstein after intensive geophysical investigations. The locations in rectangular coordinates (R = East, H = North) are R 35 18 15, H 55 97 11, 652,05 m above sea level (borehole 1 “Flösser-Schneise”) and R 35 20 81, H 55 98 89, 559,50 m above sea level (borehole 2/2A “Hasselborn”).

The drillings were intended to penetrate the volcanic sequence, thought to be thin here, and to explore the underlying stratigraphic units.

* Von Herrn Dr. BLUM (Wiesbaden) freundlicherweise ins Englische übersetzt.

Both boreholes did not reach the underlying strata of the volcanic sequence, as drilling operations of borehole 1 had to be abandoned at 200,9 m, borehole 2/2A at 490,35 m below ground level.

Those 490,35 m are the largest thickness, ever drilled in the volcanic suite of the Vogelsberg. Ejecta in the lowest tuff layer at borehole 2/2A point to the fact that there are further, older volcanic layers.

The large thickness ($> 490,35$ m) as well as the altitude of the base of the volcanics (< 69 m above sea level) contradict the assumption of a strongly uplifted block with only a thin volcanic cover in the Oberwald region ("Oberwald Horst"). This assumption was based upon the hypothesis that trachytic formations in the Vogelsberg occur only at the beginning of the volcanic activity. Various kinds of trachytic lavas and tuffs were, however, found in both boreholes within the predominantly basaltic suite of volcanics. From trachytic components in prebasaltic Aquitanian gravels of the Nidda valley (plate 3, borehole 98) it also may be seen that there were eruptions of trachytic materials already during the early stages volcanism.

348 thin sections, 60 rock- and 36 modal analyses and about 1000 microprobe analyses of clinopyroxenes, olivines, feldspars, amphiboles and biotites have been carried out and evaluated for obtaining an accurate, petrographic description of the core profiles.

Other, until now unpublished drill cores from the Southwestern Lower Vogelsberg have been investigated and the results were combined for a comparison. Considering further drilling-, mapping- and published results it became evident that besides the mostly predominant alkali basaltic rocks there are also abundant tholeiitic lavas to be found in the volcanic sequence of the Lower and of the Fore Vogelsberg. In the High Vogelsberg, however, only products of an alkali olivine basaltic parental magma have been found as far as from the research boreholes may be deduced. The rocks of those boreholes show on one hand an evolution from alkali olivine basalt to hawaiite, mugearite, leuco-latite and trachyte, on the other hand to ankaramite. For the greatest part this sequence of rocks might be explained by gravitational settling of crystals. Another possibility is the mixing of different melts, as sometimes very different rocks, like e. g. leuco-latite and alkali olivine basalt are found in the same layer in immediate contact without features of a boundary. This might be an indication for a direct contact between melts.

Mineral phases especially characteristic for the effusive rocks are the pyroxenes. With the exception of some aegirine augites in trachytes they occur as phenocrysts as well as groundmass constituents. The crystals of both generations are more or less strongly zoned Ca-rich clinopyroxenes with mostly salitic, less frequently augitic composition. Within each rock group the composition of the clinopyroxenes varies over a similarly wide range. The zoning of many clinopyroxenes is determined by different Al- and Ti-contents more than by Mg-, Fe-variations, while Si and Ca vary only little. In most cases zoned phenocrysts show an increase of Fe, Al and Ti and a decrease of Mg from the cores towards the rims as well as towards the groundmass crystals. The Ca-content remains rather constant. Reversed zoning occurs in the same samples in phenocrysts with greenish cores. These cores are richer in Na, Ti, Al and above all in Fe while the rims are richer in Mg and Si relative to the cores. There is an abrupt break between greenish cores and the light brown rims. With decreasing basicity of the volcanic rocks, the Fe- and Na-contents of the clinopyroxenes increase, even aegirine-augite may be developed.

Plenty of trachytic tuffs are found in the two boreholes in the High Vogelsberg besides alkali basaltic tuffs, a fact lately (1980) also observed in a borehole near Hungen-Langd (borehole 201 "Langd-Hegwald") in the Southwestern Vogelsberg. The alkali basaltic tuffs are mainly composed of juvenile fragments. Only few layers of the trachytic tuffs are made of juvenile pumice, glass and crystal fragments. Normally, however, trachytic rock fragments dominate. Nevertheless, those tuffs rich in rock fragments also mostly have been primarily deposited subaerially from eruption clouds, as is proved by the existence of accretionary lapilli. Only in rare cases they were redeposited in mud flows.

Loss of circulation and changes in water levels during drilling indicated the presence of different aquifers. The water sample taken from borehole 2/2A after com-

pleting the drilling operations had a pH-value of 9,8. This high value is caused by a higher concentration of Na-CO₃ (HCO₃). A comparison with groundwater analyses from other neovolcanic areas in Hesse shows that this strongly basic Na-CO₃(HCO₃)-water is typical for basaltic rock (s. 1.). The water in borehole 2/2 A had only a small concentration in chloride and sulphate ions. Thus, no salt water has been found despite the fact that the hole reached deep into the groundwater saturated strata.

Geophysical well-logging was done. Trachytic (K-rich) and basaltic (K-poor) materials are well distinguished by the gamma-ray logs. Caliper and flowmeter logs were less meaningful.

Both bore profiles show a very different, but distinctive pattern of paleomagnetic reversals. Existing K-Ar-ages indicate that borehole 1 might correspond to the lower part of borehole 2/2 A.

Density values of individual rock types vary over wide ranges. The density of 2,13 g cm⁻³ for the aphyric trachyte is extraordinarily low.

Heat flow values have been determined for borehole 1 and 2/2 A and 5 other boreholes, whereby petrographic conditions have been taken into account. The mean heat flow in the Vogelsberg was found to be 67 ± 10 mW m⁻². Those values fit well into the regional heat flow pattern. The heating by Miocene volcanic activity has also decayed.

K - A r - a g e s indicate that most of the alkali rock sequence (nearly 500 m) of the High Vogelsberg has been erupted about 17,6 My. ago, during a short time span, which cannot be resolved by radiometric dating. Shortly afterwards or simultaneously (about 17,5 My. ago) alkali olivine basaltic lavas and tuffs alternating with tholeiitic lavas were formed in the Nidda valley region (e. g. table 3, borehole 31). The deepest lava dated — an ankaramite — yielded an age of $18,15 \pm 0,3$ My.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----|
| 1. Vorwort (F. NÖRING) | 9 |
| 2. Voruntersuchungen | 11 |
| 2.1. Geomagnetik (R. PUCHER) | 11 |
| 2.1.1. Einleitung | 11 |
| 2.1.2. Durchführung der Untersuchung | 11 |
| 2.1.3. Betrachtungen zu den Meßwerten | 13 |
| 2.1.4. Modellbetrachtungen | 16 |
| 2.1.5. Ergebnis | 18 |
| 2.2. Geoelektrik (H.-J. ZSCHAU) | 20 |
| 3. Technische Durchführung der Bohrungen (S. HOLTZ) | 25 |
| 3.1. Überblick | 25 |
| 3.2. Bohrung 2/2 A (Hasselborn) | 25 |
| 3.3. Bohrung 1 (Flösser-Schneise) | 26 |
| 3.4. Bohrlochmessungen | 27 |
| 4. Petrographische Untersuchungen an den Bohrkernen | 27 |
| 4.1. Schichtenverzeichnisse | 27 |
| 4.1.1. Vorbemerkungen (K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL & G. STRECKER) | 27 |
| 4.1.2. Bohrung 1 (Flösser-Schneise) | 30 |
| 4.1.2.1. Makroskopische Beschreibung der Kerne (K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL & S. MEISL) | 30 |
| 4.1.2.2. Petrographische Ergänzungen zu den lithologischen Einheiten (K.-H. EHRENBERG & G. STRECKER) | 31 |
| 4.1.3. Bohrung 2/2 A (Hasselborn) | 32 |
| 4.1.3.1. Makroskopische Beschreibung der Kerne (K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL & S. MEISL) | 32 |
| 4.1.3.2. Petrographische Ergänzungen zu den lithologischen Einheiten (K.-H. EHRENBERG & G. STRECKER) | 33 |
| 4.2. Zur Petrographie der Ergußgesteine | 88 |
| 4.2.1. Modalbestand (Einsprenglingsphasen) (K.-H. EHRENBERG & G. STRECKER) | 88 |
| 4.2.2. Quantitative Untersuchungen mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde an den wichtigsten Mineralphasen (K.-H. EHRENBERG, G. STRECKER & M. SUŠIĆ) | 89 |
| 4.2.2.1. Pyroxene | 92 |
| 4.2.2.2. Olivine | 97 |
| 4.2.2.3. Hornblenden | 97 |
| 4.2.2.4. Biotite | 97 |
| 4.2.2.5. Feldspäte | 98 |
| 4.3. Zur Geochemie der Hauptelemente in den Vulkaniten (K.-H. EHRENBERG & G. STRECKER) | 105 |
| 4.4. Pyroklastische Gesteine („Tuffe“) (K.-H. EHRENBERG) | 117 |
| 4.5. Ergebnisse der petrographischen Untersuchung und kurzer Vergleich mit Bohrergebnissen aus dem SW-Teil des Unteren Vogelsberges (K.-H. EHRENBERG) | 120 |

| | |
|--|-----|
| 5. Hydrogeologische Ergebnisse der Bohrung 2/2 A (B. HÖLTING) | 122 |
| 5.1. Geohydraulische Verhältnisse | 122 |
| 5.2. Geohydrochemische Verhältnisse | 124 |
| 6. Geophysikalische Bohrlochmessungen in der Bohrung 2/2 a (B. HÖLTING) | 126 |
| 6.1. Gamma-Messung | 127 |
| 6.2. Elektrische Bohrlochmessungen | 128 |
| 6.3. Temperatur-Messung | 128 |
| 6.4. Kaliber-Messung | 128 |
| 6.5. Flowmeter-Messung | 128 |
| 7. Magnetische Messungen an den Bohrkernen (R. PUCHER & K. FROMM) | 129 |
| 7.1. Einleitung | 129 |
| 7.2. Paläomagnetische Aussagen | 129 |
| 7.3. Die Intensität der Magnetisierung | 133 |
| 7.4. Korrelationsmöglichkeiten der Bohrungen | 140 |
| 8. Dichtebestimmungen an den Bohrkernen (S. PLAUMANN) | 144 |
| 8.1. Einleitung | 144 |
| 8.2. Zur Definition der Dichte | 144 |
| 8.3. Methode und Genauigkeit | 144 |
| 8.4. Ergebnisse | 145 |
| 8.4.1. Trachyte | 145 |
| 8.4.2. Basalte | 148 |
| 8.4.3. Tuffe | 150 |
| 9. Die terrestrische Wärmestromdichte im Gebiet des Vogelsberges (K. GRUBBE) | 150 |
| 9.1. Einleitung | 150 |
| 9.2. Temperaturmessungen in Bohrungen im Vogelsberg | 151 |
| 9.3. Wärmeleitfähigkeitsmessungen | 155 |
| 9.4. Berechnung der Wärmestromdichte | 155 |
| 9.5. Zusammenfassung | 158 |
| 10. K-Ar-Datierungen an den Vulkaniten (K.-H. EHRENBERG, W. HARRE & H. KREUZER) | 159 |
| 10.1. Einführung | 159 |
| 10.2. Analysenverfahren und mögliche Verfälschungen der Datierungen | 160 |
| 10.3. Diskussion der Ergebnisse | 160 |
| 11. Schriftenverzeichnis | 162 |

1. Vorwort

(F. NÖRING)

Seit dem Jahre 1970 stellt die Ländergemeinschaft im Rahmen des Königsteiner Abkommens dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover, Geldmittel zur Ausführung von Forschungsbohrungen zur Verfügung. Bereits anlässlich der Konferenz der Präsidenten und Direktoren der Geologischen Landesämter, der Bundesanstalt und der Landesämter für Bodenforschung („Direktorenkonferenz“) am 9. Nov. 1970 in Saarbrücken, dann am 20. Okt. 1971 in Mettlach und am 3. Mai 1972 in Westerland/Sylt wurde die Niederbringung einer oder mehrerer Forschungsbohrungen im Vogelsberg erörtert und beschlossen.

Die hohe Priorität, die die Direktorenkonferenz den Forschungsbohrungen im Vogelsberg gab, ist in der besonderen Problematik dieses Gebirges begründet. Die an der Oberfläche anstehenden Basalte bedecken rund 2100 km². Von den Randgebieten abgesehen ist das Unterlager der vulkanischen Bildungen nur von wenigen Stellen durch Bohrungen oder durch Einschlüsse in den Vulkaniten und durch Gemengteile von Tuffen bekannt. Würde der Versuch unternommen, eine geologische Übersichtskarte für eine 500 m oder gar 1000 m unter der Erdoberfläche oder eine im Meeresniveau liegende Fläche zu entwerfen, würden in der Bundesrepublik Deutschland nur wenige Gebiete weiß bleiben müssen, darunter aber große Teile des Vogelsberges. Vom Vogelsberg ist auf weiten Flächen die Mächtigkeit der vulkanischen Bildungen, das Vorhandensein vorbasaltischen Tertiärs, dessen Mächtigkeit, das Unterlager der vulkanischen Bildungen oder des vorbasaltischen Tertiärs — ob Jura, Trias, Perm oder Varistikum — nicht bekannt.

Bei Zugrundelegung der Erfahrung, daß junge Hebunggebiete oft mit alten zusammenfallen, konnte unter dem Oberwald, dem exzentrischen Kulminationsgebiet des Vogelsberges, wo am Taufstein die maximale Höhe von 773 m über NN erreicht wird, eine relativ geringe Basaltmächtigkeit bei fehlendem vorbasaltischem Tertiär und einer relativ alten Formation als Unterlager erhofft werden. Bekannt war, daß am 12—14 km östlich und südöstlich entfernten Basaltrand zwischen Stockhausen (Bl. 5422 Herbstein) und Magdlos (Bl. 5523 Neuhof) vorbasaltisches Tertiär fehlt. 7 km südöstlich des Taufsteins tritt bei Bermuthshain (Bl. 5521 Gedern) Buntsandstein unter Basalt zutage.

Bei Verbindung des soeben erwähnten Basaltrandes mit fehlendem oder nur sporadischem vorbasaltischem Tertiär zwischen Stockhausen und Magdlos im Osten mit dem südwestlichen tertiärarmen oder -freien Basaltrand zwischen Bellmuth und Rinderbügen (Bl. 5620 Ortenberg) ergibt sich eine über Bermuthshain verlaufende erzgebirgische Zone mit möglicherweise aufsteigender Tendenz, allerdings südlich der Bohrpunkte gelegen.

Das Phonolith-Vorkommen an der Flösser-Schneise, 1,6 km südöstlich des Taufsteins, galt als Basis der vulkanischen Bildungen (SCHOTTLER 1931 b: 9, 15). BLANCKENHORN (1930: 22) führte Gerölle verkieselten Muschelkalkes in den oberen Quarzitsanden auf Abtragung im südlichen Ohmgebiet oder im zentralen Vogelsberg zurück. KLÜPFEL (1955: 146, Anm.) erwähnt ein „verschlepptes“, also transportiertes Geröll aus einem vererzten *Favosites* von Faustgröße in einer Muschelkalkdoline nördlich Steinau am Basaltrand 25 km südöstlich des Taufsteins, das wohl auf anstehendes Devon in geringerer Entfernung als zum heute 50 km entfernten Schiefergebirge schließen läßt.

Daß im Bereich des Oberwaldes eine Hochscholle zu erwarten sei, nahmen SCHOTTLER (1931 a, Taf. 1; 1937, Taf. 26) und SCHENK (1968, 1974) an. Auch HUMMEL (1929, Fig. 4) nahm

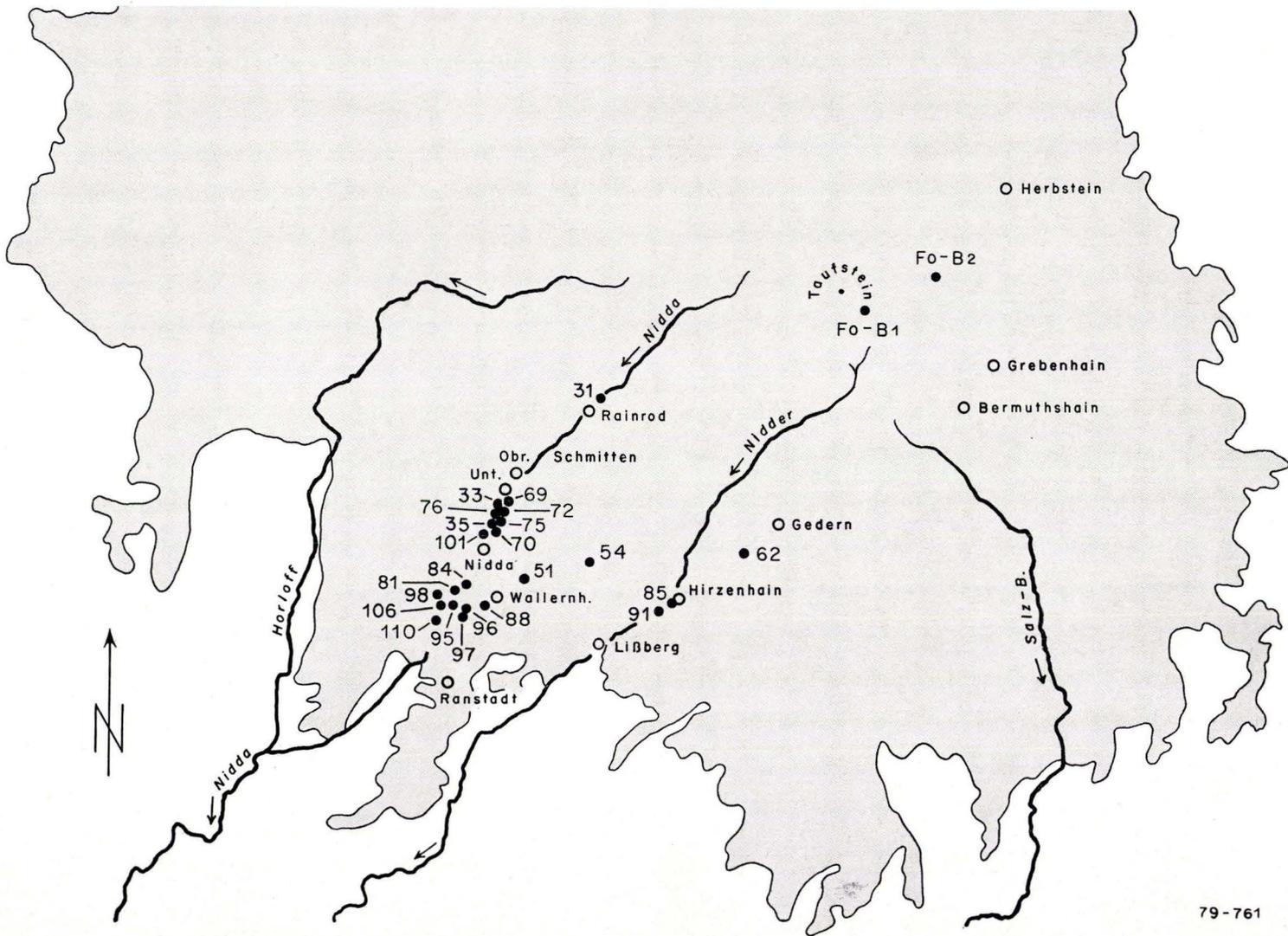


Abb. 1. Lage der Forschungsbohrungen 1 und 2/2 A im Hohen Vogelsberg (Fo-B1, Fo-B2) und ausgewählter Bohrungen aus dem SW-Teil des Unteren Vogelsberges (vgl. Taf. 3 und Abschn. 4.5).

innerhalb des schüsselförmigen Vogelsberges eine Oberwaldachse als Hebungsgebiet (1929: 98) an. Desgleichen kam BRINKMANN (1968: 158 — 160) zum Ergebnis einer besonders hohen Lage der Basaltbasis im Hohen Vogelsberg.

Die Forschungsbohrungen (Abb. 1) brachten ein nicht erwartetes, jedoch nicht weniger wertvolles Ergebnis, das kurz (NÖRING 1974: 336) Erwähnung fand.

In neuerer Zeit fand ihr Ergebnis auch in Vertikalschnitten Berücksichtigung (Hessisches Landesamt für Bodenforschung 1976, 1977, WIEGAND 1977).

2. Voruntersuchungen

2.1. Geomagnetik

(R. PUCHER)

2.1.1. Einleitung

Zur Vorbereitung der geplanten Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg war es zunächst erforderlich, Gebiete zu finden, in denen vulkanische Förderschloten oder -gänge auszuschließen waren. Aussagen in dieser Richtung sind mit Hilfe der magnetischen Methode möglich, da Basalte in der Regel eine relativ hohe Magnetisierung besitzen und somit an der Erdoberfläche meßbare magnetische Anomalien verursachen. Taf. 1 gibt die Karte der Anomalien der Totalintensität des erdmagnetischen Feldes (1976) für das Gebiet des Vogelsberges aus der Flugmagnetometervermessung der Bundesrepublik Deutschland aus dem Jahre 1966 wieder. Das Flugniveau beträgt konstant 1000 m über NN bei einer Geländehöhe zwischen 200 und 700 m. Die Meßprofile haben einen Abstand von 2,2 km, die Kontrollprofile 11 km. Positive Anomalien sind rot und negative schwarz dargestellt. Die Isolinien haben einen Abstand von 5 nT (s. a. Abb. 2). Der Vogelsberg hebt sich durch seinen Magnetisierungscontrast sehr deutlich von seiner Umgebung ab. Westlich der in N—S-Richtung verlaufenden Seental-Linie treten vornehmlich negative Anomalien auf.

2.1.2. Durchführung der Untersuchung

Eine grobe Vorauswahl von für Bohrungen geeigneten Gebieten im Hohen Vogelsberg wurde mit Hilfe der o. g. magnetischen ΔT -Karte vorgenommen. Abb. 2 zeigt den interessierenden Ausschnitt des Isonomalenplanes im Niveau 1000 m über NN. Die ausgewählten Gebiete, die zwischen 500 und 700 m über NN liegen, sind mit A, B und C gekennzeichnet. Ebenfalls eingezeichnet sind die Meßprofile aus der Flugvermessung, mit denen man ersehen kann, wie gut die einzelnen Anomalien mit Messungen abgesichert sind.

Da mit steigendem Abstand die magnetischen Anomalien von benachbarten Störkörpern „zusammenwachsen“, können mit Hilfe der aeromagnetischen ΔT -Karte nur größere Störkörper mit vertikalen Begrenzungsflächen (Schlote, Intrusivkörper, Ränder von Basaltplatten) identifiziert werden. Zur Auffindung von kleinen Schloten sind magnetische Messungen an der Erdoberfläche nötig. Diese wurden mit zwei Torsionsmagnetometern Gfz der Fa. Askania durchgeführt, mit deren Hilfe man Relativ-Werte der Vertikal-komponente des erdmagnetischen Feldes erhält.

Die Messungen wurden entlang von Wegen mit einem Punktabstand von 10 m durchgeführt. Das Profilnetz ist in den Abb. 3 — 5 dargestellt. Die Anzahl der Meßpunkte betrug ca. 1500 für das Teilgebiet A bei einer Fläche von 3,14 km², für das Teilgebiet B

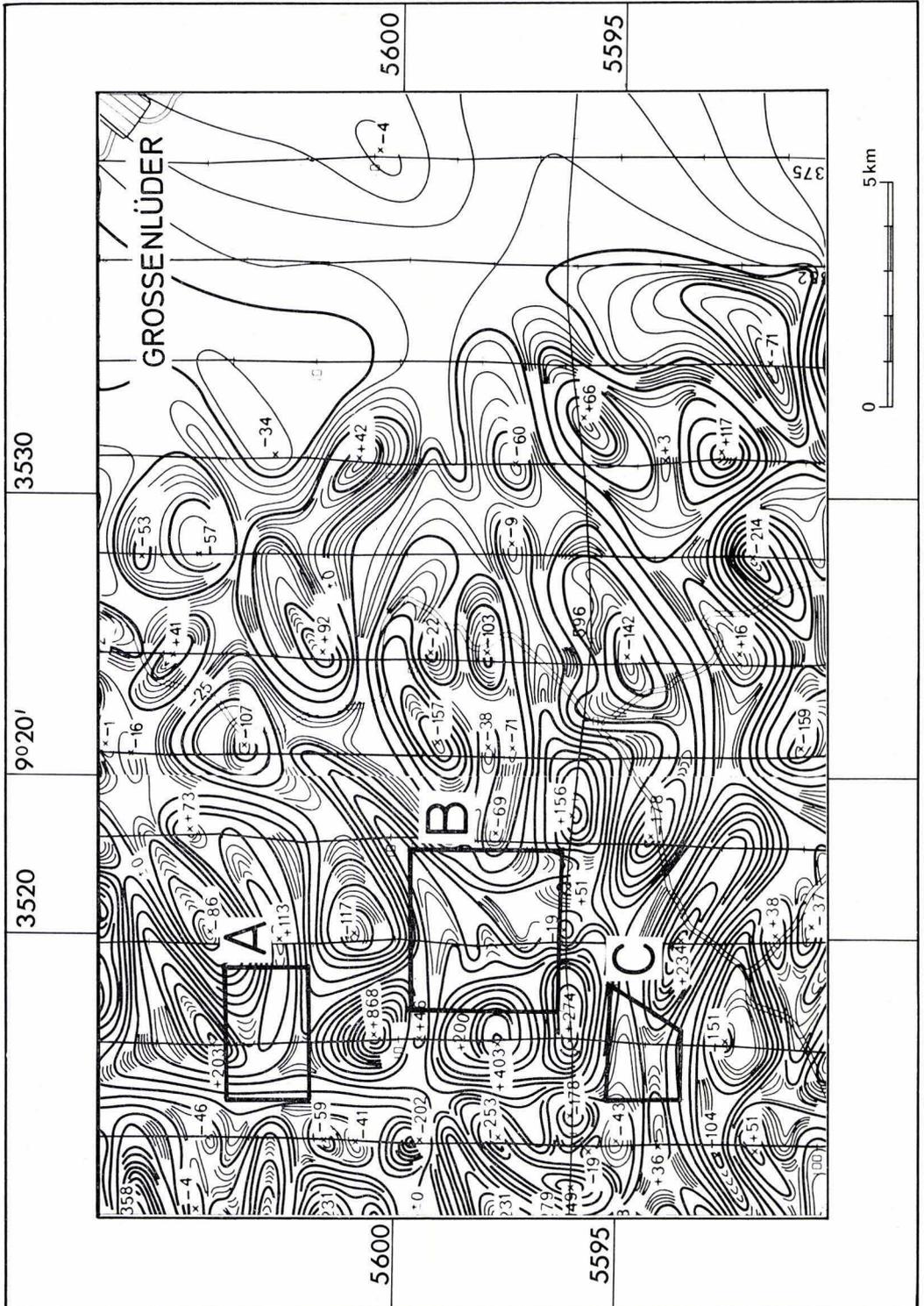


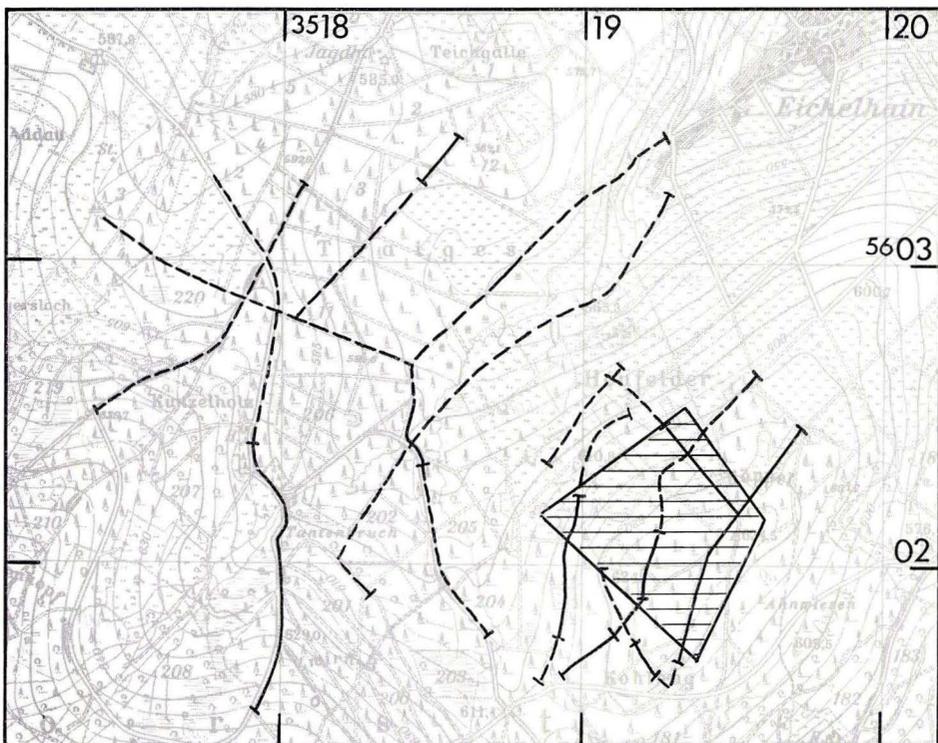
Abb. 2. Ausschnitt aus der aeromagnetischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (s. auch Taf. 1). Angegeben sind die Abweichungen der Totalintensität ΔT des erdmagnetischen Feldes von einem Regionalfeld, gemessen 1000 m über NN. Isolinenabstand ist 5 nT. Meßprofile N—S mit 2,2 km Abstand, Kontrollprofile E—W mit 11 km Abstand; die Untersuchungsgebiete A, B und C siehe Abb. 3—5.

mit 9,92 km² 3300 und für das Teilgebiet C mit 1,65 km² ca. 1000. Ein Ausgleich des magnetischen Tagesganges war wegen der Art der Fragestellung nicht notwendig.

2.1.3. Betrachtungen zu den Meßwerten

Da eine homogen magnetisierte, horizontale Platte nur an ihren seitlichen Begrenzungsflächen magnetische Anomalien verursacht (in Abb. 6 ist die Anomalie in E—W-Richtung über einer horizontalen, 30 m dicken Platte mit einer Magnetisierung von 4,0 A/m berechnet), wurden als für die Bohrung geeignete Plätze solche Gebiete gesucht, in denen Profile oder Profiltile mit ungestörten Meßwerten liegen. In den Abb. 3 — 5 sind solche Teile mit verstärkter Strichdicke hervorgehoben.

Es muß bedacht werden, daß die Streuung der Meßwerte auch in Gebieten ohne Basaltschlot aus zwei Gründen recht hoch sein wird: Die Oberfläche des Deckenbasaltes, der für alle Gebiete als quasi anstehend angenommen werden muß, weicht verschieden stark von einer Ebene ab, und weiterhin kann im Innern des Basaltkörpers nicht mit



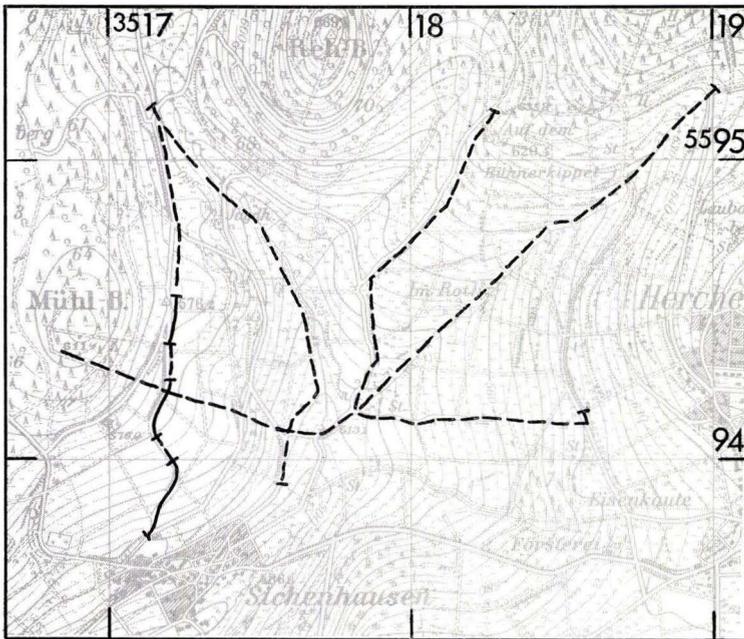
Ausschnitt aus TK 25, 5421 Ulrichstein



Abb. 3. Profilplan der ΔZ -Messungen mit einem Meßpunktabstand von 10 m für das Teilgebiet A (Abb. 2). Profiltile mit ungestörten Meßwerten sind mit durchgehenden Linien signiert. Für Bohrungen geeignete Gebiete sind schraffiert.

einer homogenen Magnetisierung gerechnet werden. Die auf diese Weise bedingte Streuung zwischen zwei benachbarten Meßwerten kann in der Regel bis zu 100 nT betragen.

Bei der Suche nach geeigneten Bohrplätzen wurden Profile und Profiltile ausgeschieden, die durch weiträumige Anomalien größere Störkörper andeuten. Abb. 7 zeigt einen Teil von Profil B 3 als Beispiel für solche Profile. Der mittlere Profiltile kann durch einen Modellkörper angedeutet werden, der eine um 1,5 A/m stärkere Magneti-



Ausschnitt aus TK 25, 5521 Gedern

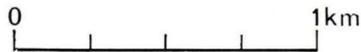


Abb. 5. Profilplan für das Teilgebiet C (Abb. 3). Legende wie Abb. 3.

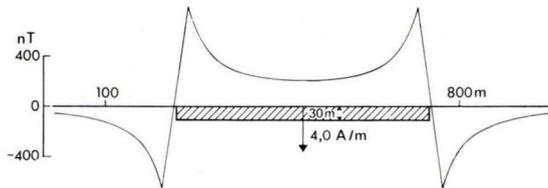


Abb. 6. Anomalie der magnetischen Vertikalkomponente einer senkrecht zur Zeichenebene unendlich ausgedehnten Platte (sogen. zweidimensionale Modelle) mit einer vertikal nach unten gerichteten Magnetisierungsrichtung.

sierung als seine Umgebung hat. Lage und Geometrie sind der Abb. 7 zu entnehmen. Es wurden aber auch solche Profilteile aus den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen, in denen die Meßwerte infolge oberflächennaher Störungen stark streuen und somit möglicherweise die magnetische Anomalie eines kleinen Schlotes verdecken können.

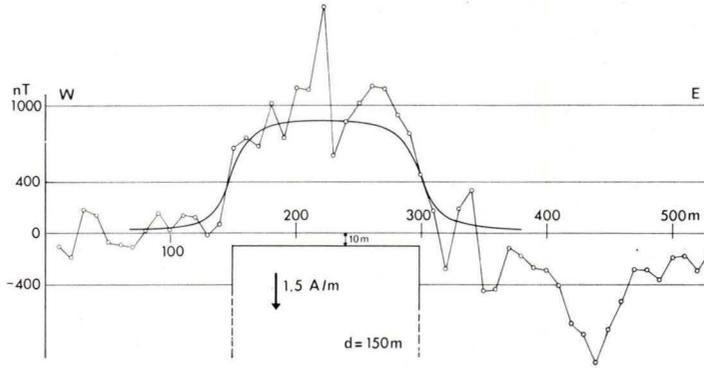


Abb. 7. Beispiel eines gemessenen Geländeprofils in ΔZ und Annäherung durch einen zweidimensionalen Modellkörper.

2.1.4. Modellbetrachtungen

Da bei den Magnetfeldmessungen im Gelände die Vertikalkomponente ΔZ des erdmagnetischen Feldes registriert wurde, sind auch für alle Modelle die Anomalien der Vertikalkomponente berechnet. Bei den Modellbetrachtungen ist auf Grund von Messungen von SCHENK (1970) an Kernen der Brg. Rainrod und Merkenfritz angenommen worden, daß der Betrag der remanenten Magnetisierung etwa zwischen 2,0 und 4,0 A/m liegt und die induzierte Magnetisierung im Durchschnitt 2,5 A/m beträgt. Da die remanente Magnetisierung und induzierte Magnetisierung (die immer parallel zum Erdfeld verläuft) sich vektoriell addieren und deren Resultierende für die Anomalie verantwortlich ist, addieren sich für den Fall „paralleler“ Remanenz beide Magnetisierungsanteile linear, und man kann für diesen Fall eine Minimal-Magnetisierung von 4,0 A/m annehmen.

Bei der Betrachtung von magnetischen Störkörpern ist zu beachten, daß magnetisch nachweisbar nur solche Körper sind, die sich in ihrer Magnetisierung deutlich von ihrer Umgebung abheben. Das heißt für einen Basaltschlot, der in Deckenbasalt gleicher Magnetisierung steckt, daß an der Erdoberfläche erst die Schlotteile unterhalb des Deckenbasaltes für die magnetische Anomalie wirksam werden. Abb. 8 zeigt in Modellrechnung die magnetischen Anomalien eines Schlotes von 150 m ϕ , der in einem 80 m (gestrichelte Kurve) bzw. 200 m dicken Deckenbasalt steckt, wobei beide Basaltkörper die gerade erläuterten gleichsinnigen Magnetisierungen haben. Die gleichen magnetischen Anomalien werden durch die verschiedenen Störkörper a, b und c in Abb. 9 erzeugt. Die Modellkörper wurden jeweils für einen Deckenbasalt von 80 und 200 m Mächtigkeit berechnet, da die Mächtigkeit einer unendlichen horizontalen Platte magnetisch nicht feststellbar ist.

Der Fall eines Deckenbasaltes von 80 bzw. 200 m Mächtigkeit, in dem ein Basaltgang mit einer Magnetisierung umgekehrter Richtung, aber gleichen Betrages steckt, ist in Abb. 10 graphisch dargestellt. Dies ist ein Modell, das in der Natur nicht so häufig zu erwarten ist, da hierbei die Remanenz die induzierte Magnetisierung in unserem Modellfall um 4,0 A/m überwiegen muß. Das ist in der Natur praktisch nur möglich durch besonders feinkörnige Verteilung der magnetischen Bestandteile im Gestein, nicht aber durch höheren Gehalt an magnetischen Bestandteilen, weil dann wiederum auch die induzierte Magnetisierung steigen würde.

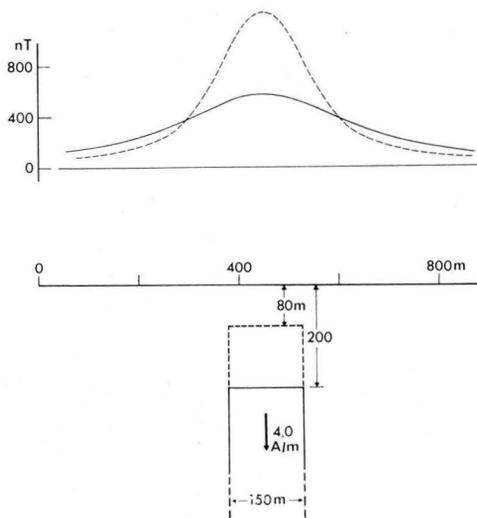


Abb. 8. ΔZ -Anomalien eines nach unten unendlich ausgedehnten Ganges.

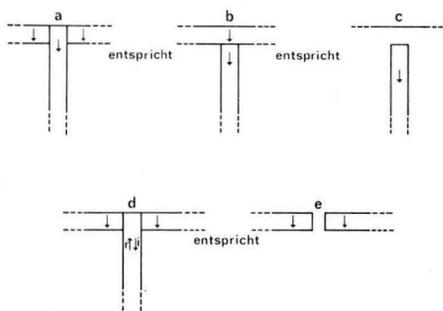


Abb. 9. Blockdiagramme einiger Lageverhältnisse von Basaltschloten und Deckenbasalten, die dieselbe Anomalie ergeben. Bei den Diagrammen a, b und c ist berücksichtigt, daß eine ausgedehnte horizontale Platte nur an ihren Rändern eine Anomalie hat; die Diagramme d und e sollen verdeutlichen, daß ein magnetischer Körper (Schlot) keine Anomalie verursacht, wenn dessen induzierte Magnetisierung (i) und die remanente (r) sich kompensieren.

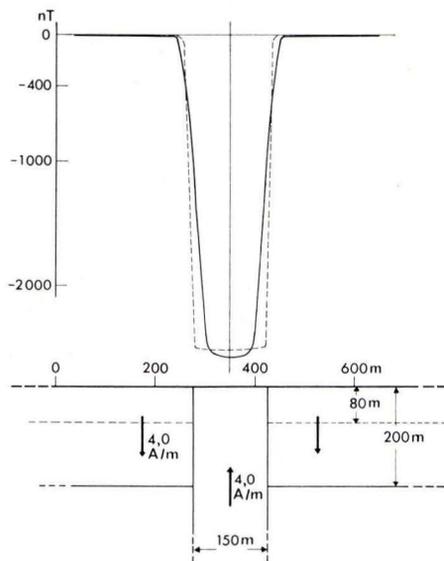


Abb. 10. ΔZ -Anomalie eines Basaltganges mit vertikal nach oben wirksamer Magnetisierungsrichtung („revers“), der in einem Deckenbasalt „normaler“ Magnetisierungsrichtung steht.

Ein weiterer Spezialfall ist ein Schlot im Deckenbasalt, dessen Remanenz antiparallel zur induzierten Magnetisierung und im Betrag gleich ist, so daß die Gesamtmagnetisierung des Schlotes gleich null ist. Dann verursachen nur die Ränder des Deckenbasaltes eine magnetische Anomalie (Abb. 9 d, e). Dieser Modellfall, der in Abb. 11 für 80 und 200 m mächtigen Deckenbasalt und einen Schlot von 150 m ϕ gerechnet und dargestellt ist, ist ein in der Natur in gewisser Annäherung möglicher Fall; denn die Messungen an Proben der Brg. Merkenfritz (SCHENK 1970) haben für die oberen 200 m einen Q-Faktor (Verhältnis des Betrages von remanenter zu induzierter Magnetisierung) von eins ergeben.

Bei Q-Faktoren > 1 verstärkt sich das Minimum über dem Schlot noch, wenn, wie in Abb. 11, dessen Remanenz antiparallel zum heutigen Erdfeld ist. In Abb. 12 ist eine Modellberechnung für einen Basaltschlot mit $Q = 1,5$ bei einer Remanenz von 3,0 A/m und einer induzierten Magnetisierung von 2,0 A/m dargestellt.

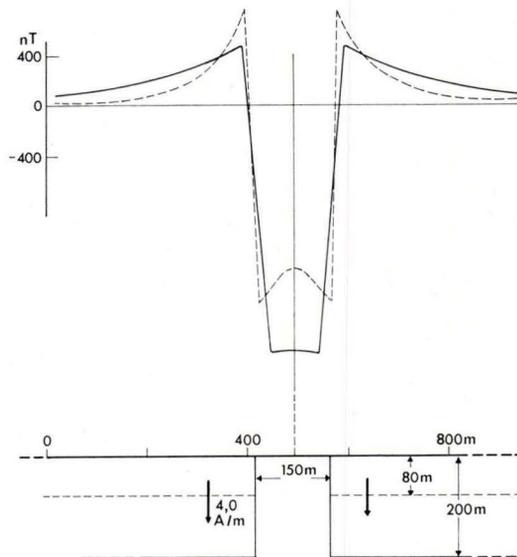


Abb. 11. ΔZ -Anomalie einer magnetischen Spalte in einem Deckenbasalt (Abb. 9 d, e).

2.1.5. Ergebnis

Aus dem Vergleich der gerechneten Modelle in den Abb. 6 — 12 ist ersichtlich, daß der im Gelände am schwersten zu erkennende Spezialfall der in Abb. 8 geschilderte ist. Dabei entspricht die Halbwertsbreite etwa der doppelten Tiefe.

Von der näheren Betrachtung zur Suche von Basaltschloten wurden nicht nur Profile ausgesondert, die durch starke weiträumige Anomalien auf größere Störkörper schließen lassen, sondern auch solche, deren Meßwerte eine starke Streuung infolge oberflächennaher Störungen zeigen und auf diese Weise eine schwache Anomalie vom Typ der Abb. 8 überdecken können.

In der Auswertung der Geländemessungen wurden dabei nur Profile und Profileile betrachtet und in den Abb. 3 — 5 als für eine Bohrung geeignet markiert, deren Streuung benachbarter Meßwerte möglichst unter 100 nT liegt.

Bei solch einer geringen Streuung sind noch Basaltschlote von 150 m ϕ und einer Magnetisierung von 4,0 A/m erkennbar, die in einem Deckenbasalt von 200 m Mächtigkeit stecken. Bei einer geringeren Mächtigkeit des Deckenbasaltes werden auch noch Basaltschlote mit geringerem Durchmesser erkennbar.

Die geoelektrischen Messungen zur Vorbereitung der Forschungsbohrungen (Abschn. 2.2.) hatten in den magnetisch ruhigen Teilen der Untersuchungsgebiete Basaltmächtigkeiten von wahrscheinlich max. 80 m ergeben. Das heißt, daß bei einem Deckenbasalt von ~ 80 m Mächtigkeit in den als magnetisch ruhig gekennzeichneten Profilteilen noch Basaltschlote von etwa 60 m ϕ auszuschließen sind.

Ausgehend von den Vorstellungen SCHOTTLERS (u. a. 1932), daß der Hohe Vogelsberg aus mehreren tektonischen Schollen bestehe und daß der „Phonolit der Flösser-Schneise“ die Basis des vulkanischen Deckgebirges darstelle, wurde auf Veranlassung von Herrn Dr. HOLTZ (HLfB) zusätzlich ein N—S-Profil in der westlich des Untersuchungsgebietes B gelegenen Flösser-Schneise vermessen. Das Meßprofil zeigte in seinem S-Teil keinen Hinweis auf einen Basaltschlot.

Als für die Bohrung günstige Plätze wurden daraufhin empfohlen:

- der N-Teil des Untersuchungsgebietes B (Abb. 4, schraffiert),
- der SE-Teil von A (schraffiert in Abb. 3) und
- der S-Teil des Meßprofils in der Flösser-Schneise westlich des Untersuchungsgebietes B.

In Abb. 4 sind die Bohrpunkte (1 Flösser-Schneise, 2/2 A Hasselborn) eingetragen.

Dank s a g u n g

Die Geländemessungen wurden gemeinsam mit Verm.-Ing. H. GEIPEL durchgeführt und ausgewertet.

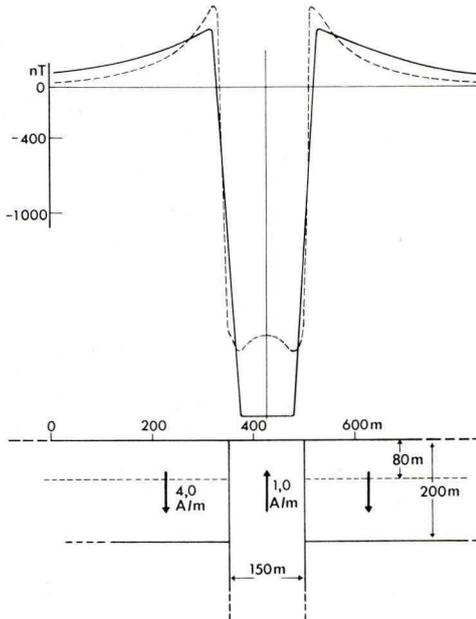


Abb. 12. ΔZ -Anomalie eines in Deckenbasalt steckenden Basaltganges unter Berücksichtigung spezieller Magnetisierungsverhältnisse (s. Text).

2.2. Geoelektrik

(H.-J. ZSCHAU)

Bei Gleichstrom-Tiefensondierungen in „Schlumberger“-Vierpunktanordnung wird an und in der Umgebung jeder Meßstelle des Untersuchungsgebietes ein stationäres elektrisches Feld künstlich erzeugt. Durch Messung der dadurch entstehenden Potentialdifferenzen an der Erdoberfläche erhält man Sondierungskurven, die den Schichtenaufbau des Untergrundes dann erkennen lassen, wenn die Schichten einer Folge petrographisch unterschiedlicher Gesteinskörper nicht zu dünn sind. Vor allem aber müssen sie unterschiedliche spezifische Widerstände aufweisen.

Für die Auswertung der Sondierungskurven werden homogene Schichtwiderstände und eine parallele Lagerung angenommen, um die Zahl der unbekannt Parameter und damit den Interpretationsspielraum so klein wie möglich zu halten. Das geht zu Lasten der Genauigkeit, führt aber im allgemeinen selbst bei Abweichungen bis zu ca. 15° von der Schichtenparallelität noch zu recht guten Werten. Bei noch größeren Abweichungen werden die Sondierungskurven durch die dann dominierenden Lateral-effekte — als Gegensatz zur Schichtenparallelität — unter Umständen derart deformiert, daß sich ihr Informationsinhalt z. T. auf rein qualitative Interpretationsmöglichkeiten reduziert. Es können geometrische Faktoren (z. B. engräumig auftretende Sprünge oder Flexuren) genauso störend wirken wie stark ausgeprägte Widerstandswechsel längs einer oder mehrerer Schichten.

Diese kurze Einführung in die Methodik der Gleichstromtiefensondierungen¹ wurde zum besseren Verständnis der nun folgenden Ergebnisdarstellung vorgeschaltet. In Decken aus Tuffen und Basalten werden erfahrungsgemäß Widerstandsverteilungen gemessen, die auf verhältnismäßig eng begrenztem Raum von der Schichtenparallelität bis zu einer völlig ungleichmäßigen Auflösung in einzelne Widerstandsnester reichen können. Mögen dabei schon der Entstehungsmechanismus, die Gesteinszusammensetzung und die unterschiedliche Mineralisation des Grundwassers einen erheblichen Einfluß auf die Widerstandsverteilung im Untergrund ausüben, so spricht doch viel dafür, daß die Sondierungskurven vor allem durch den Einfluß von unregelmäßig begrenzten und z. T. tiefgründigen Zonen unterschiedlichen Verwitterungsgrades „gestört“ werden. Man muß deshalb bei der Interpretation derartiger Sondierungskurven mit erheblichen Unsicherheitsfaktoren rechnen. Das gilt nicht nur für die Widerstands- und Mächtigkeitsangaben, sondern auch für deren geologische Deutung.

Das Gebiet, in dem die Messungen im Dezember 1971 und im April 1972 durchgeführt wurden, ist in Abb. 13 dargestellt. Im Originalbericht (ZSCHAU 1972) ist die Interpretation aller Meßkurven wiedergegeben. An dieser Stelle werden nur 3 charakteristische Profilschnitte als Beispiele gebracht (Abb. 14 — 16).

Die Signaturen innerhalb der einzelnen Profilschnitte sollen die Widerstandsverteilung im Untergrund hervorheben. In die einzelnen Widerstandsbereiche sind die spezifischen elektrischen Widerstände in Ωm — so, wie sie sich aus der Interpretation der Sondierungskurven ergeben — eingetragen. Das Symmetriezentrum jeder Messung (\triangle Meßstelle) ist durch ein kleines schwarzes Dreieck markiert.

Die Profile 2 und 5 (Abb. 14 u. 15) lassen, ebenso wie die hier nicht dargestellten Profile 1 und 4, eine charakteristische Widerstandsgrenze erkennen, die zwischen ca. 450 und ca. 550 m über NN verläuft. Der Untergrund kann damit geoelektrisch in „Hangendes“ und „Liegendes“ geteilt werden. Das derart definierte „Hangende“ unterscheidet sich vom „Liegenden“ nicht nur durch die Vielfalt seiner Widerstandsstrukturen, sondern auch durch seinen großen Anteil an niedrigen Widerständen (ca. 20 — 60 Ωm), die im „Liegenden“ (ca. 150 — ca. 700 Ωm) nicht mehr zu finden sind.

¹ Ausführliche Darstellung siehe z. B. FLATHE, H., & HOMILIUS, J. (1973).

Einige Bemerkungen zum „Hangenden“

Die ausgewählten Profile zeigen mit aller Deutlichkeit den Formenreichtum der Widerstandsstrukturen des „Hangenden“. Das liegt an dem in Oberflächennähe noch relativ großen Auflösungsvermögen der Methode. Vor allem aber weist das Widerstandsbild auf die für viele Tuff-Basaltdecken typische horizontale und vertikale Abfolge und Aufsplitterung in Partien mit hohen bzw. niedrigen Widerständen hin.

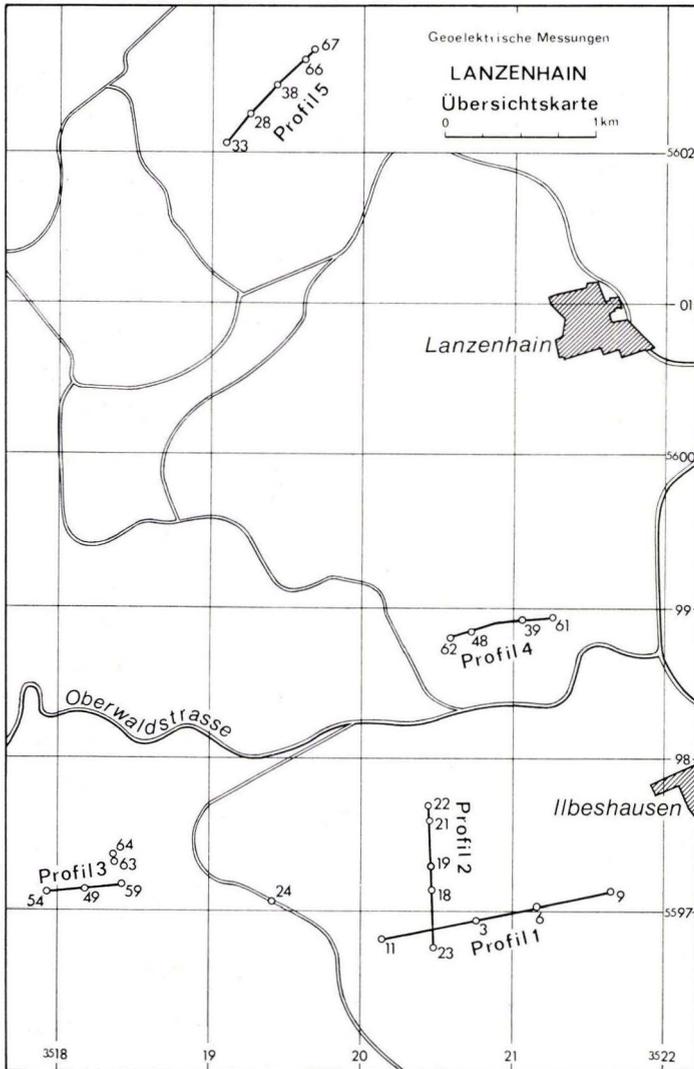


Abb. 13. Übersichtsplan des Meßgebietes Lanzenhain mit Lage der geoelektrischen Tiefensondierungen und Profile.

Das Profil 2 (Abb. 14) entspricht zwischen den Meßstellen 17—22 der eingangs erwähnten Interpretationsvoraussetzung der Schichtenparallelität recht gut. Die hier angegebenen Teufen können innerhalb des üblichen Fehlerspielraumes als relevant angesehen werden. Das „Hangende“ des Profils 5 (Abb. 15) vermittelt den Eindruck einer Mosaikstruktur. Da hier die Voraussetzungen eines Parallelschichtenfalles kaum noch erfüllt sind, stellen die ermittelten Widerstandswerte keine wahren spezifischen Widerstände dar. Sie dürfen jeweils nur als eine Art lokaler Mittelwert angesehen werden, der sich in komplexer Weise aus grenzüberschreitenden Einzelbeiträgen zusammensetzt. Aus diesem Grunde können die eingezeichneten Widerstandsgrenzen innerhalb des „Hangenden“ von den petrographisch vorgegebenen Tiefenwerten auch erheblich abweichen. Längs des Profils 3 (Abb. 16) schließlich waren die Sondierungskurven derart gestört, daß eine widerstandsmäßige Gliederung des „Hangenden“ zu sinnlosen Ergebnissen geführt hätte. Das steht nicht im Widerspruch zur Auswertung der zwei eingezeichneten Widerstandsgrenzen in einer Tiefe von ca. 175 m u. Gel. Für diese beiden Grenzen kann das „Hangende“ gegenüber dem „Liegenden“ bei der Kurveninterpretation als jeweils eine Schicht aufgefaßt werden. Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß damit nur eine rohe Tiefenmarkierung zu erreichen ist.

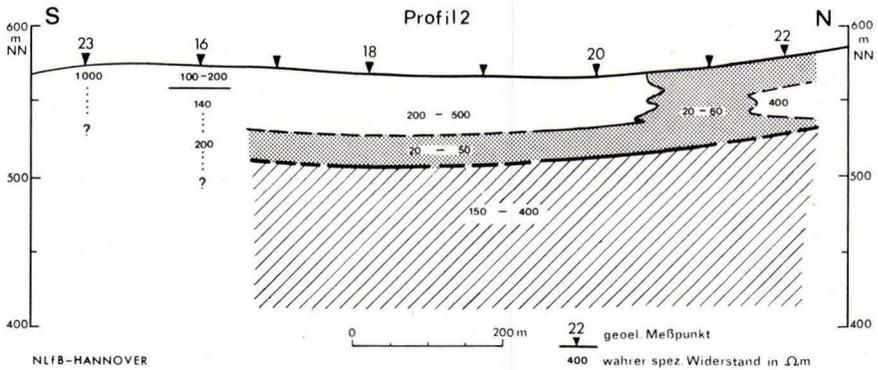


Abb. 14. Vertikalschnitt entlang Profil 2 — Meßgebiet Lanzenhain.

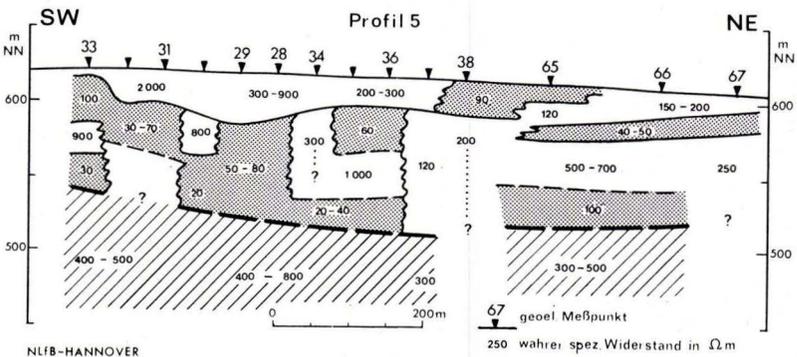


Abb. 15. Vertikalschnitt entlang Profil 5 — Meßgebiet Lanzenhain.

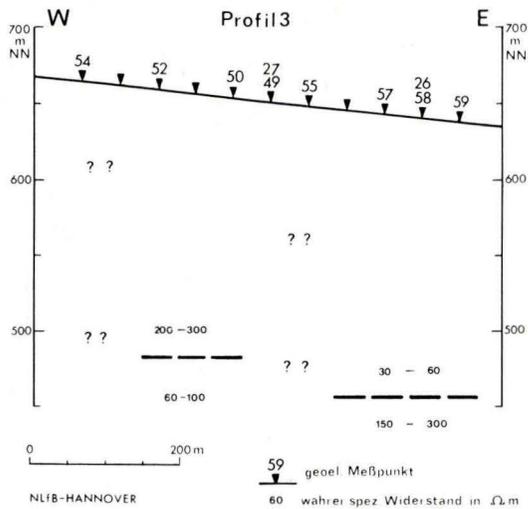


Abb. 16. Vertikalschnitt entlang Profil 3 — Meßgebiet Lanzenhain.

Die Brg. 2/2 A liegt zwischen den geoelektrischen Tiefensondierungen 46 und 47 auf dem hier nicht dargestellten Profil 4. Das Schichtenprofil läßt bis zur Endteufe von 490,35 m u. Gel. eine Abfolge von Tuffen und Basalten erkennen. Bis zu einer Tiefe von 102,5 m u. Gel. beträgt der Tuffanteil ca. 72 Bohrmeter (\cong ca. 70% Volumenanteil), während innerhalb der anschließenden 200 Bohrmeter nur ca. 31 m Tuff durchteuft wurden (\cong ca. 15% Volumenanteil). Im Originalbericht (ZSCHAU 1972) weist das Profil 4 den o. g. charakteristischen Widerstandssprung von niedrigen zu hohen spez. elektr. Widerständen zwischen 90 und 100 m u. Gel. aus. Es ist anzunehmen, daß das Auftreten dieser Widerstandsgrenze mit dem wesentlich höheren Tuffanteil im Hangenden eng zusammenhängt, denn Tuffe besitzen im allgemeinen eine deutlich bessere elektrische Leitfähigkeit als Basalte.

Einige Bemerkungen zum „Liegenden“.

Während das „Hangende“ mit großer Wahrscheinlichkeit als eine Decke vulkanischen Ursprungs gedeutet werden kann, ist bei der geologischen Zuordnung des „Liegenden“ Vorsicht geboten, und zwar aus drei Gründen:

1. Die „gemeinsame“ Widerstandsgrenze läßt sich längs der Profile keineswegs durchgehend verfolgen.
2. Die Widerstände des „Liegenden“ überdecken den großen Bereich von ca. 150—700 Ω m. Da das Auflösungsvermögen der Methode mit wachsender Tiefe etwa logarithmisch abnimmt, stellen die aus den Sondierungskurven ermittelten Widerstände von ca. 150—700 Ω m unter jedem Meßpunkt jeweils nur eine Art Mittelwert dar, dessen Teilkomponenten noch erheblich höher oder tiefer liegen können. Unter diesen Umständen erscheint eine einigermaßen homogene petrographische Zusammensetzung des „Liegenden“ als ziemlich unwahrscheinlich.
3. Das Profil 3 (Abb. 16) paßt nicht in das o. g. Schema. An dem dort erkennbaren Übergangsbereich ist vor allem die Richtung der Widerstandsänderungen bemerk-

kenswert: Unter den Meßstellen 56 — 59 verläuft der Widerstandssprung analog zu dem der übrigen Profile, das heißt von niedrigeren zu höheren spezifischen elektrischen Widerständen. Im Gegensatz dazu und damit normabweichend leitet das „Liegende“ unter den Meßstellen 50 — 52 mit Widerständen von ca. 60 — ca. 100 Ωm den elektrischen Strom erheblich besser als die überlagernden Gesteinsfolgen mit Widerständen von ca. 200 — ca. 300 Ωm .

Als Beispiel zum Richtungswechsel der Widerstandsänderungen an der Widerstandsgrenze des Profils 3 (Abb. 16) sind in Abb. 17 die Sondierungskurven 51 und 57 dargestellt. Die Brg. 1 liegt im Übergangsbereich zwischen den beiden Meßpunkten in der Nähe des Meßpunktes 49. Die Sondierungskurve 51 hat ein deutliches Maximum in der Nähe von $AB/2 = 300\text{ m}$, während im Gegensatz dazu die Sondierungskurve 57 bei $AB/2 = 300\text{ m}$ durch ein Minimum charakterisiert ist. Die Sondierungskurve 49 wurde nicht in die Abb. 17 übernommen. Sie verläuft im kritischen Bereich nahezu parallel zur Abszisse und stellt damit einen Übergang zwischen den beiden Kurventypen her. Falls für das Profil 3 (Abb. 16) eine Korrelation zwischen den geoelektrisch ermittelten Werten und dem Bohrprofil der Brg. 1 überhaupt erlaubt ist, kann sie nur in der Zuordnung der Widerstandsgrenze (ca. 175 m u. Gel.) zur Schichtgrenze Tuff—Hawajit (ca. 140 m u. Gel.) bestehen. Damit ist aber nicht sehr viel gewonnen, denn das auf Profil 3 beschränkte Phänomen der Richtungsumkehrung in der Widerstandsfolge läßt sich so nicht erklären. Rein spekulativ könnte man es mit den oben beschriebenen, nahezu willkürlichen Widerstandssprüngen in vulkanogenen Decken in Verbindung bringen. Das aber würde bedeuten, daß die vulkanischen Ablagerungen noch beträchtlich mächtiger sind, als die von der Brg. 1 erreichte Endteufe von 200,9 m u. Gel.

Zusammenfassend läßt sich über die Ergebnisse der geoelektrischen Tiefensondierungen N- und SW Lanzenhain sagen:

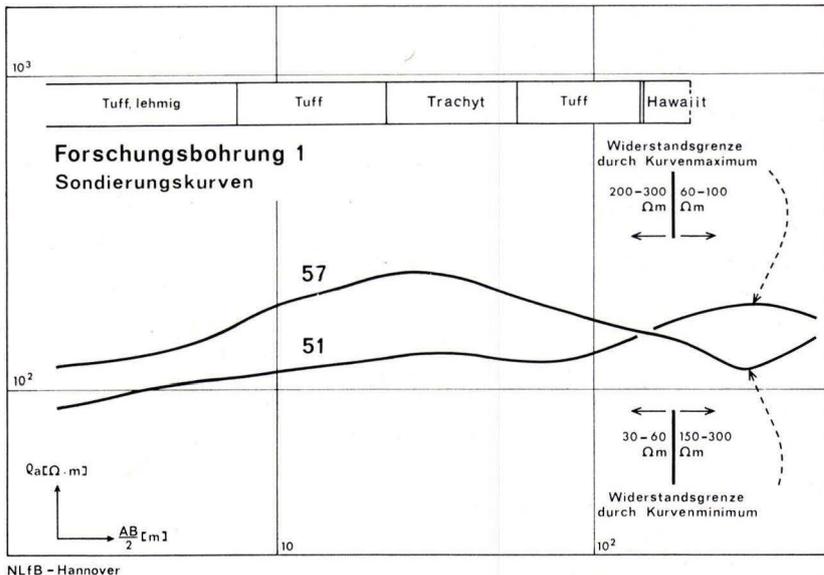


Abb. 17. Zwei Sondierungskurven des Profils 3 — Meßgebiet Lanzenhain.

Die Darstellung in Form von Profilschnitten deutet eine Grenze an, die zwischen ca. 450 und ca. 550 m über NN verläuft. Die Gesteine oberhalb dieser Grenze können auf Grund ihrer Widerstandsstrukturen mit großer Wahrscheinlichkeit als Vulkanite und Tuffe angesprochen werden. Die unterlagernden Schichten hingegen entziehen sich wegen ihrer großen Widerstandsbreite jeder fundierten geologischen Interpretation. Erschwerend kommt noch hinzu, daß die o. g. Widerstandsgrenze nicht durchgehend existiert. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, daß es sich beim „Liegenden“ um ältere Gesteine vulkanischen Ursprungs handelt, die, von der Verwitterung weniger angegriffen, auf Grund ihres größeren Alters und des höheren Gebirgsdruckes besser homogenisiert sind und sich somit geoelektrisch als eine Schicht darstellen.

Ein Vergleich zwischen der bei Brg. 2/2 A erhaltenen Schichtenfolge und dem entsprechenden geoelektrischen Vertikalprofil gibt Hinweise darauf, daß der Gesteinskörper oberhalb der o. g. charakteristischen Widerstandsgrenze deutlich höhere Tuffanteile enthält als sein Liegendes.

3. Technische Durchführung der Bohrungen

(S. HOLTZ)

3.1. Überblick

Günstige geologisch-vulkanologische Bedingungen, nach denen zu erwarten war, daß die geplanten Kernbohrungen außerhalb tiefreichender Förderzonen (Schlote, Gänge) niedergebracht werden konnten, ergaben sich aus dem Ergebnis der geophysikalischen Voruntersuchungen an der Flösser-Schneise E des Taufsteins, am Hasselborn SW Lanzenhain und in den Heufeldern S Lautertal-Eichelhain.

Dank dem großen Verständnis und der Hilfe, die die Hessische Staatsforstverwaltung² dem Forschungsvorhaben entgegenbrachte, konnten im Sommer 1972 Bohrpunkte an der Flösser-Schneise und am Hasselborn endgültig festgelegt werden.

3.2. Bohrung 2/2 A (Hasselborn)

| | |
|--------------------|---|
| Auftraggeber: | Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover |
| Aufsichtsbehörden: | Hess. Bergamt, Bad Hersfeld Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden |
| Lage: | Gemeindebezirk Ilbeshausen TK 25, Blatt 5421 Ulrichstein R 35 20 81 H 55 98 89 |
| Höhe: | 559,50 m über NN |
| Geplante Endtiefe: | 250 m |
| Bohrfirma: | J. Keller GmbH, Frankfurt (M) |
| Erster Bohrtag: | 6. Oktober 1972 |
| | Ende November 1972 war abzusehen, daß das Ziel, die Vulkanite des Hohen Vogelsberges zu durchbohren, mit einer Endtiefe von 250 m nicht erreichbar war. Am 23. November 1972 wurde deshalb mit dem NLF, Hannover, vereinbart, die Bohrung bis auf eine Endtiefe von max. 500 m niederzubringen. |

² Zu danken ist Herrn Oberlandforstmeister SCHÜLER vom Forstamt Schotten, Herrn Oberforstmeister EBERT vom Forstamt Grebenhain und Herrn Oberförster RÖDEL vom Forstamt Storndorf.

| | | |
|--------------------|--|-----------------|
| Stillstandszeiten: | Ab 6. Januar 1973 war die Bohrstelle nach starken Schneefällen nicht mehr erreichbar. Die Bohrarbeiten konnten erst wieder am 22. März 1973 aufgenommen werden. | |
| Letzter Bohrtag: | 19. Juli 1973 | |
| Endtiefe: | 490,35 m | |
| Bohrgeräte: | a. Longyear „34“ — 6. Oktober 1972 — 11. Dez. 1972 b. Wirth HS 63 — 11. Dez. 1972 — 20. Dez. 1972 c. Diamant Boart DB 850 — 4. Jan. 1973 — 13. Juni 1973 d. Wirth HS 73 — 14. Juni 1973 — 19. Juli 1973 | |
| Verrohrung: | 0,0 m bis 5,0 m Tiefe | 203 mm |
| | bis 27,0 m Tiefe | 143 mm |
| | bis 128,6 m Tiefe | 128 mm |
| | bis 259,0 m Tiefe | 84 mm |
| | bis 296,6 m Tiefe | 75,8 mm (NQ) |
| Fangarbeiten: | 18. Okt. 1972 30. Okt. 1972 9. Nov. 1972 14. Nov. bis 15. Nov. 1972 20. Nov. bis 27. Nov. 1972 24. März 1973 27. März 1973 10. April 1973 13. April 1973 16. Mai 1973 Am 17. Mai 1973 mußte das Bohrloch 2 wegen technischer Schwierigkeiten, verursacht durch den Bruch der Verrohrung am 16. Mai 1973, aufgegeben und von 352,0 m Tiefe bis 264,0 m Tiefe zementiert werden. Bis zum 30. Mai 1973 waren alle Ablenkversuche erfolglos. Erst nach Zementierung des Bohrloches bis auf 240,0 m Tiefe gelang es am 5. Juni 1973, ab 264,5 m Tiefe weiterzukern. | |
| Spülung: | Wasser Anfang Juli 1973 versiegte nach anhaltend trockenem Wetter der an der Bohrstelle vorbeifließende Bach fast ganz. Bis zum Aufbau von Wassertanks, in denen nachts die geringen Mengen, die noch flossen, gespeichert werden konnten, mußte Spülwasser vom 2. Juli bis zum 19. Juli 1973 herbeigefahren werden. | |
| Pumpversuch: | 23. Okt. bis 24. Okt. 1972 M-Pumpe in 55,0 m Tiefe | |

3.3. Bohrung 1 (Flösser-Schneise)

| | |
|--------------------|---|
| Auftraggeber: | wie bei Brg. 2/2 A |
| Aufsichtsbehörden: | wie bei Brg. 2/2 A |
| Lage: | Gemeindebezirk Sichenhausen TK 25, Blatt 5421 Ulrichstein R 35 18 15 H 55 97 11 |
| Höhe: | 652,05 m über NN |
| Geplante Endtiefe: | 300 m |
| Bohrfirma: | wie bei Brg. 2/2 A |
| Erster Bohrtag: | 31. Juli 1973 |
| Stillstandszeiten: | keine |
| Letzter Bohrtag: | 24. August 1973 |

| | | | |
|---------------|--|--------|--|
| Endtiefe: | 200,9 m | | |
| | Die Bohrung mußte beendet werden, da die bereitgestellten Geldmittel aufgebraucht waren. | | |
| Bohrgeräte: | Wirth HS 73 | | |
| Verrohrung: | 0,0 m bis 9,0 m Tiefe | 169 mm | |
| | bis 15,1 m Tiefe | 113 mm | |
| | bis 109,8 m Tiefe | 96 mm | |
| Fangarbeiten: | keine | | |
| Spülung: | Wasser | | |
| Pumpversuch: | keiner | | |

3.4. Bohrlochmessungen

Am 23. Juli 1973 hat die Fa. Tegtmeier, Isernhagen, in Bohrung 2/2A geophysikalische Messungen durchgeführt.

Zusätzlich hat das NLFb, Hannover, im gleichen Bohrloch die Temperatur-Änderungen zwischen dem 19. Juli und dem 30. August 1973 verfolgt.

4. Petrographische Untersuchungen an den Bohrkernen

4.1. Schichtenverzeichnisse

4.1.1. Vorbemerkungen

(K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL und G. STRECKER)

Die makroskopische Kernbeschreibung (linke Spalte) wird durch eine stichwortartige petrographische Beschreibung der lithologisch-vulkanologischen Einheiten (rechte Spalte) ergänzt. Für diese Bearbeitung wurden 348 Dünnschliffe, 22 Dünn-Anschliffe, 60 Gesteinsanalysen, 36 Modalanalysen sowie ca. 1000 Elektronenstrahl-Mikrosondenanalysen von Klinopyroxenen, Olivinen, Hornblenden und Feldspäten ausgeführt. Ergebnisse dieser Untersuchungen sind zusätzlich in den Tab. 2—9 zusammengestellt. Die geologischen Profile der beiden Bohrungen sind auf Taf. 2 dargestellt.

Klassifikation und Nomenklatur der durchbohrten Ergußgesteine (Vulkanite) waren infolge Feinkörnigkeit und wechselnder Glasanteile meist nur annähernd nach modalem Mineralbestand und Gefüge vorzunehmen. Es wurde deshalb — soweit der Erhaltungszustand chemische Analysen erlaubte — vor allem der Gesteinschemismus (Tab. 7 u. 8) berücksichtigt. Die daraus erchenbaren normativen Mineralbestände [CIPW-(Tab. 8) und RITTMANN-Norm (Tab. 9)], deren Einordnung z. B. in das Klassifikations-Schema von STRECKEISEN (1967; s. Abb. 68) und die aus diesen abgeleiteten Parameter, wie z. B. der Differentations-Index (D.I.) nach THORTON & TUTTLE (1960) (Tab. 8 und Taf. 6 u. 7), die Farbzahl (C.I) (Tab. 9) und die normative Plagioklaszusammensetzung (Tab. 8, Taf. 6 u. 7), ergeben zahlreiche weitere Gliederungshilfen, die noch durch verschiedene Variations-Diagramme der chemischen Bestandteile (Taf. 7) ergänzt werden. Dabei zeigt sich, daß auch die Anwendung eines ausschließlich chemischen Gliederungsschemas nur beschränkt anwendbar ist, da u. a. der Erhaltungszustand der untersuchten Vulkanite sehr unterschiedlich ist. Außerdem variiert z. T. der primäre Chemismus selbst innerhalb der gleichen Lavadecke.

Bei der hier vorgenommenen Klassifikation und Nomenklatur der Vulkanite der Forschungsbohrungen wurde aus einer Kombination verschiedener normativer Einheiten (D.I., ne, C.I.) mit modalen Merkmalen eine Gliederung in die in Tab. 1 zusammenge-
stellten Haupttypen vorgenommen.

Die so abgeleiteten Gesteinsbezeichnungen wurden nachträglich auch im makrosko-
pischen Profil für die Sammelbezeichnung „Basalt“ eingefügt.

Tab. 1. Die Hauptvulkanittypen der Forschungsbohrungen im Vogelsberg und ihre wesentlichen Gliederungsmerkmale
(jeweils obere Zeile meist geforderte Richtwerte; darunter in Klammern hier festgestellte Variations-
breiten)

| Gesteinstyp | Normative Kennzeichen | | | | Feld im STRECKEISEN- Diagramm | Modale Kennzeichen | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|---|---|
| | nach CIPW-Norm | | nach RITTMANN-Norm | | | Foide: vorw. Analcim | Feldspäte | Pyroxene |
| | D.I. | ne | An | C.I. | | | | |
| Basanite | < 40 (28-33) | > 5 (4,7-8,5) | > 50 (50-58) | > 38 (37,7-50) | 14, 13 | sehr reichlich | vorw. Labradorit | meist Ti-Al-reiche Salite |
| Alkali-Oli- vinbasalte | < 40 (29-43) | < 5 (0-6) | > 50 (35-55) | > 38 (39-47) | 10', 9' | reichlich - fehlend | Labradorit - Andesin, etwas Alkali- feldspat | meist Ti-Al-reiche Augite bis Salite |
| Ankeramit | (21) | (0,1-5,7) | > 50 (54-56) | > 50 (54-62) | 10', 14' | wenig | Labradorit - Andesin, etwas Alkali- feldspat | meist Ti-Al-reiche Augite bis Salite |
| Hawaiite | 40-55 (41-46) | < 5 (0-6,7) | < 50 (37-46) | 20-38 (23-29) | 10', 9' | selten | vorw. Andesin - Oligoklas | Ti-Al-reiche Salite bis Ti-Al-Salite |
| Mugearit | 55-65 (52-59) | < 5 (0-2) | meist 30 (28-37) | 15-38 (17-19) | 9' | - | vorw. Oligo- klas - Andesin | Ti-Al-reiche Salite |
| Leuko-Latit | 65-75 (67-76) | - | (21-28) | < 10 (6-12) | 8 | - | Oligoklas - Andesin, Alkalifeld- spat | Na-Ti-Al-reiche Salite |
| Trachyte | > 75 (78-90) | - | (2-19) | 5-25 (7-15) | 8, 7 | - | Alkalifeld- spat | Na-reiche Salite, z.T. Aegirinaugite |

*Vgl. u.a. COOMBS & WILKINSON 1969, STRECKEISEN 1978.

Die Klassifikation und Nomenklatur der erbohrten pyroklastischen Gesteine (Tuffe) erfolgte vor allem nach dem in Abb. 18 dargestellten Korngrößenschema. Angaben über Zusammensetzung, Chemismus und evtl. Bildungsweise sind der Korngrößengliederung vorangestellt. Hierbei gilt für die Zusammensetzung wie für die Korngrößengliederung, daß die jeweils am weitesten rechts aufgeführte Komponente am reichlichsten vorhanden ist (z. B. Gesteins-Kristall-Glas-Lapilli-Aschentuff bedeutet, daß die Komponenten aus Glas häufiger sind als die aus Kristallen, die ihrerseits reichlicher sind als Gesteinsfragmente und daß die Komponenten überwiegend Aschenkorngröße besitzen).

Unter dem Sammelbegriff „Schlacke“ werden juvenile, stark blasige basaltische Fragmente und unter „Bims“ juvenile, stark blasige trachytische Fragmente zusammengefaßt.

Die in Hohlräumen idiomorph ausgebildeten Zeolithminerale wurden nach ihren meist sehr charakteristischen Formen angesprochen. In zahlreichen Fällen wurde die makroskopische Ansprache durch röntgenographische Kontrolluntersuchungen abgesichert.

Mit dem Sammelnamen „Bolus“ werden weiche, verschiedenfarbige, scheinbar amorphe Massen („Gele“ der älteren Literatur) belegt, bei denen es sich um nicht genauer untersuchte Glieder der Montmorillonit-Gruppe handelt. Zur Genese des „Bolus“ vgl. HENTSCHEL (1971).

Die makroskopische Farbansprache erfolgte weitgehend nach der Rock-Color-Chart von 1963 der Geological Society of America.

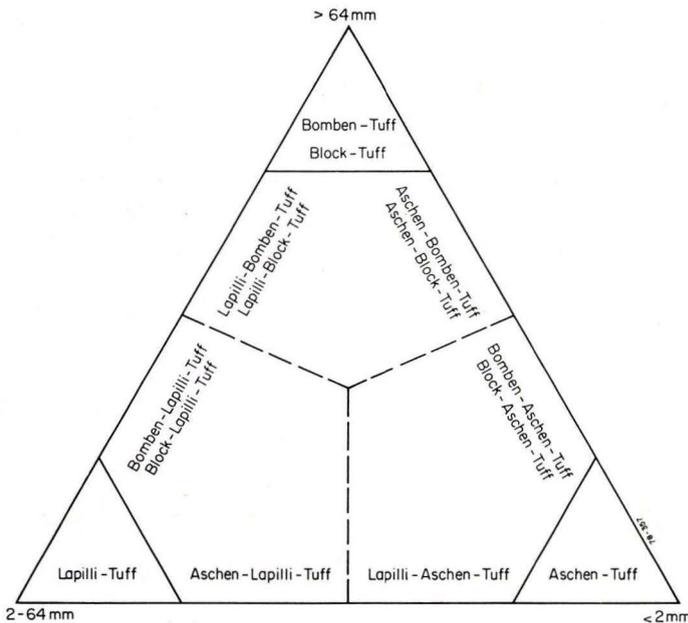


Abb. 18. Klassifikation der pyroklastischen Gesteine nach der Korngröße.

4.1.2. Bohrung 1 (Flösser-Schneise)

4.1.2.1. Makroskopische Beschreibung der Kerne³

(K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL und S. MEISL)

- 7,50 m *Gesteins-Lapillituff*; ± umgelagert und verlehmt
(≙ Tuff zwischen 7,50 und 21,95 m u. Gel.)
- 21,95 m *Gesteins-Lapillituff*, schlecht sortiert, ± ungeschichtet; fast ausschließlich aus eckigen bis abgerundeten, unterschiedlich gefärbten (hellgrau, rosagrau, braungrau, braungelb, gelblichorange), kompakten porphyrischen Trachytfragmenten (mm bis 20 cm, meist < 1 cm ϕ) und nur vereinzelt aus grauen basaltischen Partikeln (mit reichlich Pyroxeneinsprenglingen)
- 56,45 m *Trachyt, porphyrisch*; ± kompakt; Einsprenglinge von Alkalifeldspat ≧ Hornblende, Biotit und Pyroxen in einer hellgrauen, schwach kaolinisch zersetzten, fein- bis feinkörnigen Grundmasse; vereinzelt kommen etwas dunklere feimbimsige Bezirke (— 2 cm ϕ) als auch größere, an Hornblende reichere Schlieren (— 1,5 cm ϕ) vor; übergehend in
- 57,30 m wie vor, aber z. T. feinsprengig; mit eingelagertem fahlrotem alkalibasaltischem Aschentuff, der größere, graue bis dunkelgraue, kompakte Basaltbröckchen (— 2 cm ϕ) und feinblasige, pyroxenporphyrische Basaltlapilli führt; übergehend in
- 57,55 m wie vor; nur etwas reichlicher mit kompakten Basaltbröckchen (— 5 cm ϕ) und feinblasigen Basaltlapilli und Pyroxenkrystallen durchsetzt

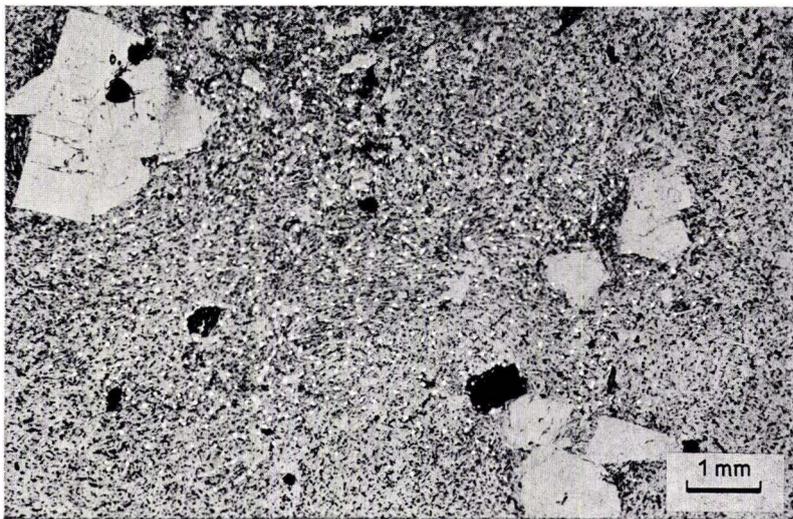


Abb. 19. Porphyrischer Trachyt zwischen 21,95 und 57,55 m u. Gel. der Brg. 1; mit Einsprenglingen von Alkalifeldspat und opacitisierter Hornblende und Biotit in fluidaler Grundmasse aus vorwiegend Sanidinleisten; Pr. 12190 (24,6 m u. Gel.), DS 18720.

³ Die Gesteinsbezeichnungen der Lavagesteine wurden im makroskopischen Profil nachträglich entsprechend den petrographischen Ergebnissen korrigiert.

4.1.2.2. Petrographische Ergänzungen zu den lithologischen Einheiten

(K.-H. EHRENBURG UND G. STRECKER)

- 21,95 m *Gesteins-Lapillituff*; vorwiegend aus Gesteinsfragmenten von kompaktem porphyrischem Trachyt [der in einer fast ausschließlich aus Sanidinleisten bestehenden fluidalen Grundmasse reichlich Einsprenglinge von Alkalifeldspat (oft agglomeriert, bis 4,5 mm ϕ) \gg Hornblende und/oder Biotit führt], seltener von \pm zersetzten, \pm kompakten basaltischen Partikeln (z. T. mit Einsprenglingen von Olivin und Klinopyroxen)

- 57,55 m *Trachyt, porphyrisch* (Abb. 19 — 20) [zum Chemismus und Modalbestand s. Tab. 7 — 9, Pr. 12194, 12199]

Einsprenglinge ca. 13 Vol.-%: 10 — 12 % Alkalifeldspat⁴ [Or_{24,3}—42,4 Ab_{54,0}—68,2 An_{2,8}—7,4 (vgl. Abb. 67 u. Tab. 6, Pr. 12199); meist mit Mikroklingitterung; — 11 mm, meist 5 — 7 mm ϕ ; oft agglomeriert und xenomorph miteinander verzahnt], 1 — 2 % (örtlich mehr) Hornblende [(Tab. 4, Pr. 12199); — 9 mm ϕ ; wechselnd opacitisiert und resorbiert], Biotit (Tab. 5) und vereinzelt Aegirinaugit (— 8 mm ϕ)

Grundmasse ca. 87 Vol.-%: fluidal texturiert; überwiegend aus Alkalifeldspatleisten [Or_{20,9}—48,8 Ab_{49,3}—74,9 An_{0,8}—5,3 (Abb. 67 u. Tab. 6, Pr. 12199); 70 — 600 μ m, meist um 200 μ m lang], zurücktretend aus grünlichen Klinopyroxensäulchen [Na-reicher Salit (Wo_{46,5} En_{37,6} Fs_{15,8}) und Aegirinaugit (Tab. 2, Pr. 12199)], Magnetitkörnchen und etwas kryptokristalliner Mesostasis

Vereinzelte gröberkörnige Schlieren (Abb. 20) bestehen aus frischer Hornblende, xenomorphem Alkalifeldspat und \pm pigmentierten Apatiteinsprenglingen (— 0,6 mm lang)



Abb. 20. Grobkörnige Schlieren aus Hornblende, Apatit und Alkalifeldspat im porphyrischen Trachyt der Brg. 1; Pr. 12197 (45,4 m u. Gel.), DS 18935.

> häufiger bzw. größer als

\gg wesentlich häufiger bzw. wesentlich größer als

⁴ Schwankungsbreite der Mineralzusammensetzungen nach den Einzelmessungen

- 91,00 m *Alkalibasaltischer Aschen-Lapillituff*; aus verschweißten und zeolithisch verkitteten rostbraunen, rotbraunen und braungrauen, feinblasigen — blasigen, meist pyroxenporphyrischen (— 7 mm ϕ) basaltischen Fragmenten (meist < 2 cm, max. 15 cm ϕ); häufig Kristalle von Chabasit und Phillipsit, stellenweise von Calcit; übergehend in
- 140,20 m *Alkalibasaltischer Bomben-Aschen-Lapillituff* (Schweißschlackentuff); verschweißte und zeolithisch verkittete (im untersten Teil möglicherweise schon Dachsclacke der liegenden Lava); von rostbraunrot über rotviolett in grau-violett übergehend; Schlacken bis max. 25 cm ϕ ; bei 95,2 m u. Gel. 2 kompakte, dichte Trachytauswürflinge (— 1 cm lang); Chabasit häufig, Phillipsit und Calcit nur stellenweise; übergehend in
- 143,40 m *Hawaiit, porphyrisch*; feinblasig und feinschlackig; blasige Schlackenfragmente (max. 10 cm ϕ) schwimmen in \pm zersetzter, stark inhomogener, violettgrau- und hellgrauschlieriger, feinporiger bis kompakter, \pm pyroxenporphyrischer Umgebung; in Blasen nur Chabasitkristalle; übergehend in
- 200,90 m wie vor; kompakt; reichlich Einsprenglinge von Klinopyroxen (— 4 mm ϕ) (Endteufe) und zersetztem Olivin (— 2,5 mm ϕ) in mitteldunkelgrauer, dichter Grundmasse; intensiv durchzogen von unregelmäßig verlaufenden Rissen und Gängchen (mit Chloritbestegen, vereinzelt mit Chabasitkristallen), die eine kleinknollige Absonderung bedingen

4.1.3. Bohrung 2/2 A (Hasselborn)

4.1.3.1. Makroskopische Beschreibung der Kerne

(K.-H. EHRENBERG, G. HENTSCHEL und S. MEISL)

Brg. 2

- 0,30 m Mutterboden, bräunlich, Pflanzenreste, Basaltbröckchen
- 0,80 m Basaltsteine, Lehm, braun
- 3,90 m Basalt, \pm schluffig zersetzt, umgelagert; grau und braun
- 4,60 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; Einsprenglinge von Olivin und Pyroxen; stark zersetzt und kleinstückig — grusig zerfallen; hellgrau
- 5,30 m wie vor; weniger zersetzt, fester, kleinstückig
- 9,00 m wie vor; kompakt, grobstückig; einzelne kleine „Olivinknollen“ (— 5 mm ϕ); mittelgrau
- 13,90 m wie vor; vorwiegend blasig und brüchig; Blasen (mm — 1 cm ϕ , z. T. langgestreckt), lagenweise unterschiedlich häufig; ? Stromgrenze bei 12,80 m u. Gel.

— 140,20 m *Alkalibasaltische Schlackentuffe*; aus orangefarbenen — bräunlichgelb durchscheinenden Glasfragmenten und seltener aus \pm opaken, \pm entglasten, blasigen Tachylitfragmenten, die oft Einsprenglinge von Klinopyroxen (oft agglomeriert, feinschalig zonar, meist lichtbräunlich gefärbt) und seltener von Olivin (immer zersetzt) führen

— 200,90 m *Hawaiit, porphyrisch* [zum Chemismus und Modalbestand s. Tab. 7 — 9, Pr. (Endteufe) 12317, 12319, 12320]

Einsprenglinge ca. 10 — 11 Vol.-%; ca. 2 — 5 % Olivin (max. 2,4, meist < 1 mm ϕ); bis auf einzelne frische Kerne vollständig viriditisiert), 5 — 7 % Klinopyroxen [Ti-Al-reicher Salit, $Wo_{45,4} - 47,6$ $En_{38,9} - 39,8$ $Fs_{12,8} - 15,2$ (Tab. 2, Pr. 12319); max. 3,5, meist < 1 mm ϕ ; \pm teildiomorph, z. T. agglomeriert; meist schalig, z. T. oszillierend zonar; wechselnd korrodiert und randlich mit Grundmassekomponenten durchsetzt]

Grundmasse ca. 90 Vol.-%: \pm fluidal texturiert und intergranular struiert; zwischen den vorherrschenden Plagioklasleisten [$An_{36} - 58,4$ $Or_{1,4} - 4,3$ (einmal $An_{21} Or_8$), vorherrschend basischer Andesin (Abb. 67 u. Tab. 6, Pr. 12319; meist < 250 μm lang) liegen kurzsäulige Klinopyroxene [Ti-reiche Salite, $Wo_{46,5} - 48,7$ $En_{37,0} - 39,9$ $Fs_{12,8} - 16,1$ (Tab. 2, Pr. 12319); meist deutlich < 250 μm lang], sehr reichlich kleine Titanomagnetite (20 — 35 μm ϕ) und in Schlieren, Nestern und Gängchen auftretend ? Analcim (farblos, isotrop) sowie wechselnd häufig Biotitfitterchen, ? Alkalifeldspat und grünliches Glas

Als Sekundärprodukte sind in Flecken Karbonate, auf Rissen, Gängchen und in Bläschen reichlich Chlorite und Zeolithe vorhanden

4.1.3.2. Petrographische Ergänzungen zu den lithologischen Einheiten

(K.-H. EHRENBERG UND G. STRECKER)

— 3,90 m Quartäre Deckschichten

— 17,20 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* (Abb. 21) [zum Chemismus und Modalbestand s. Tab. 7 — 9, Pr. 12004 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge 16 Vol.-%: 11 % Olivin [— 2, ganz vereinzelt bis 4,2, meist um 1 mm ϕ ; \pm teildiomorph und oft korrodiert; randlich, z. T. auch vollständig, in „Iddingsit“ umgewandelt], 5 % Klinopyroxen [Al-reiche Augite, $Wo_{41,0} - 44,4$ $En_{42,7} - 46,0$ $Fs_{10,9} - 12,6$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12004); meist $< 0,7$, vereinzelt bis 2,5 mm ϕ ; idiomorph bis teildiomorph, oft agglomeriert mit xenomorpher Kornverschränkung; Zonarbau, meist schalig, z. T. fleckig, selten oszillierend, mit meist helllichtbraunem, selten hellgrünem Kern und nur wenig dunklerem Rand; einzelne größere Einsprenglinge, im Kern sehr stark korrodiert und poikilitisch von Grundmassekomponenten durchsetzt]

Grundmasse ca. 84 Vol.-%: parallel texturiert und vorwiegend intergranular struiert; vorherrschend Plagioklasleisten [Andesin — Labradorit,

Brg. 2

- 16,75 m wie vor; \pm kompakt; einzelne mit Chabasit-, selten mit Phillipsitkristallen ausgekleidete Blasen (≈ 3 cm ϕ); \pm mitteldunkelgrau
- 17,20 m wie vor; feinblasig — schlackig (Sohlzone), stark zersetzt, grusig bis bröckelig; rotviolettstichig braungrau
- 18,20 m *Aschentuff, kristallführend* (meist < 1 , max. 2 mm ϕ); mit Chabasit; mäßig rot (5 R 5/4)
- 19,20 m wie vor; mäßig rötlichbraun (10 R 4/6); nach unten zunehmend lapilliführend (≈ 1 cm ϕ); Bestege von Chabasitkristallen
- 22,10 m *Bomben-Aschen-Lapillituff*, verschweißt; aus meist bräunlichen, stark feinblasigen, z. T. auch grobblasigen Schlackenfragmenten (meist < 6 cm, vereinzelt bis 15 cm ϕ) in einer rostfarbenen, feinkörnigen Matrix; wenig Chabasitkristalle; zwischen 21,4 und 21,6 m u. Gel. \pm kompakte Basaltbombe; undeutlich übergehend in
- 22,70 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; schlackig — blasig (Blasen 1 — 17 mm ϕ); grauviolett
- 23,00 m wie vor; vorherrschend kompakt; grau, mit eingeschlossenen (nach unten abnehmend) braunen, blasig — schlackigen Fragmenten
- 25,80 m wie vor; \pm kompakt bis auf einzelne unregelmäßig geformte Karbonatmandeln; mitteldunkelgrau

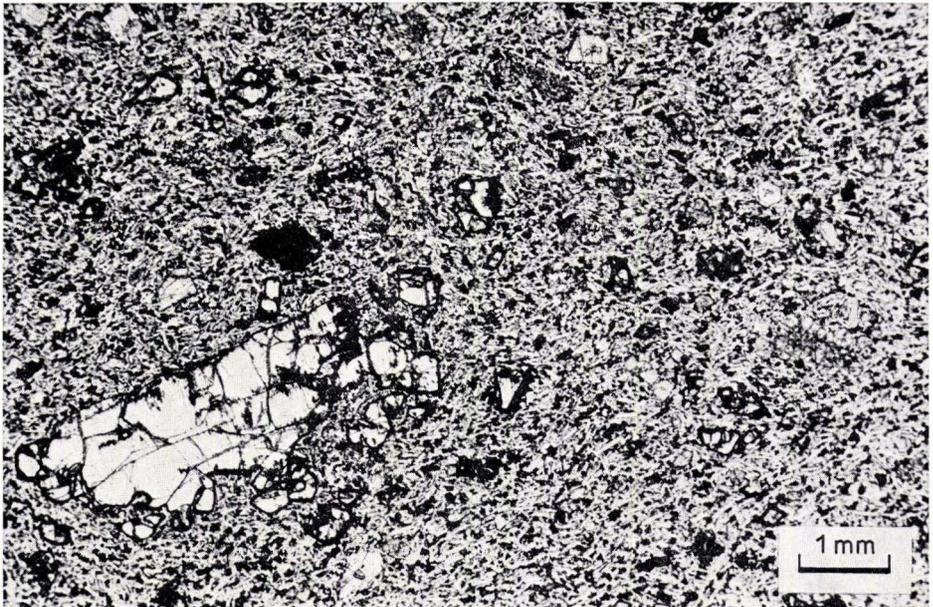


Abb. 21. Alkali-Olivinbasalt zwischen 3,9 und 17,2 m u. Gel. der Brg. 2;
Pr. 12004 (16,3 m u. Gel.), DS 18536.

An_{45,3–57,3}; meist < 0,2, z. T. bis 0,5 mm lang], die z. T. Säume von Alkalifeldspat (Or_{34,5–46,8} An_{3,1–7,5}) haben (vgl. Tab. 6), deutlich zurücktretend kurzprismatischer Klinopyroxen [Al-reiche Augite, Wo_{40,6–45,2} En_{42,1–46,7} Fs_{11,4–15,2} (vgl. Tab. 2, Pr. 12004); meist < 50 µm ϕ], iddingsitisierter Olivin (— 70 µm ϕ), Titanomagnetit (— 40 µm ϕ), etwas kryptokristalline Mesostasis und wechselnde Anteile von Zeolithen

- 19,20 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; aus juvenilen, \pm blasigen Glas- (Sideromelan, orange bis lichtbraun) und Tachylitfragmenten (fast schwarz, opak), die z. T. Einsprenglinge (— 2 mm ϕ) von Klinopyroxen (vereinzelt agglomeriert, helllichtbraun, kaum zonar), Olivin (meist korrodiert und umgewandelt) und vereinzelt von Hornblende führen; einzelne Feldspat-Kristallbruchstücke; vorwiegend zeolithisches Bindemittel
- 22,10 m *Alkalibasaltischer Schlackentuff*; neben vorherrschenden stark blasigen juvenilen Fragmenten mit Einsprenglingen von Olivin und Klinopyroxen treten einzelne \pm kompakte Alkali-Olivinbasalt-Auswürflinge auf
- 34,70 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* (Abb. 22) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12010, 12014, u. Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge bis 20 Vol.-%: ca. 9 — 14 % Olivin [meist Fo_{85–86} Fa_{14–15}, selten Fo_{80,4–81,7} Fa_{18,3–19,6} (vgl. Tab. 3, Pr. 12010); meist < 1,5, vereinzelt bis 5 mm ϕ ; \pm teildiomorph und oft korrodiert; randlich in Iddingsit, in stärker zersetzten Bereichen auch in Viridit und Karbonat um-

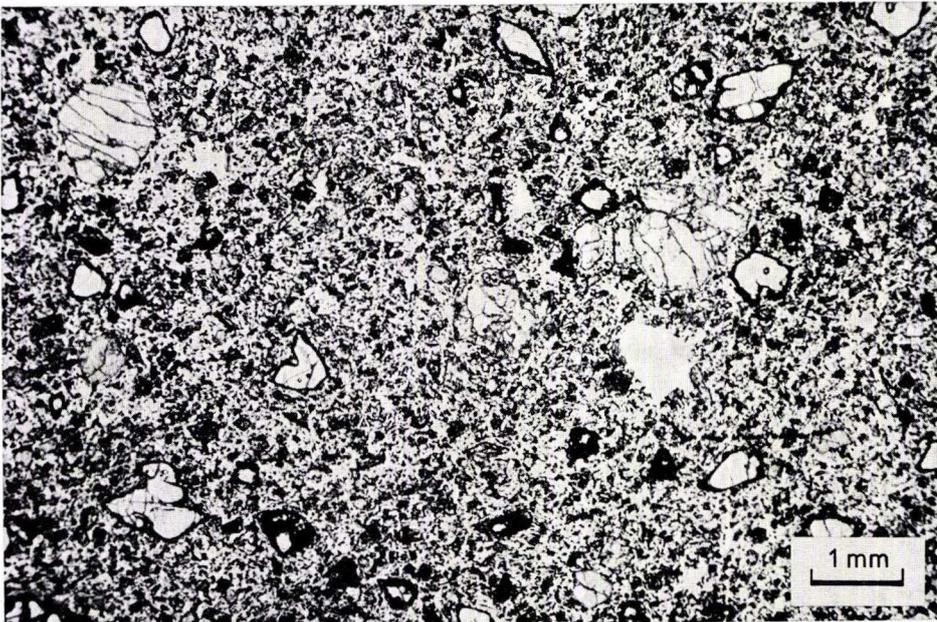


Abb. 22. Alkali-Olivinbasalt zwischen 22,1 und 34,7 m u. Gel. der Brg. 2; Pr. 12010 (23,5 m u. Gel.), DS 18537.

Brg. 2

- 31,20 m wie vor; überwiegend stark zersetzt, mürb und von weißem und gelblichem Bolus durchsetzt; einzelne dunkelblaugraue feste Partien; einzelne Olivin-Augit-Knöllchen ($-1,5$ cm ϕ)
- 34,20 m wie vor; überwiegend kompakt; dunkelblaugrau; einzelne Blasen mit Chabasitkristallen oder Bolus
- 34,70 m wie vor; schlackig; zwischen den grauen, schlackigen Fragmenten tritt aus dem Liegenden aufgenommener brauner Lapilli-Aschentuff auf; wenig Chabasitkristalle

- 34,90 m *Lapilli-Aschentuff*; gelbrötlichbraune Aschenmatrix mit vorherrschend bräunlichen Lapilli (meist $< 0,5$ cm ϕ)

- 36,50 m *Aschen-Lapillituff*; bräunliche, selten graue, \pm feinblasige Lapilli (2—10 mm ϕ , meist < 5 mm ϕ) mit mafischen Einsprenglingen; gräulichgelbe (5 Y 8/4) Aschenmatrix; einzelne grauviolette Lagen; undeutlich geschichtet

- 38,00 m *Aschentuff, mafitkristallführend* (-2 mm ϕ); mäßig gelblichbraun (10 YR 5/4); kleinbröckelig zerfallen

- 40,65 m *Aschen-Lapillituff, mafitkristallführend*; braune und graue Lapilli (meist < 4 mm, max. 1 cm ϕ), in mäßig gelblichbrauner (10 YR 5/4), z. T. dunkelgelblichoranger (10 YR 6/6), \pm bolusdurchsetzter Aschenmatrix

- 42,80 m *Bomben-Lapillituff*; \pm rötlichbraun; \pm stark blasige Fragmente (meist < 4 cm, selten -13 cm ϕ) mit mafischen Einsprenglingen; übergehend in

gewandelt], bis 6 0/0 Klinopyroxen [Al-reiche Augite, Wo_{39,5-45,4} En_{37,9-47,4} Fs_{10,9-18,3}; einzelne Grünkern-Bereiche sind Na-Al-reiche Ferrosalite, Wo_{47,4-48,5} En_{26,7-27,7} Fs_{24,7-24,8} (vgl. Tab. 2, Pr. 12010); meist < 1 mm, max. 2 mm ϕ ; idiomorph bis teildiomorph, z. T. agglomeriert; wechselnd stark korrodiert und vor allem in den Außensäumen, bei Mikro-Einsprenglingen z. T. auch im Kern, mit Grundmassekomponenten oder -pigment durchsetzt; Zonarbau z. T. oszillierend, Farben meist helllichtbraun, bei wechselnder Farbintensität in den einzelnen Zonen; einzelne Einsprenglinge grünlich (hellgrün bis hellgrüngelb pleochroitisch) gefärbt und mit meist nur schmalem hellbraunem Rand], ganz vereinzelt Plagioklase mit Reaktionssäumen

Grundmasse ca. 80 — 86 Vol.-%: \pm parallel texturiert und intergranular struiert; vorherrschend leistenförmige Plagioklase [Andesin — Labradorit. An_{40,4-62,9}; 70 — 380 μ m lang] mit breiten, oft zwickelfüllenden Säumen von Alkalifeldspat [K-Oligoklas, Ca-Anorthoklas bis Sanidin (Or_{13,6} An_{19,6} bis Or_{43,6} An_{7,7} (vgl. Tab. 6, Pr. 12010)] die oft reichlich Apatitnadeln einschließen, zurücktretend kurzprismatische Klinopyroxene [Al-reiche Augite (selten Salite), Wo_{40,7-46,9} En_{35,8-45,6} Fs_{11,4-20,6} (vgl. Tab. 2, Pr. 12010); serial in die Einsprenglingsphase übergehend], iddingsitisierte Olivine, Titanomagnetite und reichlicher als in der Lage von 3,9 — 17,2 m u. Gel. grünliche kryptokristalline Mesostasis

Ganz selten sind Einschlüsse aus Orthopyroxenen und Olivin (— 3,2 mm ϕ) sowie aus Plagioklas und Klinopyroxen (— 3,4 mm ϕ) zu finden.

Als Zersetzungsprodukte und Blasenfüllungen kommen Karbonate vor.

- 101,00 m *Alkalibasaltische Tuffolge; aus \pm blasigen, wechselnd Einsprenglinge (Klinopyroxen, Olivin, Hornblende) führenden juvenilen Fragmenten (Sideromelan bis Tachylit) von Aschen-, Lapilli- und Bombengröße*
- 34,90 m *Alkalibasaltischer Lapilli-Aschentuff; aus braungelben bis schwarzen blasigen Glasparkeln, die selten Plagioklasmikrolithe sowie Einsprenglinge von Klinopyroxen [— 2,2 mm ϕ , z. T. agglomeriert; \pm zonar, meist helllichtbraun, selten grünlich], Olivin [— 1,8 mm ϕ ; \pm teildiomorph und korrodiert; meist nur randlich zersetzt] und ganz vereinzelt von \pm resorbiertem Plagioklas (— 0,9 mm ϕ) führen*
- 36,50 m *Alkalibasaltischer Aschen-Lapillituff; aus gelbbraunlichen stark blasigen, und zurücktretend aus schwärzlichen schwächer blasigen, z. T. Plagioklasmikrolithen führenden Glasfragmenten mit Einsprenglingen von Olivin (— 1,5 mm ϕ ; sowohl frisch als auch vollständig iddingsitisiert), seltener von Klinopyroxen (— 2,8 mm ϕ , oft agglomeriert), sowie vereinzelt von resorbiertem Plagioklas (— 1,2 mm ϕ); einzelne Plagioklas-Klinopyroxen-Knöllchen (— 2,5 mm ϕ)*
- 38,00 m — — —
- 40,65 m *Alkalibasaltischer Aschen-Lapillituff; aus blasigen Glasparkeln (wie vor) mit Einsprenglingen von Klinopyroxen (— 1,5 mm ϕ , z. T. agglomeriert), Olivin (— 2 mm ϕ , vollständig zersetzt) und vereinzelt von Hornblende (— 3,2 mm ϕ), gelblichbrauner Bolus*
- 42,80 m *Alkalibasaltischer Bomben-Lapillituff; aus \pm verschweißten, \pm blasigen Fragmenten, die in einer meist stark erzdurchstäubten Grundmasse mit einzelnen zersetzten Plagioklasleistchen reichlich Einsprenglinge von Klinopyroxen [— 2,8 mm ϕ ; häufig agglomeriert; zonar, meist \pm helllichtbraun,*

Brg. 2

- 101,00 m *Bomben-Lapillituff, verschweißt* (Schweißschlackentuff); stark blasige Lapilli und Bomben (1 — 31 cm ϕ) mit reichlich Mafiteinsprenglingen und z. T. auch mit Peridotitknöllchen (— 2,6 mm ϕ); häufig Chabasitkristalle, stellenweise Phillipsit und Calcit, bei 54,5 — 67 m u. Gel. auch Analcim; braunrot, violettrot, graurot, grau, rotbraun, gelbbraun; bei 69,10 m u. Gel. Brocken von gefrittetem weißem Sandstein; zwischen 66,80 und 67,50 m u. Gel. kein Kern vorhanden; undeutlich übergehend in
- 103,00 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; von blasigen Schlackenfragmenten reichlich durchsetzte Zone; violettstichig grau; in Blasen einige Chabasitkristalle
- 105,50 m wie vor; überwiegend kompakt; im obersten Teil einzelne Mandeln mit Chabasit und Calcit; mitteldunkelgrau
- 106,30 m wie vor; autoklastische Breccie; Brocken durch Karbonate und Zeolithe verkittet; auf Klüften reichlich Chabasit und weniger Phillipsit
- 125,80 m wie vor; kompakt bis auf einzelne, max. 2,5 cm lange, flache Zeolithmandeln; auf Klüften häufig Kristalle von Chabasit, seltener von Phillipsit und Calcit; an Basis viel weniger Einsprenglinge; uneben (z. T. leicht eingewühlt) aufliegend auf
- 127,00 m *Lapilli-Aschentuff, mafitkristallreich*, nach unten zunehmend lapilliführend; Lapilli meist $< 0,5$ cm ϕ und mit Pyroxeneinsprenglingen; \pm rötlichbraun; in Hohlräumen außer Chabasit- und Phillipsit- auch Mesolithkristalle
- 127,55 m *Aschen-Lapillituff, mafitkristallreich*; Fragmente meist $< 0,5$ cm ϕ ; von rötlichviolett in braungelb übergehend; in einzelnen Hohlräumen viel Phillipsit und wenig Chabasit
- 139,20 m *Basanit, porphyrisch*; braungrau; reichlich durchsetzt von Mandeln und Drusen (— 1 cm ϕ) mit Chabasit, Phillipsit und Calcit, besonders im Bereich brecciöser Zonen (129,30 — 130, 130,15 — 130,40, 132,80 — 133,35 m. u. Gel.); Kernverlust von 138,00 — 138,80 m. u. Gel.

selten im Kern grünlich], seltener von Olivin (— 1,5 mm ϕ , meist vollständig zersetzt) und vereinzelt von Hornblende (— 1 mm ϕ ; frisch) sowie von Biotit [— 0,7 mm ϕ , ganz selten mit Klinopyroxen agglomeriert (— 2 mm ϕ)] führen

- 101,00 m *Alkalibasaltischer Bomben-Lapillituff*; aus verschweißten, blasigen Schlackenfragmenten (wie vor) mit sehr reichlich Einsprenglingen von Klinopyroxen, \pm opacitisierter Hornblende, zersetztem Olivin und Picotit; einzelne „Olivinknollen“ [— 2,6 cm ϕ ; einmal mit gerichtetem Gefüge]; reichlich Zeolithe in Hohlräumen

- 125,80 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* (Abb. 23) [zum Chemismus und Modalbestand Tab. 7 — 9, Pr. 12048, 12054, 12055 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge 21 — 31 Vol.-%: ca. 7 — 15 % Olivin [Fo₇₄ — 82,7 Fa_{17,3} — 25,9 (Großeinsprenglinge mit Fo_{89,7} Fa_{10,2}) (vgl. Tab. 3); meist < 1 mm, max. 5 mm ϕ ; \pm teildiomorph und korrodiert; häufiger von Viridit als von Iddingsit verdrängt], 12 — 18 % Klinopyroxen [vorw. Al-reiche Augite, Wo_{42,7} — 45,7 En_{38,3} — 45,5 Fs_{10,6} — 16,0 (Tab. 2, Pr. 12054); meist < 1 mm, max. 3,3 mm ϕ ; idiomorph — teildiomorph, oft agglomeriert, z. T. korrodiert und mit Einschlüssen von Grundmassekomponenten durchsetzt; Zonarbau, z. T. oszillierend], ganz vereinzelt \pm resorbierter Plagioklas (\approx An₅₀; — 1,6 mm ϕ) und Alkalifeldspat (— 1,3 mm ϕ)

Grundmasse 68 — 79 Vol.-%: vorherrschend Plagioklas [Andesin — Labradorit, An_{48,5} — 55,8, oft mit Anwachssäumen aus Alkalifeldspat, Or_{11,7} — 36,5 An_{18,8} — 8,5 (vgl. Tab. 6, Pr. 12054)], zurücktretend kurzprismatischer Klinopyroxen [Ti-reiche Salite, Wo_{45,0} — 46,4 En_{39,6} — 42,6 Fs_{13,0} — 14,7 (Tab. 2, Pr. 12054)], viriditisierte und/oder iddingsitisierte Olivinkörnchen, Titanomagnetit, kleine Biotitfitterchen, Apatitnadelchen, \pm chloritisierte Mesostasis und, abhängig von der Erhaltung, Karbonate als Zersetzungsprodukte und als Hohlraumfüllungen

- 127,55 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; aus \pm blasigen Glasfragmenten mit sehr reichlich Einsprenglingen von Klinopyroxen \gg Olivin (zersetzt), Hornblende (frische Kristallbruchstücke), Plagioklas (\pm resorbiert und zersetzt) in gelblicher, orangegebor, rötlicher bis schwarzer Glasbasis; zeolithisches Bindemittel vorherrschend

- 139,20 m *Basanit, porphyrisch* (Abb. 24) [zum Chemismus und Modalbestand s. Tab. 7 — 9, Pr. 12060 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge ca. 31 Vol.-%: ca. 13 % Olivin (0,26 — 2,1 mm ϕ ; randlich iddingsitisiert), ca. 19 % Klinopyroxen [Al-reiche Salite, Wo_{46,5} — 47,2 En_{41,3} — 43,1 Fs_{9,9} — 11,9 (vgl. Tab. 2, Pr. 12060); max. 2,6 mm ϕ ; idiomorph bis teildiomorph, z. T. agglomeriert; Zonarbau, mit meist hellichtbraunem, ganz selten hellgrünem Kern und etwas dunkler braunem, z. T. schwach lilastichigem Rand]

Grundmasse ca. 69 Vol.-%: leistenförmiger Plagioklas [Labradorit, An_{47,5} — 63,5 (vgl. Tab. 6, Pr. 12060); 75 — 300 μ m lang], Klinopyroxen [Ti-Al-reiche Salite, Wo_{47,0} — 48,8 En_{31,9} — 43,0 Fs_{9,6} — 19,4 (vgl. Tab. 2, Pr. 12060); meist 40 — 100 μ m lang], iddingsitisierte Olivin, Titanomagnetit, Analcim (meist nesterartig angereichert, von büschel- und fadenförmigen Mikrolithen aus Biotit und Ilmenit durchsetzt) und in kleinen Restwickeln und Bläschen blaßgrüne kryptokristalline Mesostasis

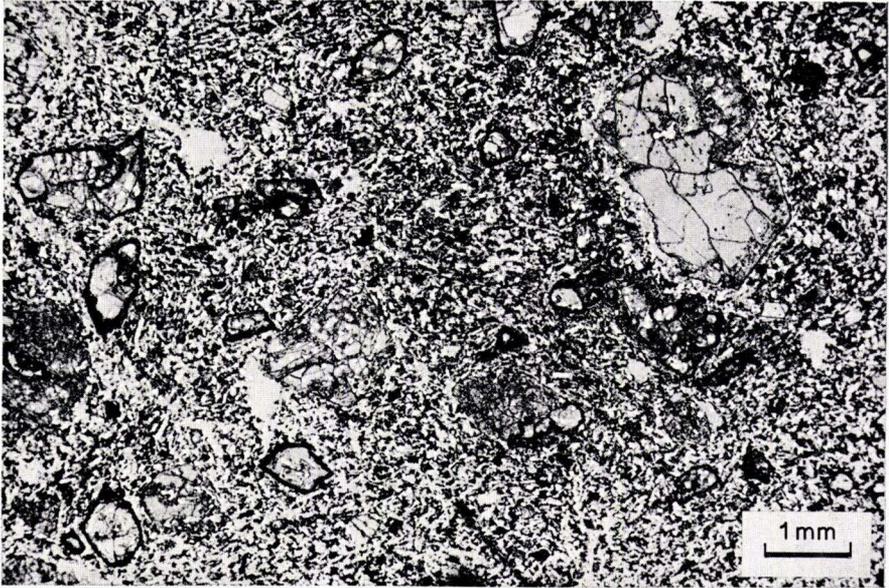


Abb. 23. Alkali-Olivinbasalt zwischen 101,0 und 125,8 m u. Gel. der Brg. 2; Pr. 12048 (104,8 m u. Gel.), DS 18547.

Brg. 2

- 145,15 m *Bomben-Lapillituff, verschweißt*; einzelne dunkelgraue, \pm blasige Bomben (≈ 14 cm ϕ) sowie reichlich rotbraune, graurote, grauviolette, meist stark feinblasige, z. T. fast schaumige Schlackenfragmente (meist 2—10 cm, max. 20 cm ϕ); meist mit reichlich Pyroxeneinsprenglingen bis max. 5 mm ϕ) liegen in bräunlicher (≈ 142 m u. Gel.) bzw. rotbrauner (142,80—145,15 m. u. Gel.) Lapilli-Aschenmatrix (meist $< 0,4$ cm ϕ); zwischen 142 und 142,80 m u. Gel. violettgrauer Schweißschlackentuff; reichlich Zeolithe (Chabasit und Phillipsit) als Bestege und Hohlraumfüllungen; unscharf übergehend in
- 147,30 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; einzelne Peridotitknöllchen bis 1 cm ϕ ; reichlich durchsetzt von Gängchen und kleinen Hohlräumen mit Chabasitkristallen; braunstichig grau
- 168,50 m wie vor; kompakt; \pm dunkelgrau bis dunkelblaugrau; lagenweise klein-knollige Absonderung (≈ 2 cm ϕ)
- 169,40 m wie vor; mit reichlich flach ausgezogenen Blasen, einige davon mit Chabasitkristallen

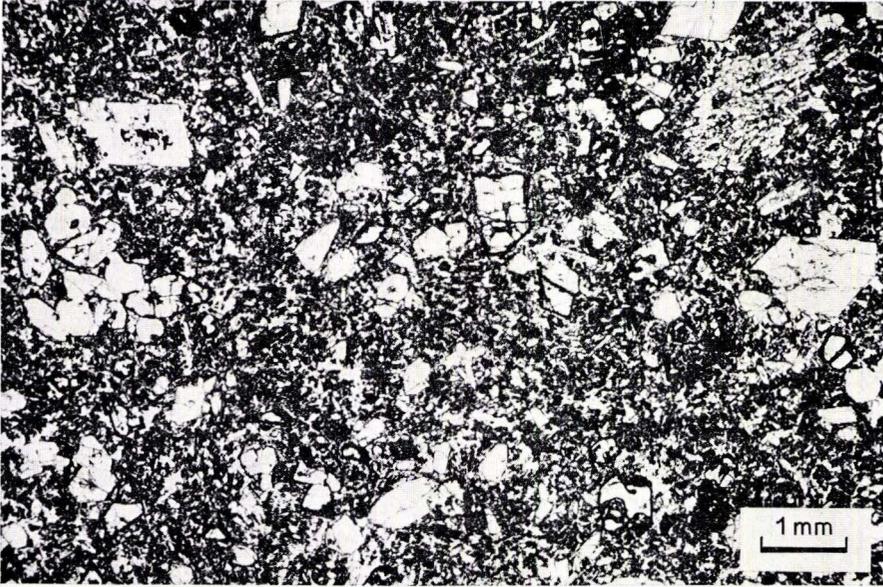


Abb. 24. Basanit zwischen 127,55 und 139,20 m u. Gel. der Brg. 2;
Pr. 12060 (132,7 m u. Gel.), DS 18556.

- 145,15 m *Alkalibasaltischer Schlackentuff*; aus meist stark blasigen, juvenilen Fragmenten mit reichlich Einsprenglingen von Klinopyroxen und wesentlich seltener von zersetztem Olivin

- 169,40 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* (Abb. 25) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12068, 12069, 12070 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge ca. 25 — 38 Vol.-%: 9 — 12 % Olivin [— 2,7 mm ϕ ; \pm teildiomorph und korrodiert; meist randlich iddingsitisiert (z. T. auch hämatitisiert), selten viriditisiert], 15 — 27 % Klinopyroxen [Al-reiche Augite bis Salite, $Wo_{43,7-47,9}$ $En_{35,6-40,3}$ $Fs_{13,1-16,9}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12069), die oft von Grundmasseeinschlüssen und -pigmenten intensiv durchsetzt sind; einzelne einschlußfreie, weitgehend resorbierte Reliktbestände aus Augit, $Wo_{38,2-40,1}$ $En_{46,1-49,6}$ $Fs_{12,0-13,7}$; meist < 1 mm, max. 5,5 mm ϕ ; \pm teildiomorph, oft agglomeriert; Zonarbau]

Grundmasse 62 — 75 Vol.-%: vorherrschend subparallel angeordnete Leisten aus Plagioklas [meist Labradorit, $An_{49,2-63,9}$ (selten Andesin um An_{45}) (vgl. Tab. 6, Pr. 12069); z. T. mit Anwachsäumen aus (?) Alkalifeldspat], zurücktretend kurzprismatischer Klinopyroxen [Augite bis Salite, $Wo_{43,6-46,3}$ $En_{38,9-45,4}$ $Fs_{10,9-14,9}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12069)], iddingsitisierter Olivin, Titanomagnetit, Biotitfitterchen, Apatitnadelchen, \pm chloritisierte kryptokristalline Mesostasis

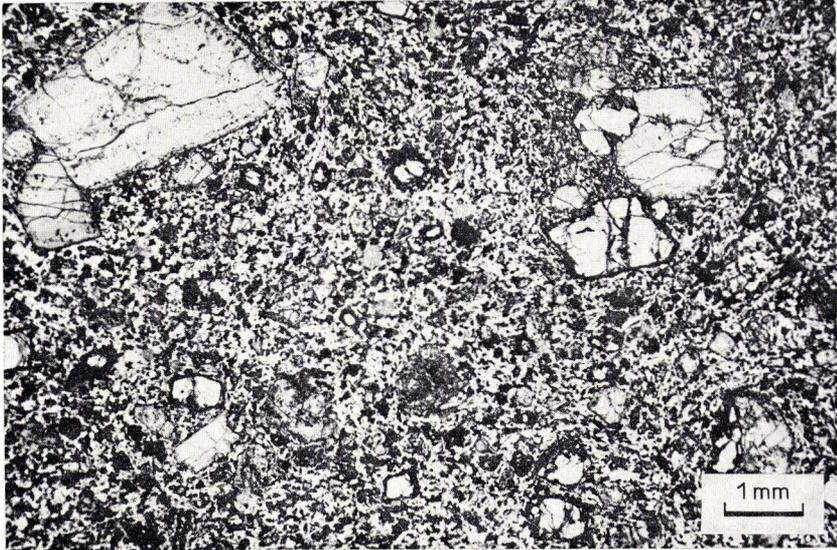


Abb. 25. Alkali-Olivinbasalt zwischen 145,15 und 169,40 m u. Gel. der Brg. 2; Pr. 12070 (165,4 m u. Gel.), DS 18563.

Brg. 2

- 171,00 m *Lapilli-Aschentuff, mafitkristallführend*; grauviolette und braungraue, \pm feinblasige, einsprenglingsreiche (Pyroxen $>$ Olivin) Fragmente (meist 1—5 cm, max. 1— cm ϕ) liegen in ziegelroter, mafitkristallführender Aschenmatrix; selten Blasen mit einigen Chabasitkristallen; nach unten Zunahme der größeren Schlackenfragmente; unscharf übergehend in
- 177,00 m *Alkali-Olivinbasalt, analcimführend, serial-porphyrisch*; vorwiegend schweißschlackig, lagig kompakt (nach unten zunehmend); zwischen den grauen, violettgrauen und braungrauen Fragmenten z. T. bräunliche, aschen- bis lapillituffartige Matrix; in Blasen reichlich Kristalle von Chabasit, weniger häufig von Phillipsit und Calcit; bei 171,5 m Kluft mit Kristallen von Aragonit und Chabasit; bei 175,2 m Offretit in Form tafelig oder sphärolithisch verwachsener Aggregate, selten auch Faujasitkristalle zu Gruppen verwachsen; unscharf übergehend in
- 183,00 m wie vor; überwiegend kompakt bis auf einzelne stark verschweißte schlackige Partien; vor allem auf Klüften Chabasitkristalle; \pm violettstichig braungrau, schlierig braun; unscharf übergehend in
- 205,66 m wie vor; kompakt; nur bei 184,2 m blasige Zone mit Chabasitkristallen; \pm mitteldunkelgrau bis dunkelblaugrau; wenig geklüftet; z. T. starker Sonnenbrenner (z. B. zwischen 204,70 und 205,66 m u. Gel.); bei 205,66 m u. Gel. ohne Grenzmerkmale unmittelbar aufliegend (Abb. 28 — 30) auf

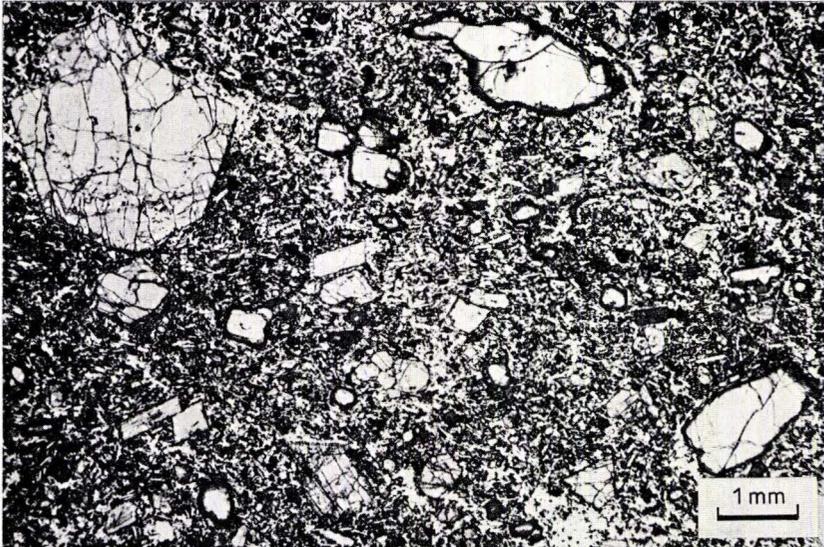


Abb. 26. Alkali-Olivinbasalt zwischen 171 und 205,66 m u. Gel. der Brg. 2; mit Einsprenglingen von Klinopyroxen und Olivin; Pr. 12083 (197,2 m u. Gel.), DS 18568.

- 171,00 m *Alkalibasaltischer Aschentuff*; aus \pm blasigen, einsprenglingsreichen (Klinopyroxen > Olivin) juvenilen Glasfragmenten
- 205,66 m *Alkali-Olivinbasalt* (im unteren Teil *hawaiitisch*), *analcimführend*, *serialporphyrisch* (Abb. 26 — 30) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12081, 12082, 12083, 12084, 15539, 15529/1, 15540, 15529/2a und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge 15 — 25 Vol.-%: 2,7 — 7,7 % Olivin [Fo_{84,8–88,3} Fa_{11,7–15,2} und Fo_{79,6–81,2} Fa_{18,8–20,4} (vgl. Tab. 3, Pr. 12084, 15529/2)]; — 2 mm ϕ , ganz vereinzelt Großeinsprenglinge — 6,3 mm ϕ ; \pm teildiomorph und korrodiert; meist randlich iddingsitisiert, seltener viriditisiert], 9 — 17,5 % Klinopyroxen [Ti-Al-reiche Salite, Wo_{44,4–47,2} En_{35,1–41,0} Fs_{14,4–18,2}, ganz vereinzelt mit großen grünlichen Kernbereichen aus Na-reichem Salit bis Na-Salit (Na₂O = 1,04 — 2,00 Gew.-%), Wo_{46,9–48,8} En_{29,0–34,5} Fs_{17,4–22,4} (vgl. Tab. 2, Pr. 12084)]; max. 1,6 mm ϕ ; idiomorph bis teildiomorph, selten agglomeriert; Grundmasseeinschlüsse meist nur in den äußersten Randzonen], in den untersten 1 — 2 m bis 1,5 % opacitisierte Hornblende (— 2 mm ϕ)

Grundmasse ca. 75 — 85 Vol.-%; \pm subparallel texturiert; leistenförmiger Plagioklas (Andesin bis Labradorit, An_{39,6–59,0}, meist > An₅₀; — 250 μ m lang) und z. T. Säume aus Alkalifeldspat (meist Ca-Anorthoklas, Or_{21,8–33,6} An_{8,1–16,2} selten Sanidin, Or_{45,5} An_{4,5}; vgl. Tab. 6, Pr. 12084, 15529/2), kurzprismatischer Klinopyroxen [Ti-Al-reiche Salite, Wo_{44,7–47,8} En_{36,4–39,6} Fs_{11,1–17,8} vgl. Tab. 2, Pr. 12084)], reichlich nesterartig (1 — 2 mm ϕ) angereicherter Analcim, Titanomagnetit, Biotitfitterchen und Zeolith in Zwickeln und Bläschen

Brg. 2

- 208,35 m *Leuko-Latit*, \pm *aphyrisch*; kompakt; mittelblaugrau; bis 25 cm unterhalb der Grenze bei 205,66 m u. Gel. mit einzelnen Alkali-Olivinbasalt-Xenolithen durchsetzt [Linsen bis > 8 cm (Bohr- ϕ) sowie Xenokristalle; vgl. Abb. 28 — 31]; zwischen 206,80 und 207,70 m u. Gel. steile Spalte, gefüllt mit ockerfarbenem, brecciösem Bolus, der in Hohlräumen hellviolette, nierig-traubige Oberflächen bildet; etwas Calcit; bei 207,00 m u. Gel. hellgrünlich-gelber, \pm geschichteter Bolus (? ehemalige Sedimenteinschlüsse)
- 208,60 m wie vor; feinschlackig; uneben aufliegend und eingewühlt in

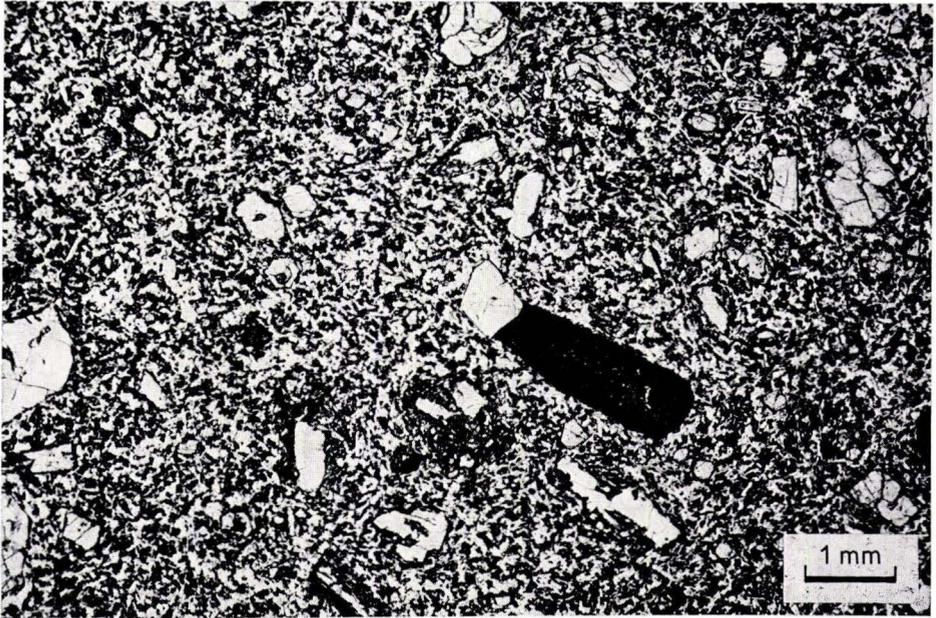


Abb. 27. Unterer Bereich der gleichen Lage wie in Abb. 26 mit weniger Olivin-, aber einigen opacitisierten Hornblende- neben den vorherrschenden Klinopyroxeneinsprenglingen; Pr. 12084 (204,5 m u. Gel.), DS 18569.

- 209,05 m *Aschen-Lapillituff*; violettstichig graue, hellgraue, braungraue und rotbraune, feinblasige Lapilli (3—8 mm ϕ) mit einzelnen Hornblendeinsprenglingen (~ 1 mm ϕ); uneben übergehend in
- 209,50 m *Aschentuff*, *kristallführend* [Hornblende (~ 2 mm ϕ), Pyroxen, Feldspat], einzelne Quarzkörnchen; ziegelrot, von hellem Bolus durchadert; übergehend in
- 211,00 m *Lapilli-Aschentuff*; ziegelrot; Einstreuung von stark blasigen Fragmenten (bis 8 cm ϕ)
- 213,00 m Kernverlust

— 208,60 m *Leuko-Latit*, \pm *aphyrisch* (Abb. 30—33) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7—9, Pr. 15529/2b, 15541, 15529/3, 15542, 15531, 15532, 15397, 12085/7, 12085/8, 15398 und Taf. 4, 6 u. 7]

In seinen obersten 25 cm ist der Latit unregelmäßig von Xenolithen aus dem hangenden Alkali-Olivinbasalt durchsetzt [mit Gesteinslinsen bis 8 cm ϕ und mit 1—1,5 Vol.-% Xenokristalle von Klinopyroxen (— 0,8 mm ϕ) und ganz selten von Olivin (— 0,5 mm ϕ); xenolithische Klinopyroxeneinsprenglinge kommen in Spuren auch noch weiter unten vor

Außer diesen xenolithischen Einsprenglingen kommen an weiteren Einsprenglingen vor: \approx 1% Hornblende (0,16—1 mm ϕ ; im oberen Teil bis auf einzelne Kernbereiche weitgehend opacitiert und angerundet, im unteren Bereich z. T. vollständig frisch und \pm idiomorph), bis zu 1% Feldspat [\pm resorbierte Oligoklase und Alkalifeldspäte, die randlich meist mit Grundmassepigment durchsetzt sind, wobei die Alkalifeldspäte meist xenomorph agglomeriert vorkommen (— 2,5 mm ϕ)], Spuren von Apatitnadeln (bis 320 μ m lang)

Grundmasse: fluidal texturiert (z. T. auch laminiert); ganz überwiegend aus leistenförmigem (100—650 μ m lang) Feldspat [Plagioklas (Oligoklas—Andesin, An_{17-45} , im oberen Bereich meist $> An_{30}$, im mittleren und unteren Bereich meist $< An_{30}$) scheinen nach den EM-Messungen reichlicher zu sein als Alkalifeldspäte (K-Oligoklase, Anorthoklase und Sanidine, Or_{10-50} $An_{14-1,6}$), die sowohl Randsäume um Plagioklase als auch selbständige Leisten bilden sowie Zwickel füllen (vgl. Tab. 6, Pr. 15529/2b, 15397, 15398 und Abb. 67)], dazwischen nadelige (20—150 μ m lang) Klinopyroxensäulchen [Na-Ti-reiche Salite, $Wo_{46,4-47,9}$ $En_{30,4-33,7}$ $Fs_{19,2-23,0}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 15529/2b, 15398)], Titanomagnetit (10—30 μ m ϕ) und wenig Mesostasis

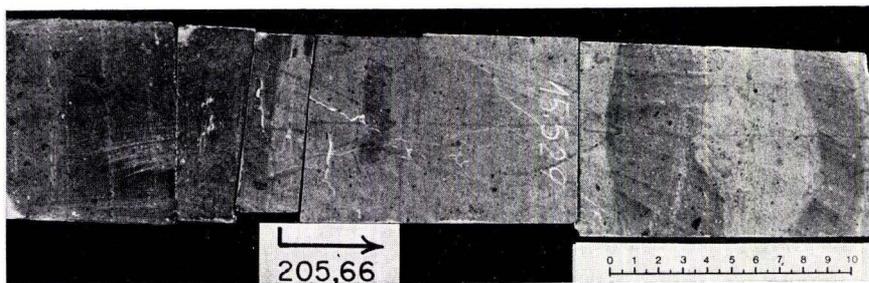


Abb. 28. Grenzbereich des Alkali-Olivinbasaltes (links) zum Leuko-Latit (rechts) in dem Bohrkern der Brg. 2; Grenze bei 205,66 m u. Gel.; der Leuko-Latit ist in seinen obersten 25 cm von xenolithischen Alkali-Olivinbasalt-Einschlüssen (dunklere Bereiche) durchsetzt (Kernstücke leicht angefeuchtet).

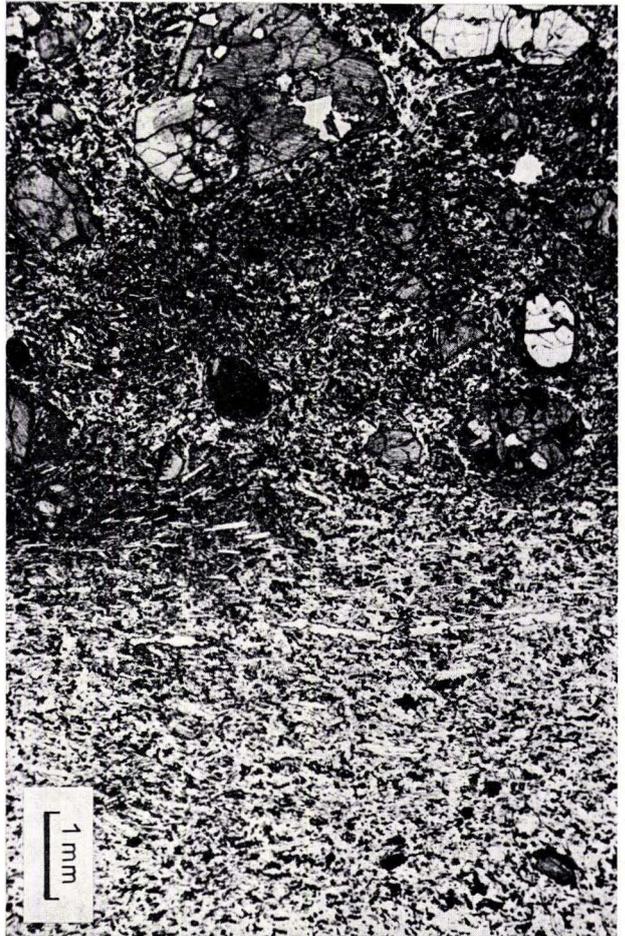
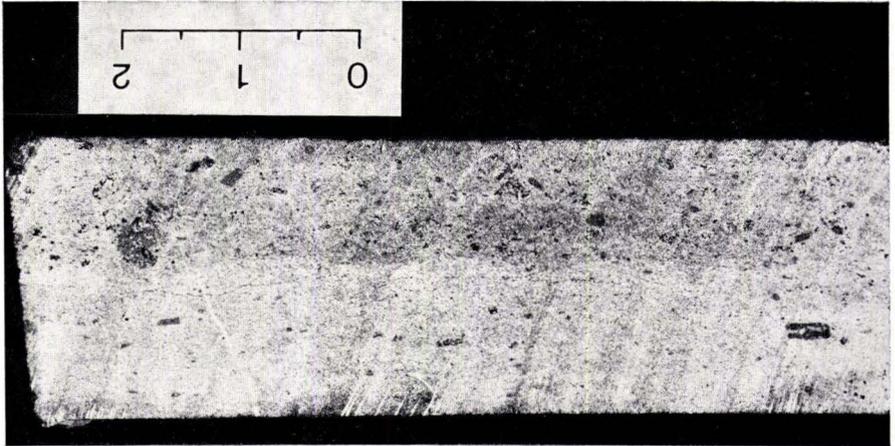


Abb. 29./30.
 Unmittelbare Grenze
 (Kernmitte bzw. Bildmitte)
 des Alkali-Olivinbasaltes
 (oben: dunkler, stärker por-
 phyrisch) zum Leuko-Latit
 (unten: heller, fast aphy-
 risch) bei 205,66 m u. Gel. in
 Brg. 2; Pr. 15529/2 (205,65 —
 205,67 m u. Gel.), DS 21836.

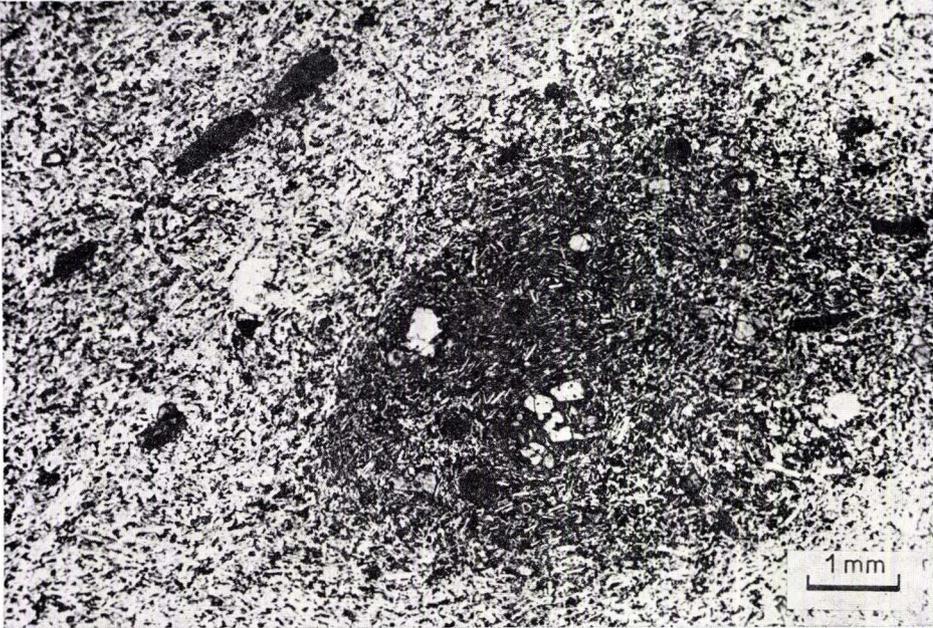


Abb. 31. Leuko-Latit mit Einschluß von Alkali-Olivinbasalt (dunkler Bereich in der rechten Bildhälfte); Pr. 15529/4 (205,73 m u. Gel.; Brg. 2), DS 21838.

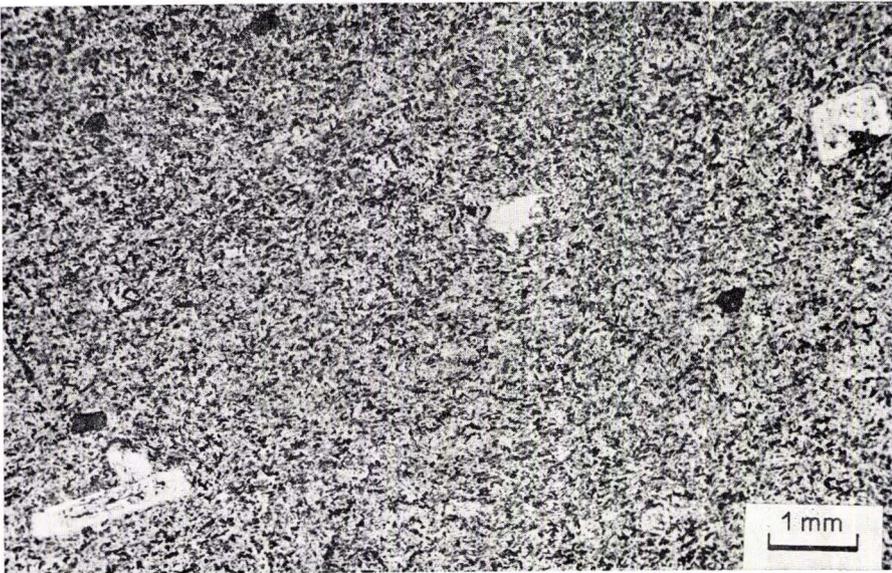


Abb. 32. Leuko-Latit mit einzelnen Einsprenglingen von Plagioklas, opacitisierter Hornblende und Klinopyroxen; Pr. 15530 (206.05 m u. Gel.; Brg. 2), DS 21841.

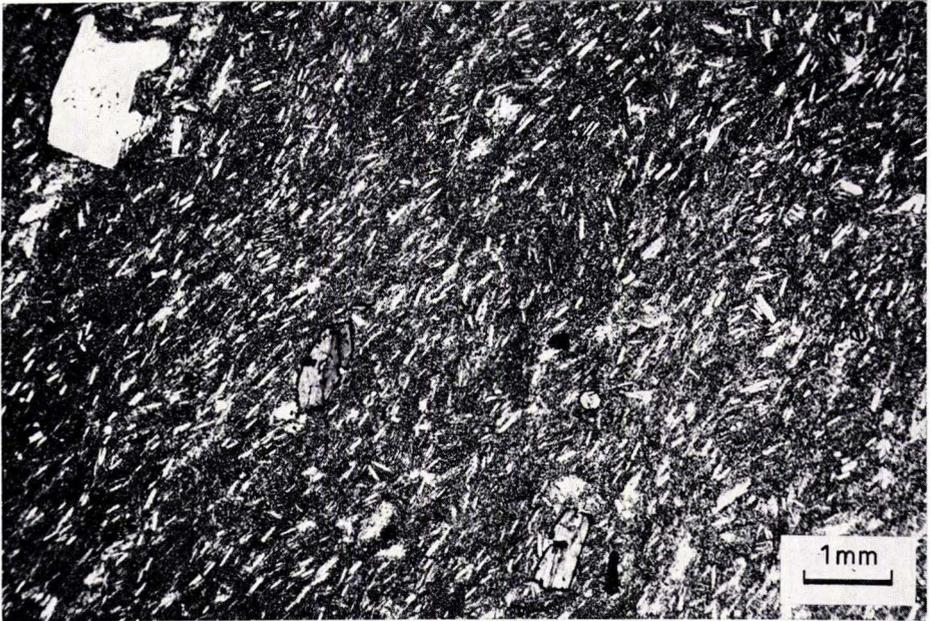


Abb. 33. Unterer Bereich des Leuko-Latits mit einzelnen Einsprenglingen von Plagioklas und fast frischer Hornblende; Pr. 15398/1 (208,3 m u. Gel.; Brg. 2), DS 21830.

Brg. 2

- 216,80 m *Analcim-Hawaiit*, \pm *aphyrisch*; feinschlackig, verschweißt (lapillituffartig aussehend); Fragmente feinblasig, bolusmandelig; bis 215 m u. Gel. rotviolett gefärbt, darunter von grünstichig graurosa in gelbbraun übergehend
- 234,40 m wie vor; kompakt; dunkelgraublau; meist mit massenhaften, eng benachbarten, hellgrauen Sonnenbrandflecken (meist 2 — 5 mm ϕ) durchsetzt und davon ausgehender intensiver Rißbildung (nach 4jähriger Lagerung!); einzelne Trümchen und Drusen; in den unteren 10 cm einzelne basisparallel ausgezogene Blasen; überwiegend mit Phillipsitkristallen, selten Chabasit
- 234,60 m *Phäno-Alkali-Olivinbasalt*, *stark porphyrisch* [Pyroxen ($-$ 5 mm ϕ) $>$ Olivin (iddingsitisiert)], schlackig, graurotbraun; etwas Chabasit; übergehend in
- 236,00 m wie vor; blasig-drusig; Chabasitbestege; rötlichviolett; übergehend in
- 238,55 m wie vor; vorherrschend kompakt; einzelne unregelmäßig geformte Zeolithmandeln und -drusen (Chabasit); violettstichig grau; übergehend in
- 241,10 m wie vor; \pm grobschlackig; mit vielen, unregelmäßig geformten Hohlräumen und Mandeln ($-$ 2 cm ϕ), die überwiegend mit Chabasit und etwas Phillipsit ausgekleidet bzw. gefüllt sind; braunschlierig grau

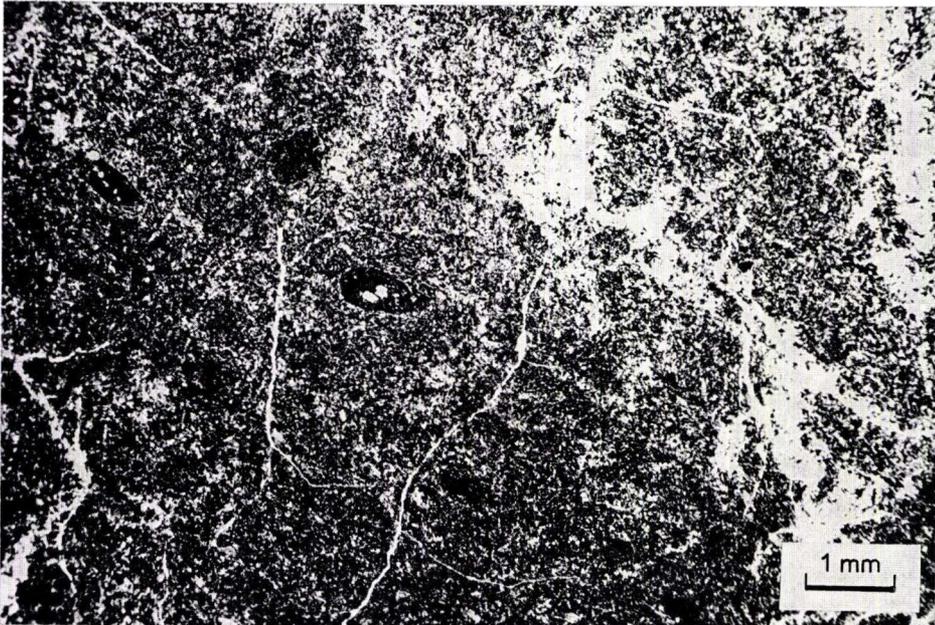


Abb. 34. Analcim-Hawaiiit zwischen ca. 213 und 234,4 m u. Gel. der Brg. 2;
Pr. 12093 (~ 231,60 m u. Gel.), DS 18574.

— 234,40 m *Analcim-Hawaiiit*, \pm *aphyrisch* (Abb. 34) [zum Chemismus vgl. Tab. 7 — 9,
Pr. 12090, 12093, 12094 und Taf. 6 u. 7]

Mikroeingrenglinge bis ca. 5 Vol.-%: Olivin (100 — 700 μm , meist < 300 μm ϕ ; meist vollständig viriditisiert, selten iddingsitisiert); ganz selten Klinopyroxen (170 — 500 μm ϕ) sowie einzelne, \pm abgerundete, vollständig opacitisierte Hornblenden (\sim 500 μm , einmal — 1,92 mm ϕ).

Grundmasse: schlierig und \pm subparallel texturiert; in einem Gerüst aus vorherrschend Klinopyroxen [Ti-Al-Salite, $\text{Wo}_{46,2-47,9}$ $\text{En}_{33,4-38,2}$ $\text{Fs}_{14,0-18,9}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12090); 60 — 180 μm lange Nadeln], zurücktretend Titanomagnetitkörnchen (< 15 μm ϕ) und einzelnen Biotitfitterchen sind meist in mafitäreren Nestern, Schlieren und Trümchen Analcim (oft mit Zeolithen zusammen) und zurücktretend Feldspat [Oligoklas, $\text{An}_{22,9-31,4}$ und Alkalifeldspat, $\text{Or}_{47,7-56,6}$ $\text{An}_{2,1-4,2}$ (vgl. Tab. 6, Pr. 12090)] angereichert

Einzelne mafitärere Bereiche sind deutlich grobkörniger und bestehen aus Feldspat, Analcim, Zeolithen, Ti-Al-Saliten, Biotitblättchen (oft nadelig aussehende Querschnitte) und langen Apatitnadelchen. Apatit und Biotit sind besonders reichlich im Analcim eingelagert. Zeolithe kommen außer in Trümchen auch in Bläschen vor.

Brg. 2

- 245,95 m *Phäno-Olivin-Hawaiit, serial-mikroporphyrisch*; schweißschlackig bis brecciös, z. T. kompakt, z. T. schlackig — brockig und von bolusverkitteten lapillituffartigen Zonen durchzogen, die aus \pm stark feinblasigen Fragmenten (2 — 30 mm ϕ , meist mit Feldspateinsprenglingen) und einer hellgelben und ockerfarbenen Bolusmatrix bestehen (besonders reichlich in den unteren 2 m), teils blasig und mit Chabasitkristallen

- 246,25 m *Lapilli-Aschentuff*, gelbgrün — braungrau

- 246,40 m wie vor; hellgrau zersetzte, flache und \pm orientierte, \pm feinblasige Lapilli (2 — 8 mm ϕ) liegen in grünlicher (5 GY 7/2 bis 5 GY 5/2), feinkörniger Aschenmatrix

- 249,00 m *Lapilli-Aschentuff, xenolithreich*, schlecht sortiert; Auswürflinge (meist $< 0,5$, max. 1,2 cm ϕ) aus weiß- und hellgrauem, meist kompaktem Trachyt (porphyrisch und dicht) sowie aus rotbraunen Schluff- und Feinsandsteinen sind unsortiert eingestreut in fahlgelblichbrauner (10 YR 6/2) Aschenmatrix mit sehr reichlich Kristallen bzw. Kristallbruchstücken von Alkalifeldspat (~ 2 mm ϕ), zurücktretend Hornblende und Pyroxen sowie Quarz- und Quarzitkörnchen

- 251,55 m *Hawaiit, mäßig porphyrisch*; wechselnd blasig; Dach- und Sohlbereiche stark blasig bis schwach schlackig, Blasen (max. 2,5 cm lang) mit Chabasit- und Phillipsitkristallen, z. T. dunkelolivgrüne Bolusfüllung

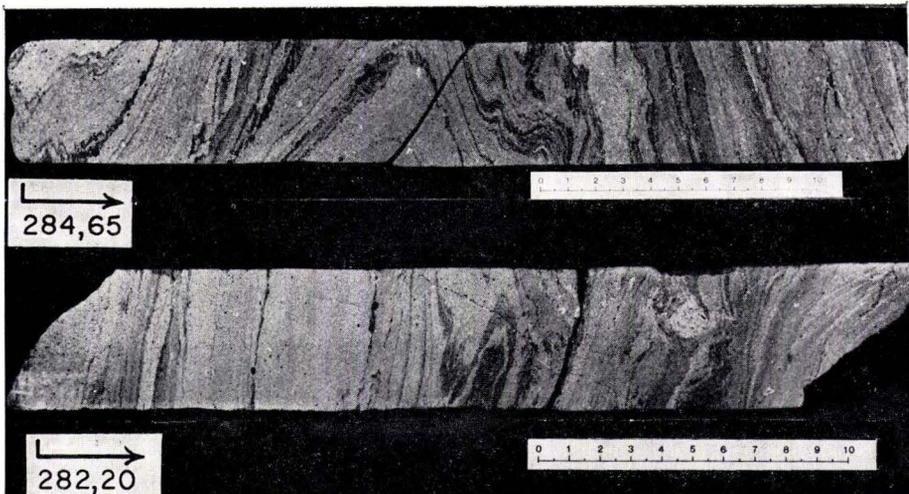


Abb. 35. Kernstücke aus dem stark fließlaminierten und -gefälteten Trachyt zwischen ca. 251,85 und 289,7 m u. Gel. der Brg. 2.

- 245,95 m *Phäno-Olivin-Hawaiit, serial-mikroporphyrisch*
 Mikroinsprenglinge von Plagioklas (meist tafeliger und z. T. unverzwilgter Labradorit; 50 μm bis max. 1 mm lang) und zurücktretend von iddingsitisierendem Olivin ($< 650 \mu\text{m}$ ϕ) gehen \pm serial in eine \pm subparallel texturierte, feinkörnige Grundmasse aus Plagioklasleistchen, Klinopyroxensäulchen ($\approx 90 \mu\text{m}$ lang), iddingsitisierendem Olivinsäulchen (5—30 μm lang), Magnetitkörnchen (ca. 5 μm ϕ) und etwas kryptokristalliner Mesostasis über
- 246,40 m *Alkalibasaltischer Lapilli-Aschentuff*; blasige Fragmente (mit einzelnen fluidal ausgerichteten, meist vollständig zersetzten Feldspatleisten) sowie einzelne Klinopyroxenkristalle, Hornblende-Kristallbruchstücke und Olivin- sowie Quarzkörnchen sind in vollständig chloritisierter Feinmatrix eingebettet
- 249,00 m *Trachytischer Kristall-Gesteins-Aschentuff*; in einer Aschenmatrix mit reichlich Kristallen bzw. Kristallbruchstücken von vorwiegend Alkalifeldspat (Sanidin, Mikrolin; bis 1 mm ϕ), untergeordnet Hornblende, Aegirin-Augit und Titanit sowie mit abgerundeten Quarzkörnchen sind \pm unsortiert Gesteinsfragmente [eckige bis kantengerundete, fluidal texturierte Trachytbröckchen (z. T. mit Alkalifeldspateinsprenglingen), zurücktretend rotbraune Tonstein- und hellrote Feinsandsteinbröckchen] eingestreut
- 251,55 m *Hawaiit, mäßig porphyrisch* [zum Chemismus vgl. Tab. 7—9, Pr. 12100, 12101 und Taf. 6 u. 7]
 Einsprenglinge ca. 5—10 Vol.-%: vorwiegend Klinopyroxen [$\approx 2,9 \text{ mm}$ ϕ ; \pm idiomorph, z. T. agglomeriert; Zonarbau; meist lichtbräunlich gefärbt; vereinzelt mit Einschlüssen von Apatitmikroinsprenglingen], selten Olivin (immer vollständig viriditisiert) und Apatit ($\approx 190 \mu\text{m}$ lang)
 Grundmasse: vorwiegend aus \pm subparallel angeordneten, z. T. mikroinsprenglingsartigen Leisten, seltener Täfelchen (60—250 μm Länge) von Plagioklas (Andesin), zurücktretend aus nadeligem Klinopyroxen ($\approx 80 \mu\text{m}$ lang), Titanomagnetitkörnchen und kryptokristalliner, chloritischer Mesostasis
 Blasenräume sind von Zeolithen und Chloriten erfüllt.



Abb. 36. Trachyt zwischen 251,85 und 289,7 m u. Gel.; Pr. 12145 (ca. 270 m u. Gel.; Brg. 2 A), DS 18703; + Nic.

- | Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|---------------------------|---|
| — 251,70 m | | <i>Lapilli-Aschentuff</i> ; dunkelgraue, feinblasige und kompakte basaltische Lapilli (— 8 mm ϕ) sind in lichtolivgrauer, kristallführender Aschenmatrix eingebettet |
| — 251,85 m | | <i>Lapilli-Aschentuff</i> ; größere hellgraue Trachytbröckchen (— 8 mm ϕ) sowie einige Mafitkristalle und Basaltlapilli sind in vorherrschender Aschenmatrix eingebettet |
| — 252,60 m | | wie vor; eingelagert zwischen eckigen Trachytbrocken (— 20 cm ϕ) der liegenden Trachytlava |
| — 289,70 m | 289,00 m (ab 264,50 m) | <i>Trachyt, aphyrisch</i> ; meist stark fließlaminiert und -gefältelt (Abb. 35), einzelne Laminae feinporig; selten einschlußartig kleinbimsig; hellgrau, mittelgrau gebändert; auf Klüften Chabasit, Phillipsit, Natrolith, Thomsonit; bei 288,1 m Poren mit Thomsonit; zwischen 280,75 und 281,45 m u. Gel. und zwischen 286,5 und 287,2 m u. Gel. Einschlüsse aus alkalibasaltischem Lapilli-Aschentuff, der aus dunkelgrauen, randlich feinblasigen Basaltfragmenten (— 6 cm ϕ , z. T. mit Einsprenglingen von Pyroxen und Hornblende), Trachytfragmenten und ziegelroter Aschenmatrix (mit Kristallbruchstücken von Pyroxen, Hornblende, Biotit und Feldspat) besteht |
| — 290,65 m | 290,50 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> ; vorwiegend braunrote und braungraue Basaltlapilli (— 5 cm ϕ) mit Einsprenglingen von Pyroxen und Hornblende; einzelne eckige bis leicht angerundete, hellgraue Trachytauswürflinge (— 1,2 cm ϕ) und blasige bis mandelige, stark porphyrische (Pyroxen, Hornblende) Basaltbomben (— 12 cm ϕ), mit Phillipsit, Chabasit und Analcim; mittelbraune, kristallführende Aschenmatrix |
| — 291,20 m | 291,00 m | große <i>Basaltbombe</i> , schlierig bis feinschlackig, randlich grobbläsige; porphyrisch durch Einsprenglinge von Pyroxen und Hornblende; in Blasen Kristalle von Chabasit, Phillipsit, Analcim, Natrolith sowie Thomsonit-Sphärolithe |
| — 291,80 m | 291,60 m | wie oberhalb der Bombe; nur Asche ziegelrot und keine Trachytpartikel mehr erkennbar |
| — 303,20 m | 302,80 m | <i>Hawaiiit, porphyrisch</i> ; \pm kompakt; Einsprenglinge von Pyroxen und Hornblende in mitteldunkelgrauer Grundmasse; lagenweise reichlich hellgraue Sonnenbrandflecken, Blasen, Zeolith-Chlorit-Trümchen, -Schlieren und -Bestege; z. T. kleinknolliger Zerfall; in Blasen Chabasit, Phillipsit, Analcim und Thomsonit; durch Änderung in der Einsprenglingsführung ohne Grenze übergend in |

- 251,70 m *Alkalibasaltischer Lapilli-Aschentuff*; ± blasige Glas- und Tachylitfragmente (mit Klinopyroxeneinsprenglingen) und kompakte alkali-olivinbasaltische Auswürflinge liegen in stark chloritischer Aschenmatrix, die reichlich Kristalle und Kristallbruchstücke von Klinopyroxen, seltener von Hornblende und Feldspat, sowie xenolithische Körnchen aus Quarz und Sandstein führt
- 289,70 m 289,00 m *Trachyt*, ± *aphyrisch* (Abb. 36) [zum Chemismus vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12143, 15396, 12144, 12145, 12148, 12111 und Taf. 6 u. 7]
- Einsprenglinge selten: Alkalifeldspat [meist Anorthoklas $\text{Or}_{20,7-43,1} \text{An}_{2,1-9,9}$ (vgl. Tab. 6, Pr. 12143); max. 2,5 mm ϕ ; oft korrodiert und pigmentiert; fleckig auslöschend], Klinopyroxen [Na-reicher Salit, $\text{Wo}_{47,8-49,0} \text{En}_{33,3-37,4} \text{Fs}_{14,8-18,5} \text{Na}_2\text{O} = 1,19-1,67$ Gew.-% (vgl. Tab. 2, Pr. 12143); max. 1 mm ϕ , meist idiomorph; wechselnd grünlich gefärbt], Hornblende (0,17 — 1,8 mm ϕ , randlich opacitisiert) und Apatit (— 0,45 mm lang; meist pigmentiert)
- Grundmasse: ausgeprägt fluidal texturiert; ganz überwiegend aus Alkalifeldspatleisten [$\text{Or}_{16,5-43,8} \text{An}_{2,4-13,8}$ (vgl. Tab. 6, Pr. 12143); bis 450 μm lang], zurücktretend nadeligem Klinopyroxen [Salite, $\text{Wo}_{47,4-48,5} \text{En}_{34,7-40,5} \text{Fs}_{11,5-17,0}$ (Tab. 2, Pr. 12143); 30 — 220 μm lang], Titanomagnetit (in den dunkler gefärbten Laminae stärker angereichert) und etwas kryptokristalliner Mesostasis; Feldspäte und Mesostasis zeigen wechselnden Grad von fleckiger Zersetzung in Kaolinit und Karbonat
- 291,80 m 291,60 m *Alkalibasaltischer Bomben-Aschen-Lapillituff* mit einigen Auswürflingen (Abb. 37); vorherrschend aus juvenilen, wechselnd stark blasigen Glas- und Tachylitfragmenten mit Einsprenglingen von Klinopyroxen, Hornblende, Plagioklas (Oligoklas — Andesin); größere Bomben mit weitgehend kristallisierter Grundmasse aus zersetzten Feldspatleisten (— 70 μm), Augitnadelchen, iddingsitisierten Olivinsäulchen, Titanomagnetit und Glas, sowie mit sehr reichlich Einsprenglingen aus Klinopyroxen (— 2 mm ϕ ; Agglomerate bis 9 mm ϕ), Hornblende (— 2,2 mm ϕ ; meist randlich korrodiert und opacitisiert), Plagioklas (— 3 mm lang, abgerundete Kanten) und vereinzelt Olivin (— 1,3 mm ϕ); einige kompakte Gesteinsauswürflinge aus Trachyt [meist porphyrisch durch Einsprenglinge von Alkalifeldspat (— 2 mm ϕ ; oft agglomeriert), zurücktretend von Hornblende (— 1,8 mm ϕ)] und aus stark porphyrischem ankaramitischem Basanit (Einsprenglinge von Klinopyroxen \gg Olivin)
- 303,20 m 302,80 m *Hawaiit*, *porphyrisch* (Abb. 38) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12116, 15543, 15544, 15545, 15546, 15547 und Taf. 4, 6 u. 7]
- Einsprenglinge bis 11 Vol.-%: 6 — 8 % Klinopyroxen (max. 3,15 mm ϕ ; ± idiomorph; Zonarbau mit meist etwas bräunlicherem, selten auch grünlichem Kern), 1 — 3 % Horn-

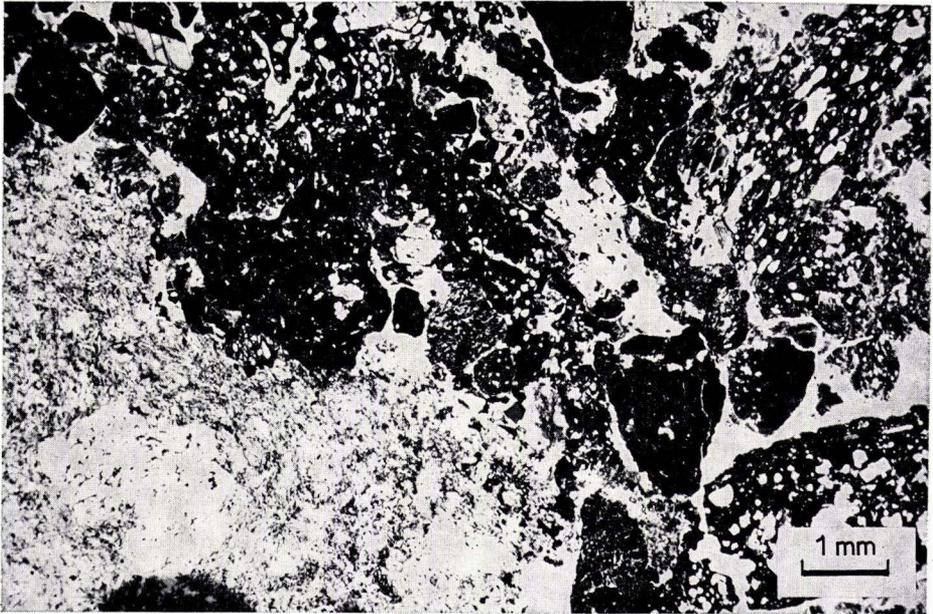


Abb. 37. Alkalibasaltischer Aschen-Lapillituff zwischen 289,7 (289*) und 291,8 (291,6) m u. Gel.; aufgebaut aus wechselnd blasigen Glas- und Tachylitfragmenten und zurückerhend aus Gesteinsfragmenten von porphyrischem Trachyt (linke untere Bildecke); Pr. 12112 (290,3 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18662.

| Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|---|
| — 304,10 m | 303,70 m | <i>Mugearit</i> , <i>porphyrisch</i> ; Einsprenglinge von Plagioklas, Hornblende und Pyroxen in mittel- bis dunkelgrauer, dichter Grundmasse; ± kompakt; in den untersten 10 cm flache Blasen |
| — 304,35 m | 304,00 m | wie vor; schlackig; rötlichgrau; Blasen z. T. mit Bolus, Chabasit oder Analcim gefüllt; wellig aufliegend und leicht eingewühlt in |

* Die in Klammern gesetzten Teufenangaben beziehen sich immer auf die abgelenkte Bohrstrecke 2 A.

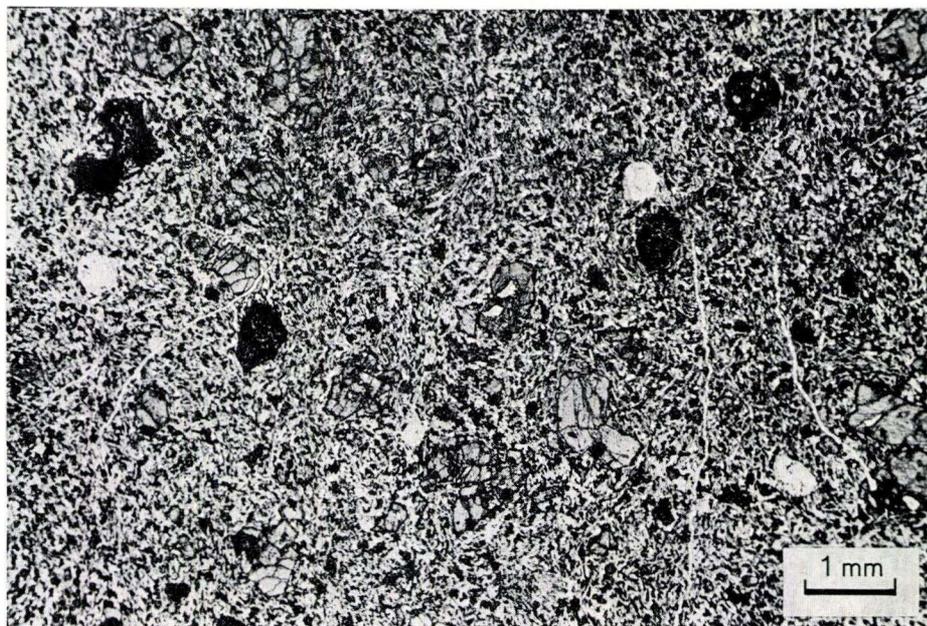


Abb. 38. Hawaiiit zwischen 291,8 (291,6) und 303,2 (302,8) m u. Gel.; mit Einsprenglingen von Klinopyroxen, opacitisierter Hornblende und Feldspat (meist Andesin — Labradorit); Pr. 15543 (~ 299,7 m u. Gel.; Brg. 2 A), DS 22040.

blende (— 3 mm lange Säulen; nur im untersten Bereich der Lava noch mit frischen Relikten, sonst vollständig opacitiert), ca. 1 % meist stark korrodierter Plagioklas (Andesin — Labradorit; — 3 mm lang; mit pigmentierten Rändern), ganz vereinzelt Alkalifeldspat und \pm pigmentierter Apatit (— 0,2 mm lange Säulchen)

G r u n d m a s s e : mäßig subparallel texturiert; aus Plagioklasleistchen (\pm Andesin, z. T. mit Alkalifeldspatsäumen), Klinopyroxensäulchen, Titanomagnetit (z. T. schlierig und fleckig stärker angereichert), \pm chloritisierter Mesostasis und Zeolithen

Intensive, unregelmäßige Druchtrümerung mit Chloriten und Zeolithen, die kleinknollige Absonderung bedingt; ohne Grenzmerkmale, bei deutlich erkennbarem Wechsel in der Einsprenglingsführung, Übergang zu

— 304,35 m 304,00 m *Mugearit, porphyrisch* (Abb. 39) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 15548, 15549, 12117, 12118 und Taf. 4, 6 u. 7]

E i n s p r e n g l i n g e 9 — 13 Vol.-%: 2 — 4 % Klinopyroxen [Ti-Al-reiche Salite, $Wo_{42,9-47,5}$ $En_{33,2-44,9}$ $Fs_{11,6-19,3}$, wobei Einsprenglinge mit Ti-Al-reichen, schwach grünlichen Kernbereichen, $Wo_{47,5-48,1}$ $En_{33,2-35,7}$ $Fs_{17,0-19,3}$, neben solchen mit salitischen Kernen von $Wo_{45,8-46,5}$ $En_{38,1-38,8}$ $Fs_{15,1-15,6}$ vorkommen (vgl. Abb. 66); bei den Grünkern-Einsprenglingen sind die Ränder mäßig Ti-Al-reiche Salite von $Wo_{44,2-46,3}$ $En_{38-44,9}$



Abb. 39. Mugearit zwischen 303,2 (302,8) und 304,35 (304) m u. Gel.; mit Einsprenglingen von Plagioklas (meist Andesin), Klinopyroxen und meist nur randlich opacisierter Hornblende; Pr. 15549 (303,2 m u. Gel.; Brg. 2 A), DS 22046.

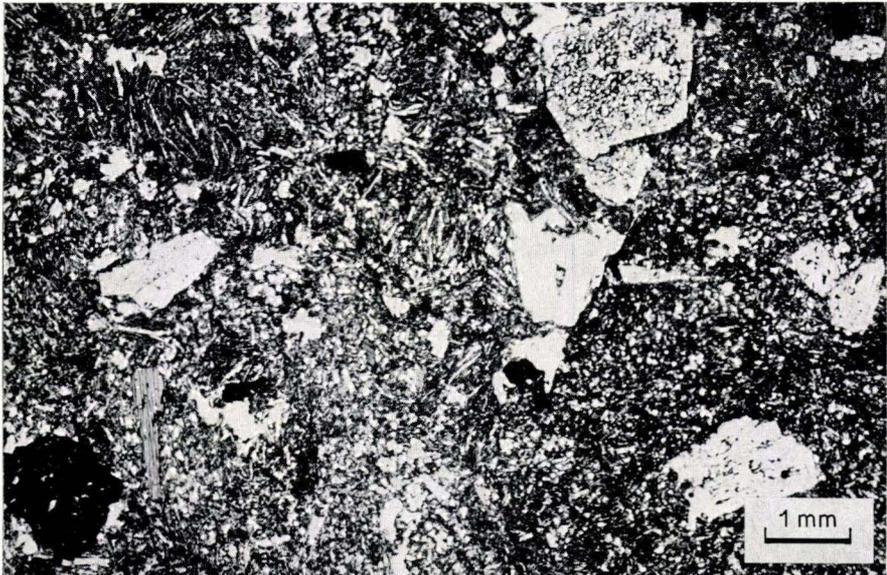


Abb. 40. Trachytischer Lapillituff zwischen 304,35 (304) und 305,4 (304,95) m. u. Gel.; bestehend aus unterschiedlich blasigen Trachytfragmenten mit Einsprenglingen von Alkalifeldspat, Biotit und Hornblende und ganz vereinzelt aus basaltischen Fragmenten (linke untere Bildecke); Pr. 12119 (304,6 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18664.

Fs_{11,4-17,4}, während sonst die Ränder meist aus Ti-Al-reichem Salit von Wo_{45,3-47,2} En_{36,1-39,1} Fs_{15,4-16,1} bestehen (vgl. Tab. 2, Pr. 12117); — 1,8 mm ϕ], 2 — 4 % kaersutitische Hornblende (s. Tab. 4; — 5,7 mm lang; meist am Rand opacitisiert), ca. 4 — 7 % Plagioklas [An_{38,1-55,0}, meist < An₅₀ (vgl. Tab. 6, Pr. 12117 u. Abb. 67); — 3 mm ϕ ; oft korrodiert und von Grundmassekomponenten poikilitisch durchsetzt], etwas Erz (— 0,5 mm ϕ) und Apatit (— 0,6 mm lange gedrungene Säulen, meist bräunlich pigmentiert)

G r u n d m a s s e: fluidal texturiert; vorwiegend aus Plagioklas-leistchen [Oligoklas bis Andesin, An_{25,9-49,3} (vgl. Tab. 6, Pr. 12117 u. Abb. 67); 70 — 300 μ m lang], zurücktretend aus Klinopyroxennadeln [Ti-Al-reiche Salite, Wo_{44,5-48,1} En_{35,8-41,8} Fs_{13,7-16,9} (vgl. Tab. 2, Pr. 12117); — 70 μ m lang], Titanomagnetit, etwas kryptokristalline Mesostasis und ? Alkalifeldspat in den Restzwickelchen

Einzelne xenolithische Einschlüsse (— 1,5 cm ϕ) aus Feinsandstein, Quarzit und Quarz-Alkalifeldspat-Pflaster.

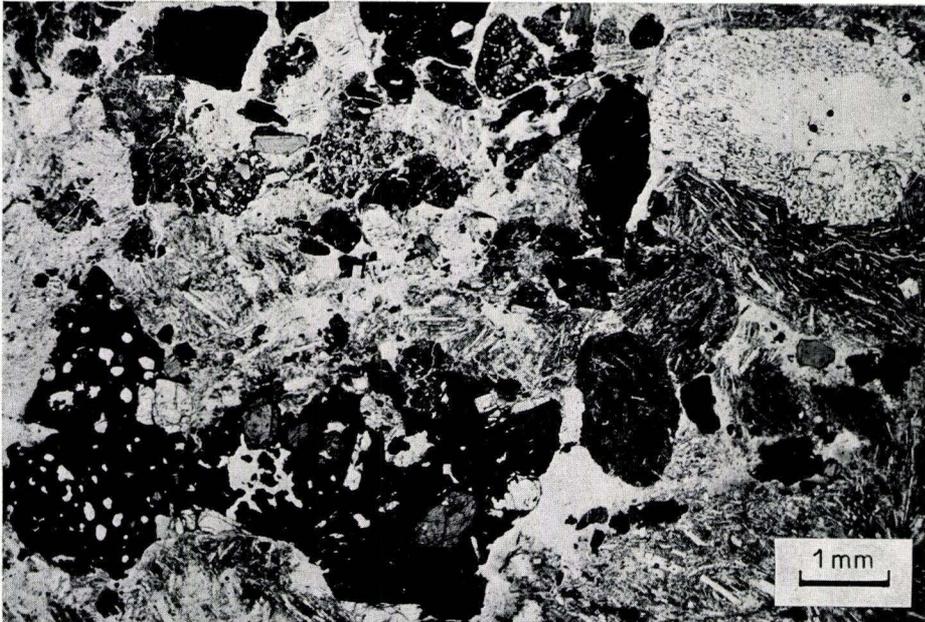


Abb. 41. Wie Abb. 40, aber mit reichlicher basaltischen Pyroklasten;
Pr. 12120/2 (305,25 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18666.

| Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|---|
| — 305,00 m | 304,50 m | <i>Lapillituff, kristallführend</i> ; verschleißt; hellrosabraun; Lapilli (— 2 cm ϕ), z. T. feinblasig, mit vielen, meist langsäuligen Alkalifeldspat- (— 11 mm lang), einzelnen Hornblende- und Biotit-einsprenglingen |
| — 305,40 m | 304,95 m | wie vor; hellrosagrau; Lapilli (0,2 — 4 cm ϕ) meist kompakt; einzelne rotbraune, feinblasige basaltische Fragmente (— 4 mm ϕ); selten Chabasit und Analcim |
| — 305,73 m | 305,28 m | <i>Aschentuff, schwach kristallführend</i> , nach unten zunehmend xenolithisch; nach unten von rotbraun in grau übergehend, durch Zunahme der Einstreuung von meist eckigen, hellgrauen, \pm kaolinisierten Trachytauswürflingen |
| — 306,70 m | 306,30 m | Feinschichtige Wechselfolge (Schichten mm bis 7 cm dick, \pm gradiert; vgl. Abb. 42) von <i>Aschen- bis Lapillituffen</i> ; mit von Lage zu Lage wechselnden Anteilen von eckigen, hellgrauen Trachytauswürflingen neben den vorherrschenden feinblasigen, meist dunkelrotbraunen, selten rotbraunen basaltischen Lapilli mit Einsprenglingen von Pyroxen, Plagioklas und Hornblende; uneben aufliegend auf |
| — 307,10 m | 306,60 m | <i>Aschentuff, kristallführend</i> ; mit schwacher, unsortierter Einstreuung von basaltischen und trachytischen Auswürflingen (bis 1 cm ϕ); bräunlich; übergehend in |
| — 307,80 m | 307,30 m | <i>Aschentuff, kristallführend</i> , meist grobkörnig; dunkle, \pm bläsige basaltische Lapilli; einige hellgraue, kompakte Trachytpartikel; von bräunlich in hellolivgrau übergehend |
| — 309,00 m | 308,30 m | <i>Aschentuff, kristallreich</i> [Pyroxen (— 4 mm ϕ) \gg Hornblende (— 1,6 mm ϕ) > Olivin > Plagioklas], grobkörnig (einzelne Partikel bis 5 mm ϕ); graue basaltische Partikel, seltener hellgraue trachytische Fragmente; reichlich Bolusmatrix |
| — 309,25 m | 308,60 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> (meist < 0,5 cm, max. 1,2 cm ϕ); hellgraue, kompakte trachytische Auswürflinge reichlicher als dunkle, \pm feinblasige, porphyrische Basaltpartikel; hellbraune Matrix mit Bolus |
| — 313,15 m | 312,45 m | Wechselfolge (Schichtdicken bis 30 cm) von <i>kristallreichen Aschen-Lapillituffen</i> ; Fragmente bis 1,5 cm, meist < 1 cm ϕ ; Aschenanteil \pm grünstichig grau; lagig hellgrüngraue, stärker in Bolus umgewandelte Lapilli angereichert; in den untersten 3 cm starke Einstreuung von kompakten Auswürflingen aus Trachyt, zurücktretend Alkali-Olivinbasalt |
| — 313,17 m | 312,51 m | <i>Aschentuff, kristallführend</i> , feinkörnig; hellgrünlichgrau; übergehend in |

- 305,40 m 304,95 m *Trachytischer Lapillituff* (Abb. 40 — 41); vorherrschend aus wechselnd feinblasigen trachytischen Fragmenten mit sehr reichlich Einsprenglingen aus Alkalifeldspat [— 11 mm lang; oft agglomeriert; häufig Mikroklingitterung im Kern, während die äußersten Säume z. T. feinlamellar verzwilligt sind; unterschiedlich korrodiert, Kernbereiche wechselnd intensiv (z. T. schachbrettartig) von bräunlichen Glaseinschlüssen durchsetzt], seltener aus Biotit [— 1,3 mm lang; hellgelb (orange) nach braunrot pleochroitisch; mit einzelnen Apatiteinschlüssen] und nur vereinzelt aus kaersutitischer Hornblende in einer Grundmasse, die abhängig von der Blasigkeit der Fragmente wechselnde Anteile von fluidal angeordneten Sanidinleistchen, Klinopyroxensäulchen, Biotitnadelchen und \pm glasiger Mesostasis führt; vereinzelt (nach unten etwas zunehmend) blasige alkaliolefinbasaltische Fragmente mit Einsprenglingen aus Klinopyroxen (vereinzelt grünlich) und zersetztem Olivin in einer fast opaken Basis; einzelne kompakte Auswürflinge aus dichtem Trachyt
- 313,50 m 312,85 m Wechselfolge unterschiedlich gut sortierter *alkalibasaltischer Kristall-Glas-Lapilli-Aschentuffe*, mit von Schicht zu Schicht stark wechselnden Anteilen von kompakten Auswürflingen aus Trachyt, zurücktretend aus Alkali-Olefinbasalt und Basanit (Abb. 43 — 44)

Juvenile Fragmente: \pm blasige Glas- und Tachylitfragmente mit wechselnd häufig auftretenden Einsprenglingen (die auch häufig als Einzelkristalle vorliegen) aus Klinopyroxen (max. 8 mm ϕ ; meist helllichtbraun, selten grünlich gefärbt), Plagioklas [max. 5,5 mm ϕ ; Andesin — Labradorit, An_{45,4} — 62,9, meist An₅₀ — 54; oft randlich korrodiert und von Glas infiltriert], Hornblende [— 3,5 mm lang; z. T. abgesetzter breiter Kernbereich (Abb. 44); meist randlich korrodiert und opacisiert; vereinzelt mit Apatiteinschlüssen] und Olivin (— 2,5 mm ϕ ; \pm korrodiert; völlig zersetzt)

Xenolithische Fragmente: Trachyt [kaolinisiert, \pm kompakt, dicht; aus fluidal angeordneten Sanidinleistchen (Or_{45,3} — 48,2) und deutlich zurücktretend schwach grünlichen Klinopyroxensäulchen und Magnetit; vereinzelt Einsprenglinge von Hornblende und/oder Alkalifeldspat], Alkali-Olefinbasalt [Olefineinsprenglinge (iddingsitisiert) in subparallel texturierter Grundmasse aus Plagioklas, Klinopyroxen, Magnetit und z. T. auch iddingsitisiertem Olivin]

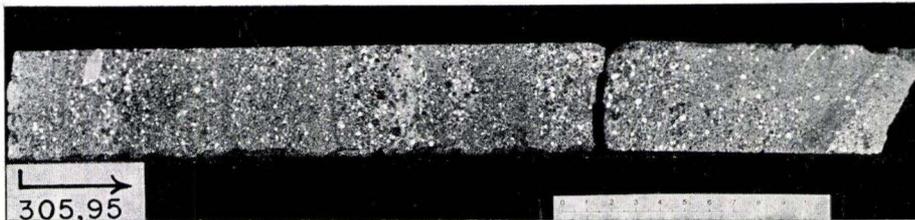


Abb. 42. Bohrkern aus der Wechselfolge von alkalibasaltischen Aschentuffen zwischen 305,4 (304,95) und 313,5 (312,85) m. u. Gel.; mit einigen Auswürflingen von Trachyt; Brg. 2.

- | Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|--|
| — 313,26 m | 312,59 m | <i>Lapillituff</i> (~ 1 cm ϕ), kristallführend (Hornblende, Pyroxen, Plagioklas); mit eingeregeltten hellgrauen Trachytbröckchen und grauen bis braungrauen, teils schwach feinblasigen, basaltischen Lapilli |
| — 313,27 m | 312,60 m | <i>Aschentuff</i> , feinkörnig; einzelne Kristalle; bräunlichgrau |
| — 313,28 m | 312,63 m | <i>Aschentuff</i> , feinkörnig; mit eingestreuten Grobkörnern und Kristallen; hellgelblich bis grüngrau |
| — 313,50 m | 312,85 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> , kristallführend; \pm gradiert (oben $\approx 1-2$ mm ϕ , nach unten übergehend bis zu 10 mm ϕ); Partikel \pm eingeregelt; übergehend in |
| | | |
| — 316,85 m | 316,70 m | Wechselfolge von \pm gut geschichteten und oft gradierten Gesteinstufen (Abb. 45—51) aus vorherrschend trachytischen Fragmenten |
| — 313,61 m | 313,05 m | <i>Lapillituff</i> (bröcklig); vorherrschend aus hellgrauen (\pm kaolinisierten), \pm eckigen, kompakten Trachytbröckchen (0,5—6 cm ϕ), zurücktretend aus dunkelgrauen, \pm schwach feinblasigen Basaltlapilli (~ 3 cm ϕ); übergehend in |
| — 313,95 m | 313,25 m | schlecht sortierte Lage, die \pm gradierend von braungrauem <i>Aschentuff</i> mit Lapillieinstreuung (oben) über <i>Lapillituff</i> (~ 3 cm ϕ) in <i>Aschen-Lapilli-Brockentuff</i> übergeht, der hellgraue und graue, eckige, kompakte Trachytbrocken bis 13 cm ϕ führt (vgl. Abb. 46—47) |
| — 314,02 m | 313,35 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> ; aus vorwiegend hellgrauen und grauen, kompakten trachytischen Partikeln |
| — 314,25 m | 313,65 m | <i>Aschentuff</i> ; mit schwacher, nach oben abnehmender Einstreuung von \pm eckigen, hellgrauen und grauen, kompakten trachytischen Partikeln (max. 8 mm, meist $< 3-4$ mm ϕ) sowie einzelnen dunkelgrauen, schwach blasigen Basaltlapilli in hellbrauner Aschenmatrix (meist < 1 mm ϕ); mit lagenweise auftretenden \pm ellipsoiden akkretionären Lapilli von 1,5—7,5 mm ϕ ; zwischen 314,19 und 314,20 (Brg. 2) bzw. 313,60 und 313,61 m u. Gel. (Brg. 2A) hellgraue Lage aus vorwiegend 1—2 mm ϕ großen Trachytkörnern sowie weißlichen, länglichen, oft bizarr eckigen, \pm eingeregeltten, stark kaolinisierten, größeren (bis 12 mm lang) Trachytfragmenten (Abb. 48) |

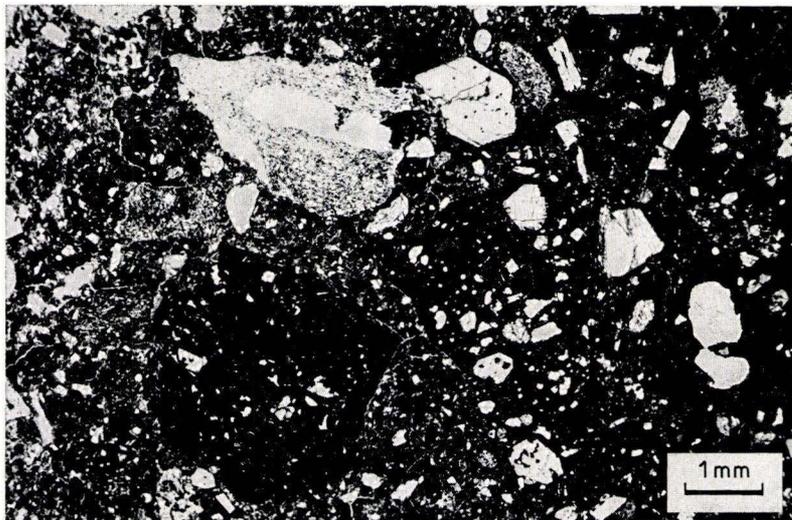


Abb. 43. Alkalibasaltischer Aschentuff aus der Wechselfolge zwischen 305,4 (304,95) und 313,50 (312,85) m u. Gel.; bestehend aus feinblasigen Glas- und Tachylitpartikeln (mit Einsprenglingen von Klinopyroxen und Plagioklas, selten von Hornblende oder Olivin) sowie einzelnen Gesteinsfragmenten aus Trachyt (obere Bildhälfte);
Pr. 12121/1 (ca. 305,7 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18667.

— 316,85 m 316,70 m Folge wechselnd schlecht sortierter *Gesteins-Aschentuffe* und *-Lapillituffe* (z. T. brockenführend); weit vorherrschend aus \pm stark zersetzten trachytischen Fragmenten und meist deutlich zurücktretend (von Lage zu Lage wechselnd) aus basaltischen Fragmenten und sedimentären Auswürflingen (vereinzelt)

Trachytische Fragmente meist kompakt und

- a) fast aphyrisch; nur einzelne Einsprenglinge von Alkalifeldspat, Hornblende, Aegirin und Titanit in einer ausgeprägt fluidal texturierten, \pm vollkristallinen Grundmasse aus Sanidin, Klinopyroxen und Titanomagnetit
- b) mit mikroinsprenglingsartigen Sanidinleisten in stark zersetzter Feinmatrix (vermutlich ehemals glasig)

Basaltische Fragmente:

- a) kompakter porphyrischer Alkali-Olivinbasalt und Basanit mit Einsprenglingen von Klinopyroxen und Olivin
- b) kompakter aphyrischer Basanit (Analcim-Basanit)
- c) kompakter ? Mugearit mit Plagioklas- und Hornblendeeinsprenglingen in plagioklasreicher Grundmasse
- d) schwach blasige bis kompakte Tachylite, z. T. mit Plagioklas-mikrolithen und Einsprenglingen von Klinopyroxen und zersetztem Olivin
- e) Einzelkristalle und Kristallbruchstücke von Hornblende, Klinopyroxen (vereinzelt intensiv grün), Feldspat (Plagioklas und Alkalifeldspat) und Olivin

Sedimentäre Auswürflinge: Quarz- und Quarzitkörnchen, rötliche Ton- und Schluffsteine

In einzelnen feinkörnigen Aschenlagen sind reichlich akkretionäre Lapilli von 1,5 — 7,5 mm ϕ eingebettet

- | Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|--|
| — 314,39 m | 313,90 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> , schlecht sortiert und undeutlich gradiert; vorherrschend hellgraue und graue, kompakte trachytische Bröckchen bis zu 2 cm ϕ , untergeordnet \pm feinblasige, feinputphyrische Basaltlapilli < 1 cm ϕ ; schräg aufliegend auf |
| — 314,43 m | | <i>Trachytbrocken</i> , kompakt, weißgrau [Bohr- ϕ von 4,5 cm einnehmend (vgl. Abb. 49)]; im Kern der Brg. 2 A nicht vorhanden |
| — 314,46 m | 313,90 m | <i>Aschentuff</i> , mäßig geschichtet und sortiert; oben gröber; mit einzelnen größeren Trachyt- (— 2 cm ϕ) und Basanitpartikeln (— 1,2 cm ϕ) (vgl. Abb. 49) |
| — 314,50 m | 313,95 m | <i>Lapillituff</i> , schlecht sortiert; vorherrschend bizarre, \pm eckige, weißgraue kompakte Trachytbröckchen (— 2,5 cm ϕ), zurücktretend dunkelgraue Basaltpartikel (— 3,5 cm ϕ) (vgl. Abb. 49) |
| — 314,60 m | 314,10 m | <i>Aschentuff</i> , \pm gradiert; nach unten in Aschen-Lapillituff (— 8 mm ϕ) übergehend (vgl. Abb. 49) |
| — 314,71 m | 314,15 m | <i>Lapillituff</i> ; weißgraue, eckige — gelappte, meist langgestreckte, kompakte Trachytpartikel (bis > Bohr- ϕ von 4,5 cm; in Brg. 2 A nur bis 2,5 cm ϕ) und einzelne Basaltbröckchen, wenig hellbraune Aschenmatrix |
| — 314,87 m | 314,39 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> (drei \pm gradierte Einheiten); weiß- und hellgraue, eckige — angerundete, kompakte Trachytbröckchen (meist < 1 cm, selten bis 1,5 cm, einmal bis 4,5 cm ϕ), einige Basaltbröckchen und -pyroklasten sowie Mafitkristalle (Pyroxen, Hornblende); die unterste Schicht greift rinnenartig (vgl. Abb. 50) in den unterlagernden |
| — 314,93 m | 314,47 m | <i>Aschentuff</i> , <i>kristallführend</i> (Alkalifeldspat, Hornblende, Augit); feinschichtig (0,5 — 2 cm dicke Lagen; vgl. Abb. 50), \pm gradiert; \pm gerichtete Packung von Grobkörnern (— 2 mm ϕ) an der Basis einzelner Schichten; einzelne akkretionäre Lapilli von 1,5 — 3,5 mm ϕ ; gräulichorangerosa (5 YR 7/2); übergehend in |
| — 315,17 m | 314,65 m | <i>Lapillituff</i> (meist < 0,8 cm, max. 2,7 cm ϕ); neben weißgrauen, selten grauen, eckigen — schwach angerundeten, kompakten Trachytfragmenten kommen auch besser angerundete, dunkelgraue, kompakte porphyrische (Pyroxen, Olivin) Basaltpartikel als auch einzelne blasige Basaltlapilli und ganz selten rote Tonstein- und Schluffstein-Komponenten vor |
| — 316,85 m | 316,70 m | <i>Lapillituff</i> , <i>brockenführend</i> ; wechselnd schlecht sortiert; mit einigen hellrotbraunen Aschentufflagen; zu fast 90 % aus meist dicht gepackten weißgrauen und hellgrauen Trachytbröckchen [meist 0,5 — 2 cm, vereinzelt bis 14 cm ϕ , ein großer Brocken dürfte aufgrund seines Schergefüges (Abb. 51) aus einer autoklastischen Breccienzone stammen], zurücktretend dunkelgraue, kompakte und feinblasige, dichte und pyroxenporphyrische Basaltpartikel (— 5 cm ϕ); an Basis 1 — 2 cm dicke rotbraune Aschenlage mit eingestreuten eckigen Trachytbröckchen (— 1 cm ϕ) |



Abb. 44.
Alkalibasaltischer Kristall-Glas-Aschen-
Lapillituff aus der Wechselfolge zwischen
305,4 (304,95) und 313,50 (312,85) m u. Gel.;
aus \pm blasigen Glasfragmenten mit sehr
reichlich Einsprenglingen von Klinopyro-
xen, Hornblende (z. T. zonar) und Plagio-
klas; Pr. 12125/1 (ca. 310,3 m u. Gel.;
Brg. 2), DS 18672.

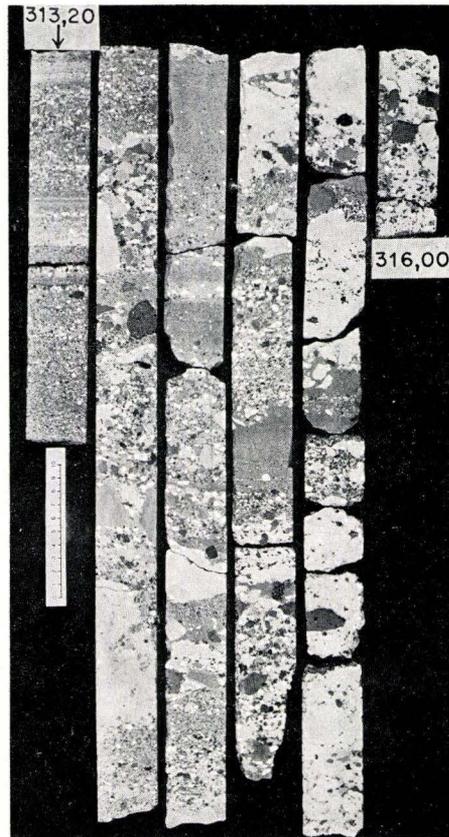


Abb. 45
Teil der Kernfolge aus Gesteins-Aschen-
und -Lapillituffen (aus vorherrschend tra-
chytytischen Fragmenten) zwischen 313,50
und 316,85 m u. Gel. (Brg. 2).

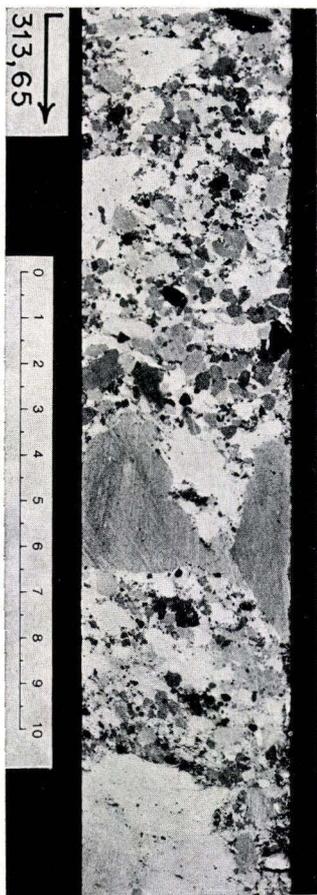


Abb. 46

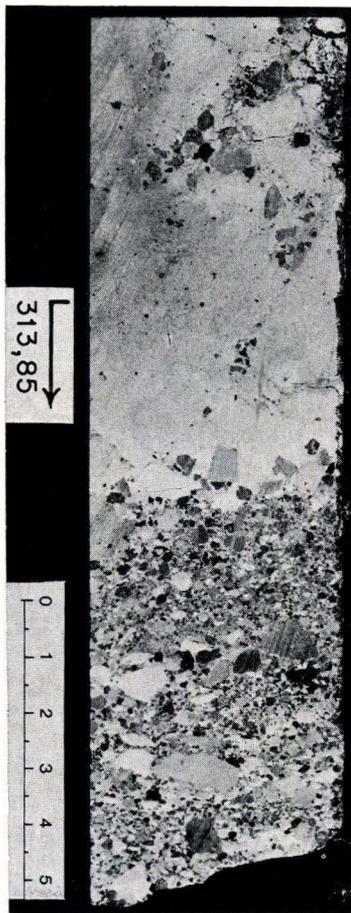


Abb. 47

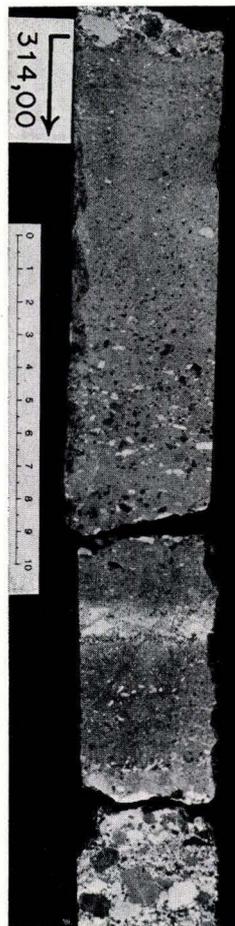


Abb. 48

Abb. 46 — 51. Charakteristische Teilbereiche aus der Abb. 45; der Aschentuff zwischen 314 und 314,19 m u. Gel. (Abb. 48) enthält akkretionäre Lapilli; der weiße Trachytbrocken zwischen 314,39 und 314,43 m u. Gel. (Brg. 2) ist in dem Bohrkern der Brg. 2 A nicht vorhanden, dafür kommt dort (Abb. 51) ein Trachytbrocken mit zerschertem Innengefüge vor, der aus einem autoklastischen Scherzonenbereich stammen dürfte.

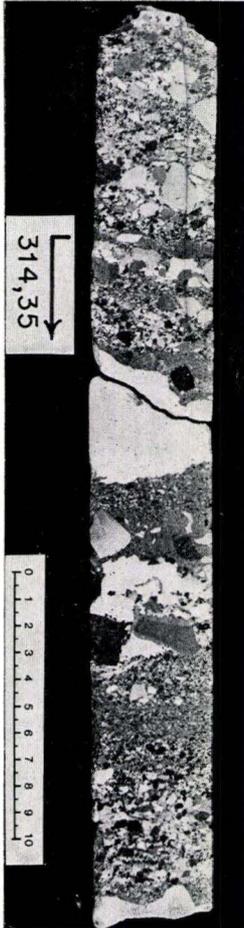


Abb. 49

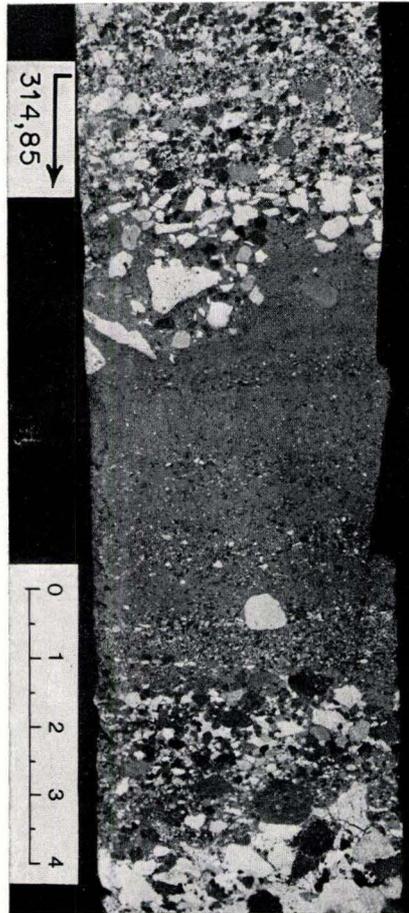


Abb. 50



Abb. 51

| Br. 2 | Br. 2 A | |
|------------|----------|--|
| — 317,50 m | 317,30 m | <i>Aschentuff, kristallführend</i> (Hornblende > Pyroxen; meist 0,5 — 1 mm lang); einzelne graue und hellgraue trachytische Partikel (— 8 mm ϕ) in dunkelgelblichbrauner (10 YR 4/2), feinkörniger Aschenmatrix mit einzelnen Quarz- und Quarzitzkörnchen; übergehend in |
| — 319,15 m | 319,10 m | <i>Aschentuff, kristallreich</i> (Hornblende, Pyroxen), grobkörnig (meist 0,5 — 3 mm, selten \geq 5 mm ϕ); einzelne hellgraue ? trachytische Partikel sowie dunkle, feinblasige Partikel; von braun in braunstichig olivgrau wechselnd; übergehend in |
| — 319,45 m | 319,35 m | <i>Aschen-Lapillituff, kristallführend</i> (meist 3 — 8, selten bis 12 mm ϕ ; vgl. Abb. 52); Komponenten meist grau, porphyrisch (Hornblende, Pyroxen) und \pm feinblasig bei kompakter Außenhaut; selten hellgraue, kompakte Auswürflinge; \pm grau; übergehend in |
| — 320,20 m | 320,10 m | <i>Aschentuff, kristallführend bis -reich</i> (— 2 mm, selten — 4 mm ϕ); bräunlichgrau |
| — 320,92 m | 320,65 m | Wechselfolge (0,5 — 3 cm dicke Lagen) von \pm <i>kristallreichen</i> (Hornblende, Pyroxen) <i>Fein- und Grobaschen</i> (— 4 mm ϕ , einzelne Partikel — 16 mm ϕ); vorherrschend \pm blasige basaltische Fragmente; einzelne hellgraue Trachytpartikel eingestreut; \pm braunstichig olivgrau |
| — 321,00 m | 320,73 m | <i>Aschentuff</i> ; \pm bräunlich; im unteren Teil mit weißgrauen ? Trachytpartikeln (— 5 mm ϕ) |
| | 321,10 m | <i>Lapilli-Aschentuff, kristallreich</i> (Hornblende, Pyroxen; — 3 mm lang); Lapilli (— 5 mm ϕ); gelblicholivgrau; im Kern der Br. 2 nicht vorhanden |
| — 321,20 m | 321,70 m | <i>Aschentuff, kristallführend</i> (meist < 1 mm, — 3 mm ϕ); einige hellgelbgraue Partikel (— 5 mm ϕ); lichtolivgrau |
| | 321,90 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> (meist 0,3 — 0,8, max. 1,5 cm ϕ); neben grauen, schwach blasigen und einzelnen rotbraunen, stärker blasigen Basaltlapilli reichlich hellgraue und weißgraue, zersetzte, \pm mafitporphyrische Partikel; im Kern der Br. 2 nicht vorhanden; übergehend in |
| | 322,05 m | <i>Aschentuff, kristallreich</i> , grobkörnig (meist 1 — 2 mm ϕ); bröckelig zerfallend; im Kern der Br. 2 nicht vorhanden |
| — 321,50 m | 322,70 m | <i>Aschentuff</i> , feinkörnig; dunkelgelblichbraun (10 YR 4/2); mit einzelnen größeren Quarzkörnern sowie Feldspat- und Hornblende-Kristallbruchstücken (— 1 mm ϕ) in weitgehend verbolter Feinmatrix; übergehend in |
| — 322,00 m | 323,05 m | <i>Aschentuff</i> ; fahlgelblichbraun (10 YR 6/2); mit unsortiert eingestreuten größeren, weißgrauen trachytischen Partikeln (— 6 mm ϕ) und zurücktretend dunkelgrauen, blasigen Basaltpyroklasten (— 8 mm ϕ); übergehend in |
| — 322,10 m | 323,15 m | <i>Aschen-Lapillituff</i> ; hellgraue und graue, eckige, kompakte trachytische Partikel häufiger als dunkelgraue Basaltpartikel (— 6 mm, vereinzelt bis 10 mm ϕ); fahlgelblichbraune Aschenmatrix |

- 321,20 m 322,05 m Wechselfolge von *Kristall-Glas-Aschen- und Lapillituffen*, mit vereinzelt xenolithischen Partikeln von kompaktem Trachyt und Alkali-Olivinbasalt bis Basanit sowie Quarzkörnchen; die vorherrschenden juvenilen Fragmente bestehen meist aus nur schwach blasigen, \pm zersetzten Glas- bis Tachylitpartikeln mit Einsprenglingen (oft auch als Einzelkristalle und Kristallbruchstücke) von Hornblende ($-2,5$ mm Φ ; z. T. mit abgesetztem Kernbereich und mit Apatiteinschlüssen), Klinopyroxen ($-2,5$ mm Φ ; \pm zonar) und selten Plagioklas ($-1,4$ mm Φ , vorwiegend Andesin, \pm resorbiert)

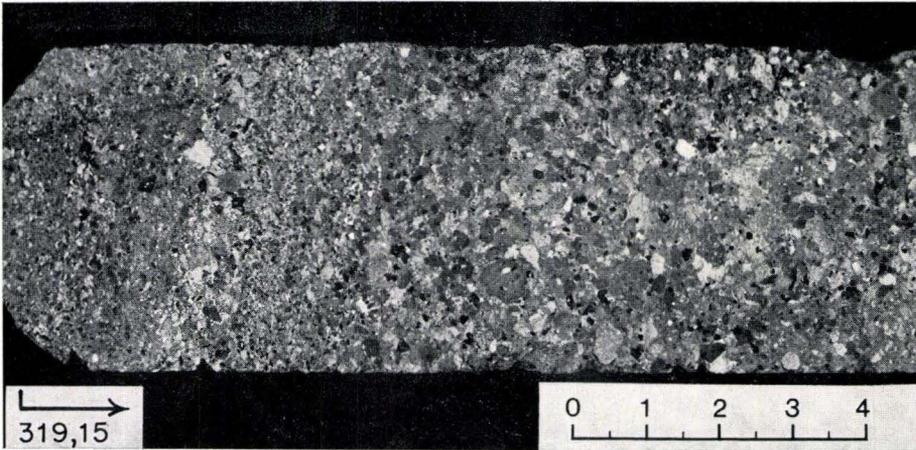


Abb. 52. Kernstück aus der Wechselfolge alkalibasaltischer Aschen- und Lapillituffe zwischen 316,85 (316,70) und 321,2 (322,05) m u. Gel.; Brg. 2.

- 322,10 m 323,15 m *Gesteins-Aschentuff*; gradiert übergehend von oben sehr fein-, nach unten grobkörnig; vorwiegend aus trachytischen Fragmenten und Kristallbruchstücken sowie zurücktretend aus Quarzkörnchen und basaltischen Fragmenten, die in einer vollständig verbolten Matrix eingebettet sind; trachytische Fragmente meist kompakt und mikroporphyrisch [durch größere, fluidal ausgerichtete Sanidinleisten (ganz selten Biotit) in einer feineren, meist entglasten Grundmasse]; Kristallbruchstücke von Alkalifeldspat $>$ saurem Plagioklas, Biotit, Hornblende und Augit

- | Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|---|
| — 322,40 m | 323,65 m | <i>Aschentuff, kristallreich</i> (Feldspat, Hornblende), grobkörnig (— 3 mm, max. 8 mm ϕ); olivgrau; nach unten Zunahme von hellgrauen Partikeln und Feldspatkristallen (vor allem in Brg. 2 A); in Brg. 2 Kernverlust zwischen 322,4 und 322,9 m u. Gel.; übergehend in |
| — 324,35 m | 325,35 m | <i>Lapilli-Aschentuff</i> ; schlecht sortiert und kaum geschichtet; in hellbrauner bis brauner Aschenmatrix sind sehr reichlich größere, weißlich zersetzte trachytische Fragmente und untergeordnet graue basaltische Partikel \pm unsortiert eingestreut |
| — 326,00 m | 326,55 m | <i>Aschentuff-Wechselfolge</i> (mm—10 cm dicke Lagen; meist eben-, selten schräggeschichtet; oft gradiert; vgl. Abb. 53) von wechselnd gut sortierten Feinaschenlagen und Feinlapilli führenden Grobaschenlagen (meist < 4 mm, max. 1 cm ϕ); vorwiegend weißgraue, \pm zersetzte trachytische Fragmente, zurücktretend (von Lage zu Lage wechselnd) graue bis dunkelgraue basaltische Komponenten, Quarzkörner sowie Ton- und Sandsteinbröckchen; \pm gelblichgrau, z. T. hellbräunlichgrau |
| — 326,50 m | 327,35 m | wie vor; feinschichtig; mm—1 cm dicke Lagen aus Fein- und Grobaschen (meist > 1 mm, max. 3 mm ϕ); einzelne akkretionäre Lapilli bei 326,20 m u. Gel. (Brg. 2) bzw. 327,50 m u. Gel. (Brg. 2 A); \pm fahlrot (10 R 6/2) |
| ~ 327,75 m | 328,50 m | Wechselfolge von <i>Feinaschen-, Grobaschen- und Feinlapillilagen</i> (max. 10 cm dicke Lagen; meist < 8 mm, selten bis 25 mm ϕ); hellgraue, kompakte trachytische Fragmente, rotbraune und dunkelgraue basaltische Fragmente und lagenweise Tonstein- bis Feinsandsteinbröckchen; von dunkelbraun nach unten allmählich in fahlgelblichbraun (10 YR 6/2) übergehend; in Brg. 2 zwischen 326,7 und 327,75 m u. Gel. Kernverlust |

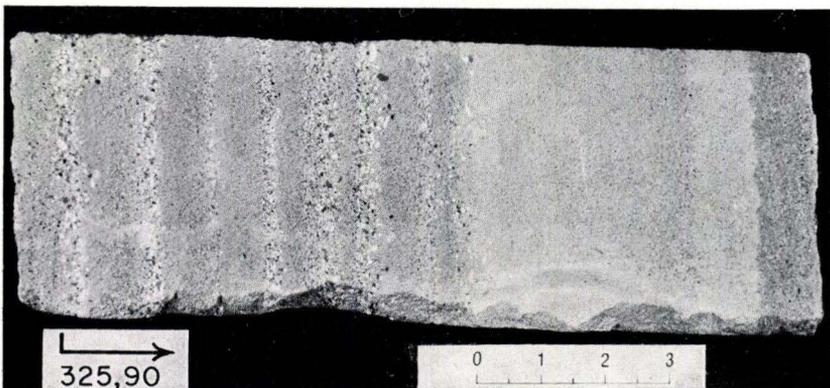


Abb. 53. Kernstück aus der Wechselfolge trachytischer Gesteins-Bims-Aschentuffe zwischen 324,35 (325,35) und 326,00 (326,55) m u. Gel.; aus vorwiegend trachytischen Bims- und Glasfragmenten (weißlich), zurücktretend aus basaltischen Komponenten (dunkelgrau — schwarz).

- 322,40 m 323,65 m *Trachytischer Gesteins-Kristall-Aschentuff*; aus trachytischen Gesteinspartikeln (oft mit Feldspateinsprenglingen) und vor allem aus Kristallbruchstücken von Alkalifeldspat \gg saurem Plagioklas sowie vereinzelt von Biotit $>$ Hornblende \gg Apatit
- 324,35 m 325,35 m *Trachytischer Gesteins-Bims-Lapilli-Aschentuff, kristall- (Augit, Hornblende) und quarzkornführend*; neben vorherrschenden, oft vollständig zeolithisierten trachytischen Bimsfragmenten (mit röhrenförmigen und ovoiden Blasen) und Glasscherben, zurücktretend trachytische Gesteinspartikel, basaltische Fragmente (kompakter Alkali-Olivinbasalt und feinblasiger, fast opaker Tachylit), Kristalle (Klinopyroxen, Hornblende) sowie Quarz- und Quarzitkörnchen
- 327,75 m 328,50 m Wechselfolge von *trachytischen Gesteins-Bims-Aschentuffen*; vorwiegend aus stark blasigen, \pm entglasten Bimsfragmenten und Glasscherben (Abb. 54 — 55), mit von Lage zu Lage wechselnden Anteilen von Quarzkörnern, basaltischen Gesteins- und Tachylitpartikeln, Kristallbruchstücken (Klinopyroxen, Hornblende, Feldspat und Titanit), vereinzelt Tonstein- bis Sandsteinbruchstücke; im unteren Bereich lagenweise (z. B. in Brg. 2 bei 326,20, in Brg. 2A bei 327,50 m u. Gel.) akkretionäre *Lapilli* angereichert

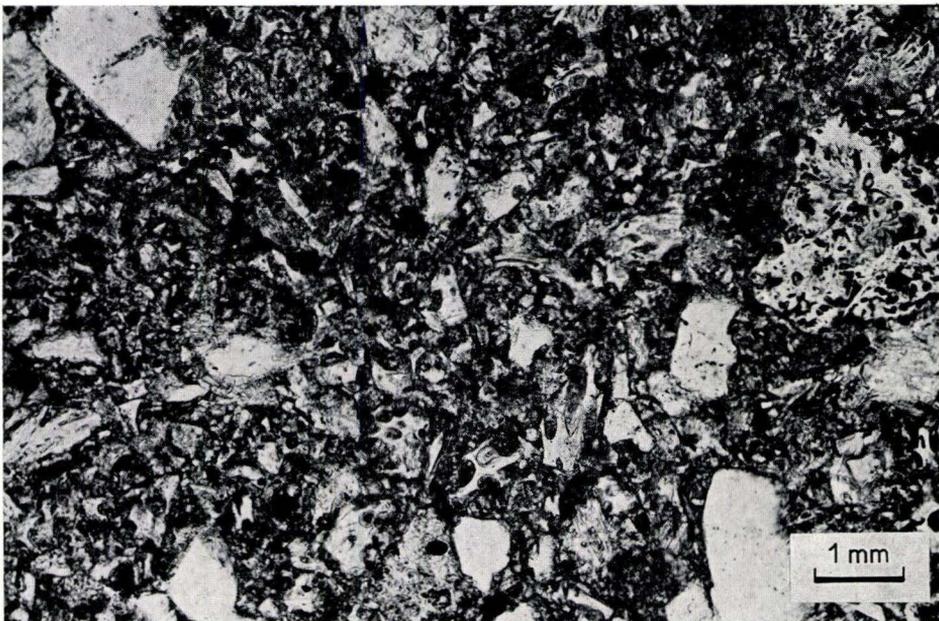


Abb. 54. Aschentuff mit vielgestaltigen trachytischen Bims- und Glasscherben, deren Umriss deutlich als ehemalige Blasenwandungen erkennbar sind; Quarzkörnchen; Pr. 12323/8/1 (326 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18747.

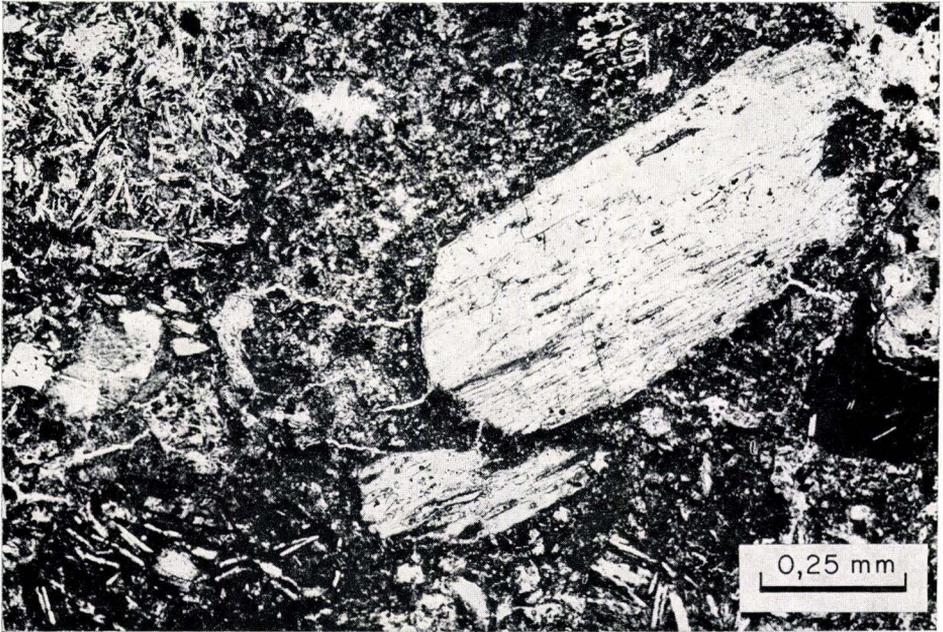


Abb. 55. Aschentuff mit trachytischem Bimsfragment, das ehemals röhrenförmige Blasen hatte; Pr. 12323/7 (325,0 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18746.

- | Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|--|
| — 329,80 m | 330,60 m | <i>Lapilli-Aschentuff</i> ; ungeschichtet und sehr schlecht sortiert (? Schlammstrom-Ablagerung) (vgl. Abb. 56); vorwiegend aus eckigen bis angerundeten Gesteinsfragmenten (≈ 7 cm ϕ) aus weißlich zersetztem Trachyt, aus rotbraunen Ton-, Schluff- und Feinsandsteinen sowie dunkelbraunem Basalt; z. T. sehr reichlich Quarzkörner, zurücktretend Kristalle; von dunkelbraun (oberen 0,5 m) in hellbraun übergehend |
| — 333,75 m | 334,25 m | Wechselfolge (Schichtdicken von mm — 50 cm) von mäßig bis schlecht sortierten <i>Lapilli- bis Aschentuffen</i> ; mit akkretionären <i>Lapilli</i> ⁵ in einigen Aschenlagen (vgl. Abb. 57); Fragmente von angerundet bis bizarr lappig geformt; vorwiegend weiß- und hellgraue trachytische Fragmente; in einigen Lagen reichlich rotbraune Ton-, Schluff- und Sandsteine (0,3 — 3 cm ϕ) sowie Quarzkörner, zurücktretend kompakte und feinblasige basaltische Fragmente; in der Aschenmatrix reichlich Feldspat-Kristallbruchstücke |
| — 333,79 m | 334,30 m | <i>Aschentuff</i> , grobkörnig; fahlolivgrau und dunkelgrau; basaltische Fragmente (≈ 4 mm ϕ) führen z. T. Mafiteinsprenglinge |

⁵ Herr Prof. SCHMINCKE (Bochum) machte mich anlässlich einer Kernbesichtigung erstmalig darauf aufmerksam.



Abb. 56. Kernstücke aus der ? Schlammstrom-Ablagerung zwischen ca. 327,75 (328,50) und 329,80 (330,60) m u. Gel.; ungeschichteter und schlecht sortierter Gesteins-Lapilli-Aschentuff aus trachytischen (weißlich), sedimentären und basaltischen Gesteinsfragmenten; Brg. 2.

— 329,80 m 330,60 m *Gesteins-Lapilli-Aschentuff* (? Schlammstrom-Ablagerung); aus folgenden, in ihrer gegenseitigen Häufigkeit wechselnden eckigen bis angerundeten Gesteinspartikeln:

Trachytische Fragmente (größtenteils stark weißlich zersetzt): sowohl kompakte, dichte, vollkristalline als auch vor allem mikroporphyrische Fragmente mit fluidal angeordneten Sanidinmikroeingsprengeungen (vereinzelt auch Biotit und Hornblende) in einer feinkörnigen, \pm entglasten Basis; einzelne ? Bimspartikel (kleinblasig);

Sedimentäre Fragmente: rotbraune Ton-, Schluff- und Feinsandsteine (sehr reichlich im obersten Meter) sowie, z. T. sehr reichlich, \pm gerundete Quarz- und Quarzitkörner;

Basaltische Fragmente: pyroxenporphyrischer Basanit, einzelne blasige, fast opake Tachylitpartikel;

Kristalle (meist Bruchstücke): Alkalifeldspat \gg Hornblende
Klinopyroxen, Biotit und Titanit

— 333,75 m 334,25 m Wechselfolge von vorwiegend *trachytischen Gesteins-Lapillibis-Aschen-Lapillituffen* und *Gesteins-Bims-Aschentuffen*; in den gröberen Lagen vorherrschend Gesteinsfragmente aus Trachyt (von kompakt, \pm vollkristallin, fluidal bis zu mikroporphyrisch, hypokristallin, pilotaxitisch), Sedimenten (rotbraune Ton-, Schluff- und Sandsteine sowie Quarz- und Quarzitkörner) und zurücktretend aus kompakten und feinblasigen basaltischen Partikeln; in den Aschenlagen zusätzlich sehr reichlich \pm entglaste Bimsfragmente und Glasscherben sowie Kristallbruchstücke von Alkalifeldspat \gg Hornblende, Biotit und Klinopyroxen und zudem lagenweise akkretionäre Lapilli (Abb. 57 — 58)

— 333,79 m 334,30 m *Alkalibasaltischer Kristall-Glas-Grobaschentuff*, quarzführend

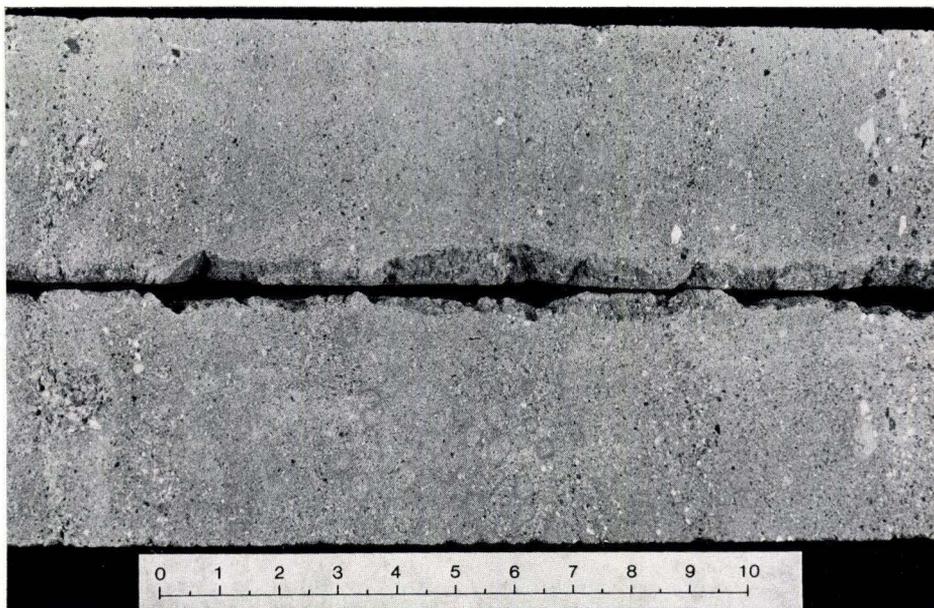


Abb. 57. Kernstück (beide Hälften) von einer Aschenlage aus der Wechselfolge vorwiegend trachytischer Aschen- und Lapillituffe zwischen 329,8 (330,6) und 333,75 (334,25) m u. Gel., die reichlich akkretionäre Lapilli (Querschnitte elliptisch und mit dunkleren Säumen) führt.

| Brg. 2 | Brg. 2 A | |
|------------|----------|--|
| — 335,50 m | 336,10 m | <i>Lapilli-Aschentuff</i> , wenig sortiert; in hellbrauner Aschenmatrix sind sehr reichlich größere, eckige bis angerundete, weißgraue trachytische, seltener dunkelgraue basaltische und rotbraune Tonsteinfragmente ($\approx 1,4$ cm ϕ) \pm unsortiert eingestreut (nach unten abnehmend) |
| — 336,00 m | 336,70 m | <i>Aschentuff</i> ; von fahlrotbraun in braunoliv übergehend; ganz vereinzelt größere weißgraue Partikel (≈ 5 mm ϕ) |
| — 336,95 m | 337,20 m | <i>Lapilli-Aschentuff</i> , wie bis 335,50 m u. Gel. (Brg. 2) bzw. 336,10 m u. Gel. (Brg. 2 A) |
| — 338,10 m | 338,70 m | <i>Aschentuff</i> , fahloliv; meist < 1 mm ϕ |
| — 340,95 m | 342,20 m | <i>Lapillituff</i> , mit einzelnen dünnen Aschenlagen; aus hell- bis mitteldunkelgrauen, feinblasigen Lapilli (meist $< 0,7$, vereinzelt bis 2 cm ϕ), zurücktretend kompakte Basalt-, rotbraune Tonstein- und Schluffstein-Auswürflinge; im oberen Teil reichlicher hell- bis weißgrau zersetzte, stärker feinblasige Basaltlapilli; in Blasen Phillipsit- und linsenförmige Chabasitkristalle; hell olivgrau (≈ 5 Y 6/1) bis grau |

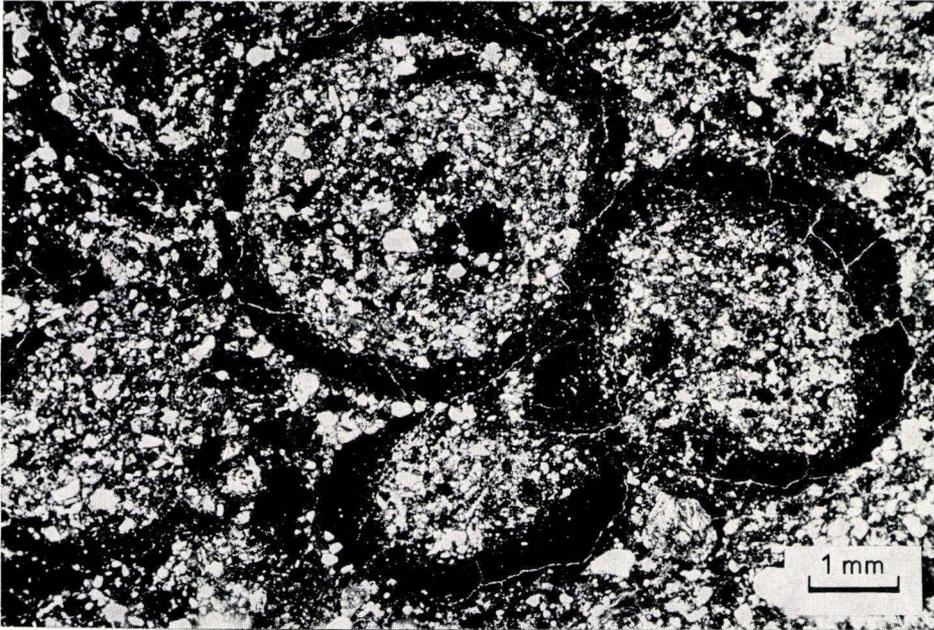


Abb. 58. Akkretionäre Lapilli, eingebettet in quarzkornführenden Aschentuff; jedes Lapilli besteht aus einem äußeren dunkleren, feinkörnigeren Saum und einem deutlich größeren und grobkörnigeren Kern aus klastischen Fragmenten von vorwiegend mikroporphyrischem Trachyt sowie reichlich Quarz-, Quarzit- und Feldspatkörnern, deren Korngröße, -form und -art mit dem umgebenden Aschentuff übereinstimmen;
Pr. 16169/1 (331,22 m u. Gel.; Brg. 2), DS 22067.

- 336,95 m 337,20 m Folge von vorwiegend *trachytischen Gesteins-Kristall-Glas-Lapilli-Aschentuffen* und *-Aschentuffen*; trachytische Fragmente (mikroporphyrisch), Kristalle (Alkalifeldspat > Plagioklas, Hornblende, Klinopyroxen), Quarz- und Quarzitkörnchen, seltener basaltische Fragmente und Tonsteinbruchstücke
- 338,10 m 338,70 m *Alkalibasaltischer Kristall-Glas-Aschentuff*; aus schwach bis stark blasigen, \pm entglasten Glas- und Tachylitfragmenten, die z. T. fluidal angeordnete Plagioklasmikrolithe und vereinzelt Einsprenglinge (die auch als Kristallbruchstücke vorliegen) von Plagioklas (Oligoklas bis Andesin), Hornblende und Klinopyroxen führen
- 340,95 m 342,20 m *Alkalibasaltischer Lapillituff*, mit einzelnen dünnen Aschenlagen; aus vorwiegend juvenilen Glas- und Tachylitfragmenten mit Einsprenglingen von Hornblende, seltener von intensiv grünem Klinopyroxen und von korrodiertem, \pm angerundetem Plagioklas; einzelne xenolithische Fragmente von kompaktem Basanit, Mugearit, Schluffstein; Quarz- und Quarzitkörner

Brg. 2 Brg. 2 A

- 343,55 m 345,10 m Gut geschichtete Wechselfolge (Schichtdicken 1—50 cm) von fahlgelblichbraunen (lagenweise rotstichigen), fein- und grobkörnigen *Aschentuffen* sowie *Aschen-Lapillituffen* (max. 4, meist < 1 cm ϕ); meist aus weißgrauen (kaolinisiert) trachytischen Partikeln; von Schicht zu Schicht wechselnde Anteile von dunkelgrauen, kompakten und blasigen Basaltfragmenten (— 3,5 cm ϕ), rotbraunen Ton- und Schluffsteinauswürflingen (— 2 cm ϕ) in einer \pm kristall- und quarzkornführenden Aschenmatrix; in den unteren 10—30 cm mehrere feinblasige und feinmandelige Alkalibasaltkomponenten (— 5 cm ϕ)
- 344,35 m 346,50 m *Aschentuff*, feinkörnig; schwache Einstreuung von größeren Mafitkristallen und Fragmenten um 1 mm ϕ ; fahlbraun, nach unten übergehend in hellolivgrau (5 Y 5/2); übergehend in
- 344,70 m 346,90 m *Aschentuff*, grobkörnig (1—2 mm ϕ), mafitkristallführend; \pm olivgrau; übergehend in
- 344,80 m 347,00 m *Lapillituff* (2—10 mm ϕ); vorwiegend dunkelgraue und graue, feinblasige Basaltfragmente, einzelne Mafitkristalle
- 347,95 m 350,15 m *Aschentuff*, meist grobkörnig (— 3 mm ϕ), z. T. mit Lapillieinstreuung und einzelnen Lapillilagen (— 8 mm ϕ); Fragmente grau, dunkelgrau, fahloliv und feinblasig mit Phillipsitkristallen; lagenweise mafitkristallführend; im unteren Meter zunehmend weiß- und hellgraue Lapilli; gräulicholiv (10 Y 4/2), nach unten in hellolivgrau (5 Y 6/1) übergehend; übergehend in
- 349,48 m 351,74 m *Aschentuff*, *kristallreich*, grobkörnig; Kristalle und Fragmente bis 5 mm ϕ ; olivgrau (5 Y 3/2), lagig und fleckig lichtolivgrau, in den unteren 40 cm vorherrschend fahloliv (10 Y 6/2) (vgl. Abb. 61)

- 343,55 m 345,10 m Wechselfolge von mäßig sortierten, vorwiegend *trachytischen Gesteins-Aschen bis -Lapillituffen*; angerundete bis eckig-lappige Fragmente von vorherrschend mikroporphyrischem Trachyt (einzelne bis zahlreiche Sanidinleisten, seltener Augit und Hornblende, liegen in entglaster Feinmatrix), Tonstein und Schluffstein, Quarz- und Quarzitkörnern, kompaktem und blasigem Alkali-Olivinbasalt — Basanit (mit Einsprenglingen von Klinopyroxen und Olivin), wechselnd reichlich Kristallbruchstücke von Alkalifeldspat, Hornblende, Klinopyroxen (z. T. grün), Biotit und Titanit
- 349,48 m 351,74 m *Alkalibasaltischer Kristall-Glas-Aschentuff* mit z. T. dünnen Lapillilagen bzw. mit Lapillieinstreuung; aus kaum (dunklere Fragmente) bis extrem blasigen (hellere Fragmente, z. T. calcitmandelig), unterschiedlich oxidierten, wechselnd entglasten und Plagioklasmikrolithe führenden Glas-, zurücktretend Tachylitfragmenten (Abb. 59), z. T. mit Einsprenglingen von Klinopyroxen > Hornblende \geq Olivin, die auch reichlich als Einzelkristalle und Kristallbruchstücke (meist mit randlichen Glasresten) vorliegen (Abb. 60), einzelne Gesteinspartikel aus Alkali-Olivinbasalt, ? Mugearit, Feinsandstein sowie Quarzkörnchen

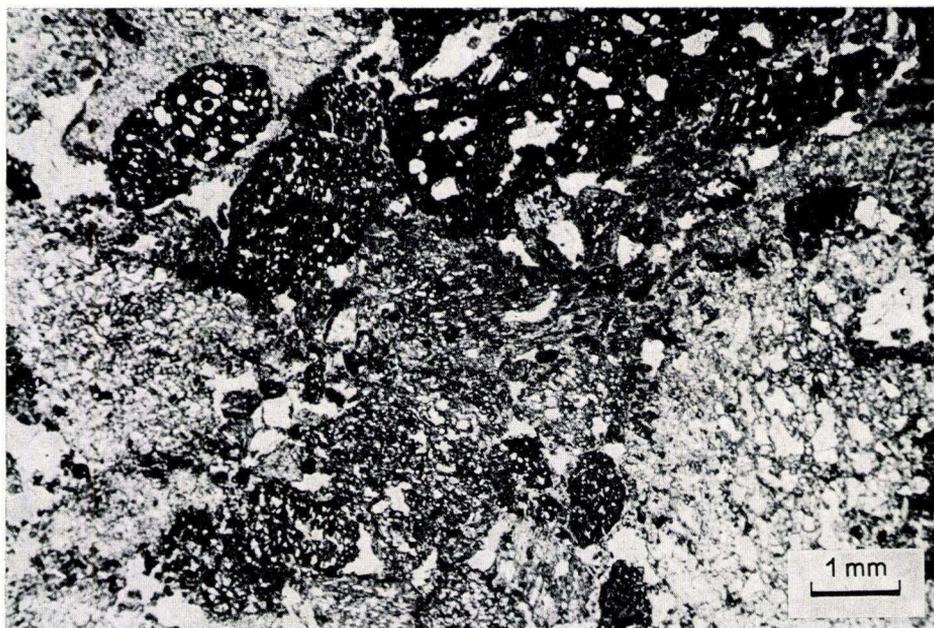


Abb. 59. Alkalibasaltischer Lapillituff; aus wenig blasigen, fast opaken Tachylit- und stark blasigen Glasfragmenten; Pr. 12138 (348,5 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18695.

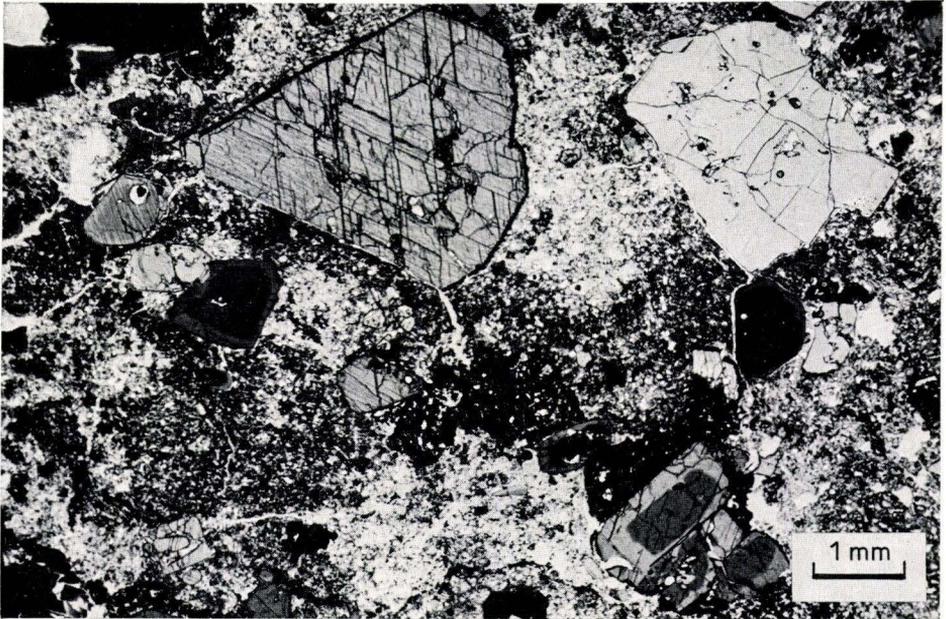


Abb. 60. Alkalibasaltischer Glas-Kristall-Aschentuff, mit reichlich Kristallen von Hornblende (oft mit großem, dunklerem Kern) und Klinopyroxen; Pr. 12140/1 (349,2 m u. Gel.; Brg. 2), DS 18696.

Brg. 2 Brg. 2 A

- 349,58 m 351,77 m *Aschentuff*, fein- und grobkörnig; Partikel meist hellgrau, vereinzelt mittelgraue, meist kompakt; gelblichgrau (vgl. Abb. 61)
- 351,65 m 354,00 m *Aschentuff*, *kristallführend*, meist feinkörnig, nach unten zunehmend grobkörniger; in Poren Phillipsit; lichtolivgrau, lagig reichlich hellgraue Partikel ($\approx 1 \text{ mm } \phi$; in Brg. 2 A in den unteren 10 cm bis 6 mm ϕ); übergehend in
- 352,00 m 355,30 m *Aschentuff*, grobkörnig (meist 1 — 1,5 mm, max. 4 mm ϕ), mafitkristallführend; in den unteren 15 cm kristallreicher; \pm olivgrau, Partikel z. T. gelblichgrau
- Endteufe

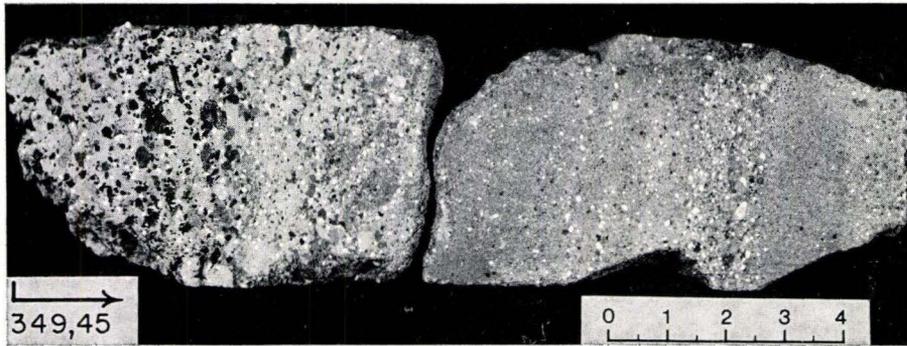


Abb. 61. Kernstücke aus dem Grenzbereich von alkalibasaltischem Glas-Kristall-Aschentuff zu Gesteins-Aschentuff; Brg. 2.

- 349,58 m 351,77 m *Gesteins-Aschentuff*; aus meist kompakten, ? mugearitischen Gesteinsfragmenten, die in einer fluidal struierten, \pm zersetzten Grundmasse aus Plagioklasleistchen, Klinopyroxen und Mesostasis z. T. Mikroinsprenglinge von Plagioklas, Hornblende und selten Klinopyroxen führen; einzelne schwach blasige alkalibasaltische Glaspartikel
- 351,65 m 354,00 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; meist aus eckigen bis lappigen Glaspartikeln, die aus farblosem bis hellbraunem Glas bestehen, in dem \pm subparallel angeordnete Mikrolithe von Klinopyroxennädelchen, seltener Plagioklasleistchen und ganz vereinzelt Einsprenglinge von Hornblende oder Klinopyroxen eingelagert sind; ganz vereinzelte Körnchen von Quarz und Feinsandstein
- 352,00 m 355,30 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; blasige Glaspartikel mit meist bräunlichem Glas, das an Mikrolithen reichlicher Plagioklas als Klinopyroxen führt und auch häufiger Einsprenglinge von Hornblende und Augit enthält
- Endteufe

Brg. 2 A

- 362,35 m *Lapillituff, schwach brockenführend*; Fragmente (0,5—1,5 cm, max. 4 cm, ganz selten um 8 cm ϕ) meist feinblasig, fahloliv bis dunkelgrau, selten rotbraun; in den Blasen Chabasit und Phillipsit; zurücktretend kompakte Basaltauswürflinge (— 20 cm, meist < 4 cm ϕ); ganz selten sind unregelmäßige Aschentufflagen (— 10 cm dick) eingeschaltet; übergehend in
- 366,70 m *Aschentuff*, vorwiegend grobkörnig (meist 1—2 mm ϕ), lagig mafitkristallführend; vereinzelt Lapillilagen sowie Einstreuung von Lapilli (meist $< 0,5$ cm ϕ); grau, vereinzelt hellgrau, ganz selten rotbraun; mit etwas Phillipsit); hellolivgrau (5 Y 6/1 — 5 Y 5/2)
- 381,00 m *Bomben-Lapillituff, \pm verschweißt*; \pm rotbraun; \pm blasige, stark grobporphyrische (Pyroxene — 1,5 cm ϕ) Schlackenfragmente von 1—18 cm ϕ liegen in feiner Matrix (vermutlich Schlackentuff, der nach unten in die Dachschlacke der liegenden Lava übergeht); in Hohlräumen wenig Chabasit, Phillipsit und Calcit
- 382,40 m Mischbereich von liegender Lava und Schlackenfragmenten
- 394,70 m *Ankaramit, grobporphyrisch*; kompakt, \pm dunkelgrau; massenhaft (bis zu 50 Vol.-%) Einsprenglinge von Klinopyroxen (— 2 cm ϕ) und Olivin (— 1 cm ϕ) in feinkörniger Grundmasse; durch deutliche Abnahme der Einsprenglingshäufigkeit \pm übergehend in

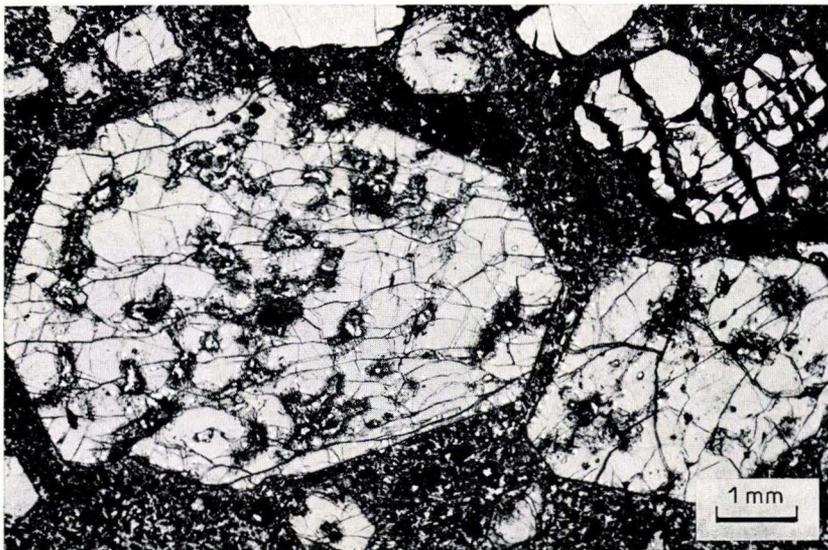


Abb. 62. Ankaramit zwischen 381 und 394,7 m u. Gel. (Brg. 2 A), mit massenhaft Einsprenglingen von Klinopyroxen und Olivin; Pr. 12162 (392,2 m u. Gel; Brg. 2 A), DS 18592.

- 362,35 m *Alkalibasaltischer Lapillituff, schwach brockenführend*; vorherrschend aus juvenilen, schwach (dunkle Farben) bis sehr stark blasigen (fahlolive Farben) Glasfragmenten mit reichlich subparallel eingelagerten Mikrolithen von Klinopyroxen und/oder Plagioklas sowie vereinzelt Einsprenglingen von Klinopyroxen, Hornblende oder Olivin, deutlich zurücktretend aus xenolithischen Fragmenten, wie grobporphyrischer [Klinopyroxen (— 6 mm ϕ) > Olivin] ankaramitischer Basanit, feinporphyrischer Analcim-Basanit und Quarzkörner, wobei letztere in den unregelmäßig eingelagerten vereinzelt Aschentuffbereichen reichlicher vorhanden sind
- 366,70 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; aus \pm blasigen, entglasten Glasfragmenten mit meist nur einzelnen Plagioklasmikrolithen sowie Einsprenglingen von Klinopyroxen und Hornblende; einzelne Quarz- und Quarzitkörnchen; vereinzelt ist sowohl karbonatisches Bindemittel als auch karbonatische Verdrängung und Blasenfüllung festzustellen
- \approx 381,00 m *Ankaramitischer Bomben-Lapillituff (Schlackentuff), kristallreich*; aus \pm blasigen Schlackenfragmenten mit massenhaft Einsprenglingen von Klinopyroxen (— 1,5 cm ϕ) > Olivin (— 2,7 mm ϕ ; immer vollständig viriditisiert) in einer \pm Plagioklasmikrolithe führenden, intensiv erdzurchstäubten Glasmatrix
- 394,70 m *Ankaramit, grobporphyrisch* (Abb. 62) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12161, 12162 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge bis 50 Vol.-%: ca. 12 — 15 % Olivin [Fo_{80,7–81,8} Fa_{18,2–19,2} und Fo_{87,0–87,4} Fa_{12,6–13,0} (vgl. Tab. 3, Pr. 12161); zwei Generationen mit \pm serialem Übergang in die Grundmasse; ca. 3 — 10 mm ϕ und ca. 0,2 — 1,5 mm ϕ ; \pm teildiomorph und meist korrodiert; wechselnd stark von Rändern und Maschen ausgehend viriditisiert], bis 36 % Klinopyroxen [mäßig Ti-Al-reiche Augite bis Salite, Wo_{40,5–46,9} En_{38,7–47,7} Fs_{9,9–14,9} (vgl. Tab. 2, Pr. 12161); max. 2 cm, meist < 5 mm ϕ ; teildiomorph, meist deutlich korrodiert und in den Randzonen sowie in fleckigen Bereichen im Innern mit Grundmasseeinschlüssen durchsetzt; meist fleckig auslöschend; kleinere Kristalle z. T. schalig zonar]

Grundmasse: mäßig subparallel texturiert, intergranular struiert; aus Plagioklasleistchen (Andesin bis Labradorit, z. T. mit Anwachssäumen aus ? Alkalifeldspat; < 200 μ m lang), gedrungenen Klinopyroxensäulchen [Ti-Al-reiche Augite bis Salite, Wo_{42,1–46,7} En_{38,4–45,6} Fs_{9,9–14,8} (vgl. Tab. 2, Pr. 12161); meist < 150 μ m lang], meist zersetzten Olivinkörnchen, reichlich Titanomagnetit (5 — 20 μ m ϕ) und meist nur in wenigen, \pm verstreuten Flecken angereichert Analcim sowie in den kleinen Restzwickeln hellgrünliche kryptokristalline Mesostasis

An Sekundärbildungen sind neben Viridit, seltener Iddingsit, z. T. auch Karbonate vorhanden; ohne Grenze unmittelbar übergehend in

Brg. 2 A

- 396,30 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; kompakt; \pm dunkelgrau, in den untersten 30 cm einzelne rötliche Schlackeneinschlüsse; Einsprenglinge nur noch ca. 10 Vol.-% und nur bis ca. 4 mm ϕ

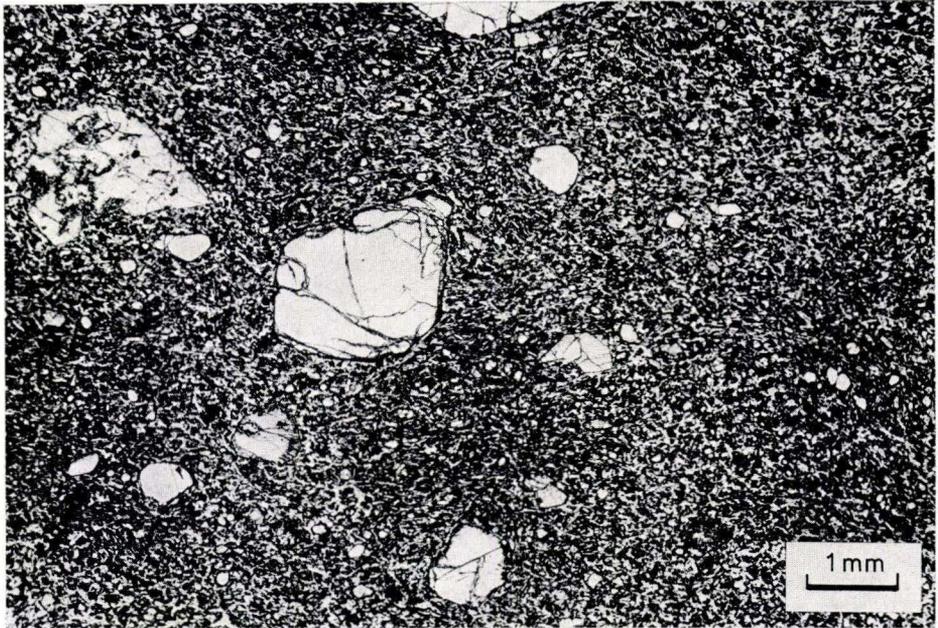


Abb. 63. Alkali-Olivinbasalt zwischen 394,7 und 396,3 m u. Gel. (Brg. 2 A), der ohne erkennbare Grenze nach oben unmittelbar in Ankaramit übergeht; Pr. 12163 (395 m u. Gel.), DS 18593.

- 399,10 m *Bomben-Lapillituff*, \pm verschweißt; aus meist stark blasigen (z. T. auch fast kompakten), stark pyroxenporphyrischen, verschweißten Schlackenfragmenten von 0,5 — 12 cm ϕ , die umgeben sind von meist ziegelroter und olivfarbener, feinkörniger Matrix; Blasen mit Analcim- und wenig Chabasitkristallen; schräge Grenze zu
- 399,40 m *Aschentuff*, grobkörnig, mafitkristallreich (— 4 mm lang); rotbraun; ca. 45° geneigte Kerngrenze zu
- 402,00 m *Aschentuff*, feinkörnig, mit einzelnen eingestreuten größeren, blasigen Partikeln (meist 0,5 — 2 cm ϕ) und Mafitkristallen; von ziegelrot (— 400,60 m u. Gel.) über violettstichig graurot (— 401,50 m u. Gel.) in grauoliv (hier mehr Pyroxenkristalle) übergehend

— 396,30 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* (Abb. 63) [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12163 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge ca. 10 Vol.-%: ca. 6 % Olivin (einzelne stark korrodierte Großeinsprenglinge bis 4,2 mm ϕ und sehr viel Mikroinsprenglinge < 0,5 mm ϕ), bis 5 % Klinopyroxen (— 4 mm ϕ , meist stark korrodiert; gleichen den Klinopyroxenen vom hangenden Ankaramit)

Grundmasse sehr ähnlich der des Ankaramits

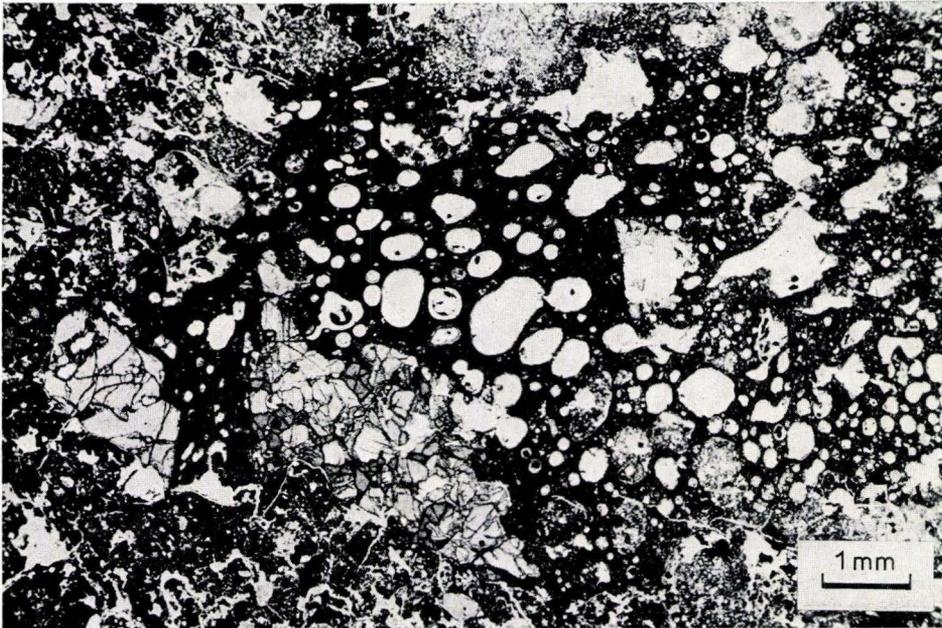


Abb. 64. Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff, mit einem max. 4,2 mm großen Einschluß aus Spinell-Pyroxenit (\approx Mitte der unteren Bildhälfte); Pr. 12167/1 (401,25 m u. Gel.), DS 18718.

— 399,10 m *Ankaramitischer Bomben-Lapillituff* (Schlackentuff), kristallreich; Einsprenglingskristalle (Klinopyroxen, Olivin) entsprechen denen in der Ankaramit-Lava

— 402,00 m *Alkalibasaltischer Glas-Aschentuff*; \pm stark blasige Glasfragmente, die z. T. Einsprenglinge von Klinopyroxen (— 3,6 mm ϕ ; \pm korrodiert, kaum zonar) und zurücktretend von Olivin (völlig zersetzt) sowie ganz vereinzelt Spinell-Pyroxenit-Knöllchen [einmal beobachtet, 4,2 mm ϕ ; aus Orthopyroxen (randlich zersetzt), Klinopyroxen und hellgelbgrünem Spinell (vgl. Abb. 64)] in einer schwach Plagioklasmikrolithe führenden Glasmatrix enthalten; einzelne Quarz- und Quarzitkörnchen (— 1,3 mm ϕ)

Brg. 2 A

- 402,15 m *Aschentuff*, braungrau; mit vielen Quarzkörnern und reichlich hellgrauen trachytischen Komponenten (-4 mm ϕ) in einer feinkörnigen Matrix; übergehend in
- 428,00 m *Aschen-Lapillituff*, mit unregelmäßig eingelagerten Bomben; \pm ungeschichtet; in graugrüner bis grauolivgrüner, weitgehend umgewandelter Aschenmatrix sind rotgraue und graue, meist feinblasige und pyroxenporphyrische (Pyroxen $-0,8$ cm ϕ) Lapilli ($0,2-5$ cm ϕ) und nach unten zunehmend meist stark blasige Bomben (-13 cm ϕ) eingebettet; in Blasen Kristalle von Chabasit, Phillipsit, Analcim, Heulandit und Calcit; übergehend in
- 443,80 m \pm wie vor; Aschenmatrix aber vorwiegend rötlichbraun, selten grünfleckig bis -aderig; Fragmente meist $3-5$ cm, max. 25 cm ϕ , meist stark blasig, einzelne größere Schlacken gedreht; in Blasen Kristalle von Chabasit, Phillipsit, Analcim und Calcit; übergehend in
- 449,60 m *Bomben-Lapillituff*; bis $447,70$ m u. Gel. rötlichbraune Aschenmatrix zwischen den \pm stark blasigen Fragmenten (max. 15 cm, meist < 3 cm ϕ), bis $448,80$ m u. Gel. olivgrau und darunter \pm bräunlich grauoliv; in Blasen selten Analcim- und Calcitkristalle; übergehend in
- 450,30 m *Lapilli-Aschentuff*; in gräulicholivfarbener ($10 Y 4/2$) Asche sind wechselnd häufig blasige Lapilli (meist < 1 cm ϕ) eingebettet
- 450,80 m *Aschentuff*, feinkörnig; \pm fahlbraun ($5 YR 5/2$); kleinstückig — grusig zerfallen
- 451,50 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch*; feinschlackig (aschen-lapillituffartig aussehend); \pm blasige bis schlackige Fragmente ($0,2-4$ cm ϕ) „schwimmen“ in olivgrüner, weitgehend in Bolus und Karbonat umgewandelter aschiger Matrix (Dachschlacke, auf die wahrscheinlich Aschentuff herabgerieselte ist); übergehend in
- 453,00 m wie vor; schwach feinblasig, in den unteren $0,5$ m mehrere Bolusmandeln (-1 cm ϕ); übergehend in
- 453,90 m wie vor; \pm kompakt
- 455,90 m wie vor; schlackig; zwischen den wechselnd blasigen und karbonatmandeligen Fragmenten ($mm-15$ cm ϕ) olivgrauer Bolus und reichlich weißliche Karbonatadern (Sohlschlacke)
- 457,70 m \pm wie vor; stark zersetzt (lapillituffartig aussehend; $mm-4$ cm große, mäßig feinblasige Fragmente „schwimmen“ in olivfarbenem Bolus (? Dachschlacke)
- 466,00 m wie vor; kompakt, mitteldunkelgrau; auf unregelmäßigen Gängchen olivgrüne Bolus-, z. T. auch Karbonatbestege (-3 mm dick; Calcit, Aragonit und Siderit); an Basis ≈ 4 cm dicke, schwarze, dichte glasige Lage

- 402,15 m *Gesteins-Aschentuff* (meist < 1 mm, selten — 4 mm ϕ); Fragmente aus Trachyt (kompakt; z. T. mit Alkalifeldspateinsprenglingen, die auch reichlich als Kristallbruchstücke vorliegen) reichlicher als Quarz- und Quarzitkörnchen, rötliche Ton- und Schluffstein- und Alkali-Olivinbasaltpartikel sowie Kristallbruchstücke von Alkalifeldspat, Klinopyroxen und Hornblende in einer sehr feinkörnigen, \pm chloritisierten Feinasche
- 450,30 m *Alkalibasaltischer Schlackentuff*; kaum geschichtet; von Aschen-Lapillituff durch Zunahme von Bomben und Wurfslaggen nach unten übergehend in Bomben-Lapillituff; \pm ausschließlich aus juvenilen Schlackenfragmenten bestehend

- 466,00 m *Alkali-Olivinbasalt, serial-porphyrisch* [zum Chemismus und Modalbestand vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12182, 15383 und Taf. 4, 6 u. 7]

Einsprenglinge ca. 14 Vol.-%: bis ca. 9 % Olivin (max. 2,8 mm, meist $< 0,5$ mm ϕ ; meist vollständig viriditisiert, z. T. auch karbonatisiert), ca. 5 % Klinopyroxen [Ti-salitis (vor allem die Randsäume), Kernbereiche z. T. mit Grundmasseeinschlüssen durchsetzt]

Grundmasse: mäßig subparalleles Gerüst aus Titanaugitsäulchen, Plagioklasleisten, Titanomagnetit und iddingsitisiertem Olivin, in dessen Zwickel reichlich Analcim (fleckig angereichert und meist intensiv durchsetzt von feinfaserigen bis büscheligen Mikrolithen von vorwiegend wohl Ilmenit) und grünliche mikrokristalline Mesostasis auftreten; an Sekundärbildungen kommen Viridit und Karbonat vor

Brg. 2 A

- 467,45 m *K-Hawaiit*, \pm *aphyrisch*; einzelne Mafiteinsprenglinge (— 4 mm lang); kompakt, \pm mittelgrau; übergehend in
- 471,20 m wie vor; \pm feinblasig und mandelig (Karbonatmandeln — 2 cm lang); in Blasen wenig Phillipsit- und Analcimkristalle; übergehend in
- 472,65 m wie vor; kompakt; an Basis dichte glasige Grenzzone

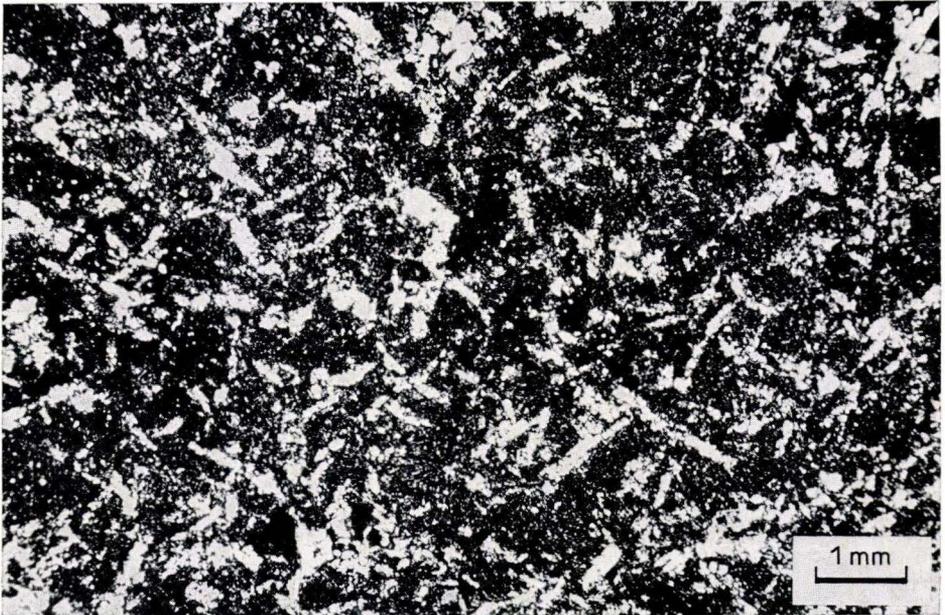


Abb. 65. K-Hawaiit zwischen 466 und 472,65 m u. Gel. (Brg. 2 A); mit weitmaschigem Gerüst aus poikilitischem Plagioklas; Pr. 12324 (466,35 m u. Gel.), DS 18610; + Nic.

- 474,35 m *Alkali-Olivinbasalt*, *porphyrisch*; kompakt, \pm dunkelgrau
- 474,45 m wie vor; blasig, flach ausgezogene Blasen (Sohlzone)

— 472,65 m *K-Hawaiit*, \pm *aphyrisch* (Abb. 65) [zum Chemismus vgl. Taf. 7—9, Pr. 15386, 12324, 12182 und Taf. 6—7]

Einsprenglinge ganz vereinzelt: Klinopyroxen ($-1,3$ mm ϕ) sowie etwas häufiger Hornblende (-2 mm ϕ ; weitgehend opacitisiert)

Grundmasse: aufgebaut aus einem weitmaschigen Gerüst poikilitischer tafeliger Plagioklase [mäßig zonare Andesine ($An_{26,6-51,3}$, meist $< An_{40}$), die vereinzelt randlich in Ca-Anorthoklas ($Or_{26} An_{14,4}$) übergehen (vgl. Tab. 6, Pr. 12324)], in deren Maschen säuliger — nadeliger Klinopyroxen [Ti-Al-Salite, $Wo_{45,2-48,9}$ $En_{34,2-37,9}$ $Fs_{14,9-17,8}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12324); -150 μ m lang], Titanomagnetit (meist < 20 μ m ϕ) und meist sehr reichlich fast farbloses bis hellgrünes Glas [das nach der Gesteinsanalyse potentiell reichlich K_2O führen muß (teils isotrop, teils entglast; evtl. etwas Analcim)] auftreten. Apatitnadeln (bis 300 μ m lang) sind reichlich im Plagioklas eingeschlossen. Zudem tritt Biotit in kleinen Blättchen untergeordnet auf. In unregelmäßigen, helleren Schlieren hingegen ist Biotit neben vorherrschenden Plagioklas-Tafeln, Mesostasis und faserigen — radialstrahligen Zeolithen sehr reichlich vorhanden

An Sekundärbildungen sind reichlich Chlorite und Karbonate zu finden

— 474,45 m *Alkali-Olivinbasalt*, *porphyrisch* [zum Chemismus vgl. Tab. 7—9, Pr. 15392 und Taf. 6—7]

Einsprenglinge: Olivin (\pm serial, $0,1-2,4$ mm, meist $< 0,5$ mm ϕ ; vollständig viriditisiert) \gg Klinopyroxen ($0,2-1,9$ mm, meist $< 0,5$ mm ϕ ; \pm idiomorph, mit ausgeprägt lilastichigem Rand)

Grundmasse: mäßig subparallele Plagioklasleistchen (-150 μ m lang), Klinopyroxensäulchen (-120 μ m lang), Titanomagnetit, reichlich gelbgrüne, \pm chloritische Mesostasis, ? Analcim und Chlorittrümchen

Brg. 2 A

- 476,00 m *Analcim-Basanit*, \pm aphyrisch; feinschlackig (aschen-lapillituffartig aussehend); \pm blasige schlackenartige Fragmente (0,2—5 cm ϕ) schwimmen \pm isoliert in weißlicher, karbonatischer und in olivgrüner Bolus-Matrix (Dachschlacke); in Blasen wenig Chabasitkristalle
- 478,00 m wie vor; blasig und mandelreich (vorwiegend Karbonat); nach unten zunehmend kompakter; übergehend in
- 484,30 m wie vor; kompakt; mit massenhaft eng benachbarten, hellgrauen Sonnenbrandflecken (2—6 mm ϕ); an der Basis (\approx untere 5 cm) reichlich weiße Karbonatschlieren und -mandeln und etwas liegender Tuff eingewühlt
- 485,60 m *Aschentuff-Wechselfolge* von fahlolivfarbenen, grobkörnigen (— 3 mm ϕ) und grauroten, feinkörnigen Lagen
- 490,35 m *Gesteins-Aschen-Brocken-Lapillituff*, schlecht sortiert; in grünlichgrauer (Endteufe) Feinmatrix kommen neben \pm angerundeten Lapilli reichlich Brocken (— 20 cm ϕ) aus stark porphyrischem Basalt vor, an deren meist angerundeter, z. T. feinnarbig polierter Außenhaut Tuff klebt; in den unteren 2 m Brocken vorherrschend

Dank s a g u n g : Für aufschlußreiche Diskussionen und zahlreiche Hinweise ist den Herren Prof. Dr. G. DREYER † (Mainz), Dr. H. HICKETHIER (Wiesbaden), Prof. Dr. V. LORENZ (Mainz) und Prof. Dr. H.-U. SCHMINCKE (Bochum) sehr zu danken.

- 484,30 m *Analcim-Basanit*, \pm *aphyrisch* [zum Chemismus vgl. Tab. 7 — 9, Pr. 12188 und Taf. 6 — 7]

Mikroeingsprönglinge: Olivin (meist 30 — 300 μm , ganz vereinzelt bis 800 μm ϕ); meist randlich und auf Sprüngen, z. T. auch vollständig viriditisiert)

Grundmasse: aus Plagioklasleistchen [Labradorit, $\text{An}_{59,1-69,0}$, vorwiegend um An_{67-70} , an den Rändern vereinzelt bis An_{47} (vgl. Tab. 6, Pr. 12188); meist < 140 μm lang], gedrungenen Klinopyroxensäulchen [Ti-Al-Salite, $\text{Wo}_{45,8-47,3}$ $\text{En}_{35,3-39,4}$ $\text{Fs}_{14,1-18,2}$ (vgl. Tab. 2, Pr. 12188); 20 — 175 μm lang], Titanomagnetit (< 20 μm ϕ), sehr reichlich Analcim [meist in Flecken angereichert und z. T. mit fadenförmigen bis büscheligen Mikrolithen (vorwiegend wohl Ilmenit) durchsetzt] und etwas grünliche \pm kryptokristalline Mesostasis

An endogenen Einschlüssen wurden ein 0,7 mm großer Orthopyroxen mit Reaktionssaum, an exogenen Einschlüssen einige kleine Quarzitkörner beobachtet

An Sekundärbildungen tritt in kleinen Trümchen etwas Karbonat auf, das im Dachschlackenbereich hingegen sehr reichlich als Bindemittel zwischen den Fragmenten auftritt

- 485,60 m *Gesteins-Aschentuff*; aus stark zersetzten, grünlichen, selten rötlichen ? Tonsteinfetzen, Quarz- und Quarzitkörnern und ? Kalksteinbröckchen (möglicherweise karbonatisiertes anderes Material) in feinkristalliner, verbolter Matrix
- 490,35 m (Endteufe) *Glas-Gesteins-Aschen-Brocken-Lapillituff*; in quarkornführende verbolter Feinmatrix sind neben meist stark karbonatisierten und blasigen ehemaligen Glaslapilli wechselnd reichlich kompakte Gesteinsfragmente aus porphyrischem Olivinbasalt [Einsprönglinge von Olivin und Klinopyroxen (oft agglomeriert) in einer subparallelen Grundmasse aus Plagioklas, Klinopyroxen, Ilmenit, Mesostasis und Karbonat] vorhanden

4.2. Zur Petrographie der Ergußgesteine

4.2.1. Modalbestand (Einsprenglingsphasen)

(K.-H. EHRENBERG und G. STRECKER)

Die in den Forschungsbohrungen erbohrten Vulkanite sind sowohl chemisch wie auch modal sehr mannigfaltig. Sie reichen einerseits von Basanit/Alkali-Olivinbasalt über Hawaiiit, Mugearit, Leuko-Latit bis zu Trachyten wie auch andererseits bis zu Ankaramit. Hierbei überwiegen die basischeren Gesteine mengenmäßig deutlich die sauren trachytischen Differentiate, die ihrerseits reichlicher sind als die intermediären mugearitisch-latitischen Produkte.

Die Mehrzahl der durchbohrten Gesteinstypen ist deutlich porphyrisch. Zur Erfassung der modalen Variation der Einsprenglingsphasen wurden 35 Proben mit dem Leitz'schen Integrationstisch vermessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 zusammengestellt und in Taf. 4 veranschaulicht.

Die nur untergeordnet vorkommenden, weitgehend aphyrischen Laven [Analcim-Basanit (Brg. 2 A: 474,45 — 484,30 m u. Gel.), Analcim-Hawaiiit (Brg. 2: 213 — 234,40 m u. Gel.), K-Hawaiiit (Brg. 2 A: 466 — 472,65 m u. Gel.) und Trachyt (Brg. 2/2 A: 252,60 — 289,70 (289,00) m u. Gel.)] sind modal nicht über das im Schichtenverzeichnis Mitgeteilte hinaus erfaßt worden.

Die porphyrischen alkali-olivinbasaltischen und basanitischen Vulkanite führen zwischen ca. 15 und 38 Vol.-% Einsprenglinge von Klinopyroxen und Olivin, wobei bis auf die beiden obersten Lagen Klinopyroxen meist reichlicher vorkommt als Olivin. Im Ankaramit (zwischen 381 und 394,70 m u. Gel.; Brg. 2 A) sind diese Einsprenglingsphasen bis zu ca. 50 Vol.-% angereichert, wobei Klinopyroxen mit ca. 35 Vol.-% den Hauptanteil stellt. In den porphyrischen hawaiitischen Vulkaniten, die durch zahlreiche Übergänge mit den Alkali-Olivinbasalten verbunden sind, beträgt der Anteil an Einsprenglingen max. 13 Vol.-%, wobei Klinopyroxen mit max. 9 Vol.-% die Hauptkomponente bildet, Olivin meist unter 1 % bleibt, dafür aber geringe Mengen von meist vollständig opacitisierter Hornblende (— 3 Vol.-%) und von meist stark korrodiertem Plagioklas (— 1,3 Vol.-%) auftreten.

Im Mugearit fehlt unter den Einsprenglingen Olivin vollständig, Klinopyroxen ist mit ca. 2 — 4 Vol.-% kaum reichlicher als Hornblende (oft vollständig frisch) vorhanden, hingegen beträgt der Gehalt an Plagioklas (meist Andesin) ca. 4 — 7 Vol.-%.

In dem \pm aphyrischen Leuko-Latit (3,3 Vol.-% Einsprenglinge) kommen neben Spuren von xenolithischem Olivin (< 0,3 Vol.-%) und Klinopyroxen (— 1,3 Vol.-%) nur ganz geringe Mengen von Hornblende (— 0,6 Vol.-%) und Plagioklas (— 1 Vol.-%) als Einsprenglinge vor.

Der porphyrische Trachyt (Brg. 1) führt außer Einsprenglingen von Alkalifeldspat (10 — 12 Vol.-%) auch solche von Hornblende (— 1,3 Vol.-%), Biotit, Aegirinaugit, Titanit und Apatit. In einzelnen größeren Schlieren (Abb. 20) sind letztere z. T. stark angereichert.

Die aufgeführten Unterschiede zwischen den einzelnen Gesteinstypen in der Einsprenglingsführung sind z. T. nicht nur in durch Grenzen voneinander getrennten Vulkaniten anzutreffen, sondern können z. T. auch unmittelbar übereinander liegen, ohne daß zwischen den verschiedenen Gesteinen irgendwelche der sonst üblichen Grenzmerkmale (wie z. B. Schlacken- und Blasen zonen oder Glasrinden) vorkämen.

So besteht z. B. der Lavastrom zwischen 171,0 und 208,60 m u. Gel. (Brg. 2) in seinem oberen Teil aus porphyrischem Alkali-Olivinbasalt mit bis zu 17 % Klinopyroxen- und

7% Olivineinsprenglingen, der bei 205,66 m u. Gel. unmittelbar in \pm aphyrischen Leuko-Latit (Tab. 7, Abb. 28 — 30) übergeht. Zwischen beiden gibt es keine Grenzmerkmale, sondern nur eine ca. 25 cm mächtige Zone, in der xenolithische, nicht resorbierte Alkali-Olivinbasalt-Linsen und -Xenokristalle im Leuko-Latit liegen (Abb. 28 u. 31). Der Alkali-Olivinbasalt unmittelbar über der Grenze unterscheidet sich von seinem hangenden Teil durch \pm hawaitischen Chemismus und Modalbestand. Dies wird u. a. auch durch eine merklie Abnahme der Klinopyroxen- und Olivineinsprenglinge sowie durch das Auftreten von opacitisierter Hornblende angezeigt.

Eine nicht so unterschiedliche Gesteinsfolge tritt in der Lage zwischen 291,80 (291,60) und 304,35 (304,00) m u. Gel. der Brg. 2/2 A auf, wo der obere porphyrische Hawaiiit unmittelbar bei 303,20 (302,80) m u. Gel. nach unten in porphyrischen Mugearit übergeht, ohne daß eine Grenze oder eine Mischzone erkennbar wäre. Dies ist auch in dem Horizont zwischen 381,0 und 396,30 m u. Gel. (Brg. 2 A) nicht der Fall, wo extrem porphyrischer (— 50 Vol.-%) Ankaramit bei \approx 394,70 m u. Gel. unmittelbar von mäßig porphyrischem (— 10 Vol.-%) Alkali-Olivinbasalt unterlagert wird.

Diese sprunghaften Gesteinswechsel von basischeren Gesteinen (Alkali-Olivinbasalt, Hawaiiit, Ankaramit) zu jeweils saureren Gesteinen (Leuko-Latit, Mugearit, Alkali-Olivinbasalt) belegen, daß die Übereinanderschichtungen im Schmelzzustand erfolgten, ohne daß es dabei zu einer wesentlichen Mischung der verschiedenen Schmelzen gekommen wäre. Eine Differenzierung (Kristallfraktionierung) innerhalb der Lagen ist schon wegen des Auftretens der saureren Gesteine jeweils an der Basis der Einheiten auszuschließen.

4.2.2. Quantitative Untersuchungen mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde an den wichtigsten Mineralphasen

(K.-H. EHRENBERG, G. STRECKER und M. SUŠIĆ)

Analysenmethode

Die chemische Zusammensetzung wichtiger Mineralphasen wurde mit Hilfe einer vollautomatisierten Elektronenstrahl-Mikrosonde (EM) vom Typ Camebax an polierten, mit Kohlenstoff bedampften Dünnschliffen ermittelt.

Die zu messenden Kristalle wurden mittels ihrer durchlichtmikroskopischen Charakteristik ausgewählt und die Meßstellen per Hand an der Sonde eingestellt.

Zur Analyse wurde die $K_{\alpha 1}$ -Strahlung ausgenutzt. Die jeweiligen Wellenlängen und die verwendeten Analysatorkristalle sind folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

| Element | λ (Å) | Analysatorkristall |
|---------|---------------|--------------------|
| Na | 11,91010 | TAP |
| Mg | 9,89000 | TAP |
| Al | 8,33934 | TAP |
| Si | 7,12542 | TAP |
| K | 3,74140 | PET |
| Ca | 3,35839 | PET |
| Ti | 2,74851 | PET |
| Fe | 1,93604 | LiF |

Die Ausstattung der Mikrosonde ermöglicht eine gleichzeitige Messung von vier Elementen. Alle Messungen wurden mit 15 kV Anregungsspannung, $2,1 \times 10^{-8}$ Å Probenstrom, 10 sec. Meßzeit (Zählzeit) und fokussiertem Strahl ($< 1 \mu\text{m}$ Strahldurchmesser) durchgeführt.

Tab. 2. Klinopyroxen-Analysen von unterschiedlichen Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2A (ausgewählte EM-Durchschnittsanalysen)

| ART | BS | BS,P | | ANK | | | A0B,P | | A0B,P | | | A0B,P | | | A0B,P | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| BRG. | 2A | 2 | | 2A | | | 2 | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | | | |
| TEUFE | 484.05 | 132.55 | | 387.10 | | | 16.15 | | 23.40 | | | 118.45 | | | 160.40 | | | | | |
| PROBE | 12188 | 12060 | 12060 | 12161 | 12161 | 12161 | 12004 | 12004 | 12010 | 12010 | 12010 | 12010 | 12054 | 12054 | 12054 | 12069 | 12069 | 12069 | 12069 | 12069 |
| ART | PYR-G | PYR-E | PYR-G | PYR-E ₃ | PYR-E ₂ | PYR-G | PYR-E | PYR-G | PYR-E | PYR-E ₆ | PYR-E ₆ | PYR-G | PYR-E ₁ | PYR-E ₂ | PYR-G | PYR-E ₁ | PYR-E ₂ | PYR-E ₃ | PYR-E ₃ | PYR-G |
| SI02 | 43.36 | 47.86 | 45.95 | 50.13 | 48.56 | 47.64 | 48.96 | 48.80 | 48.23 | 46.42 | 49.57 | 47.80 | 48.33 | 49.29 | 48.40 | 46.36 | 48.13 | 50.30 | 48.70 | 48.72 |
| TI02 | 3.94 | 1.54 | 2.72 | 1.24 | 1.80 | 2.04 | 1.00 | 1.11 | 1.48 | 1.58 | 1.22 | 1.58 | 1.69 | 1.65 | 1.71 | 1.72 | 1.07 | 0.83 | 1.66 | 1.54 |
| AL203 | 7.65 | 5.10 | 5.86 | 4.02 | 5.55 | 4.71 | 4.52 | 4.45 | 5.96 | 5.55 | 4.46 | 6.01 | 5.86 | 3.80 | 3.63 | 6.38 | 4.27 | 3.70 | 4.11 | 3.64 |
| FE0 | 7.73 | 5.51 | 7.71 | 6.08 | 6.63 | 6.81 | 6.08 | 6.67 | 8.08 | 13.49 | 6.82 | 8.37 | 6.52 | 7.20 | 7.68 | 8.31 | 8.94 | 7.19 | 7.48 | 7.22 |
| MG0 | 12.19 | 14.15 | 11.90 | 15.52 | 13.99 | 14.12 | 15.23 | 14.95 | 13.64 | 8.43 | 14.87 | 13.41 | 13.92 | 14.04 | 13.84 | 12.60 | 12.38 | 16.35 | 13.87 | 14.14 |
| CA0 | 22.24 | 22.37 | 22.11 | 19.82 | 21.49 | 21.51 | 20.25 | 20.67 | 20.42 | 21.03 | 20.48 | 20.75 | 21.31 | 21.39 | 21.80 | 21.21 | 21.33 | 18.77 | 21.18 | 21.41 |
| NA20 | 0.41 | 0.49 | 0.59 | 0.66 | 0.72 | 0.44 | 0.55 | 0.50 | 0.73 | 1.28 | 0.53 | 0.69 | 0.67 | 0.62 | 0.59 | 0.82 | 1.05 | 0.58 | 0.59 | 0.55 |
| K20 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | - | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - |
| SUMME | 97.53 | 97.03 | 96.85 | 97.48 | 98.74 | 97.28 | 96.59 | 97.16 | 98.55 | 97.78 | 97.95 | 98.62 | 98.31 | 98.00 | 97.65 | 97.41 | 97.18 | 97.73 | 97.60 | 97.22 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SI | 1.68 | 1.83 | 1.78 | 1.89 | 1.82 | 1.82 | 1.87 | 1.86 | 1.82 | 1.82 | 1.87 | 1.81 | 1.82 | 1.87 | 1.85 | 1.78 | 1.86 | 1.89 | 1.86 | 1.86 |
| AL | 0.32 | 0.17 | 0.22 | 0.11 | 0.18 | 0.18 | 0.13 | 0.14 | 0.18 | 0.18 | 0.13 | 0.19 | 0.18 | 0.13 | 0.15 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.14 | 0.14 |
| TI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Z | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| AL | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| TI | 0.11 | 0.04 | 0.08 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.04 |
| FE | 0.25 | 0.18 | 0.25 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.19 | 0.21 | 0.26 | 0.44 | 0.22 | 0.27 | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.29 | 0.23 | 0.24 | 0.23 |
| MG | 0.70 | 0.81 | 0.69 | 0.87 | 0.78 | 0.80 | 0.87 | 0.85 | 0.77 | 0.49 | 0.84 | 0.76 | 0.78 | 0.79 | 0.79 | 0.72 | 0.71 | 0.92 | 0.79 | 0.81 |
| CA | 0.92 | 0.91 | 0.92 | 0.80 | 0.86 | 0.88 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 0.89 | 0.83 | 0.84 | 0.86 | 0.87 | 0.89 | 0.87 | 0.88 | 0.76 | 0.87 | 0.88 |
| NA | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.10 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| K | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| WXY | 2.05 | 2.03 | 2.03 | 2.01 | 2.03 | 2.03 | 2.02 | 2.03 | 2.03 | 2.05 | 2.02 | 2.04 | 2.03 | 2.02 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.02 | 2.03 | 2.03 |
| EN | 37.78 | 42.07 | 37.02 | 45.82 | 41.56 | 41.93 | 45.17 | 43.98 | 40.96 | 27.23 | 43.91 | 40.16 | 41.78 | 41.36 | 40.35 | 38.28 | 36.87 | 47.33 | 41.13 | 41.54 |
| WO | 46.54 | 46.81 | 47.47 | 42.15 | 45.22 | 45.03 | 42.85 | 43.38 | 43.31 | 48.00 | 42.93 | 43.82 | 44.88 | 45.23 | 46.00 | 45.67 | 46.95 | 39.50 | 44.89 | 45.26 |
| FS | 15.68 | 11.12 | 15.51 | 12.03 | 13.23 | 13.04 | 11.98 | 12.65 | 15.73 | 24.78 | 13.16 | 16.02 | 13.34 | 13.41 | 13.65 | 16.06 | 16.18 | 13.17 | 13.98 | 13.20 |
| XX | 7.00 | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 6.00 | 4.00 | 9.00 | 6.00 | 1.00 | 1.00 | 8.00 | 1.00 | 5.00 | 7.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5.00 |
| N | 14.00 | 8.00 | 6.00 | 12.00 | 15.00 | 11.00 | 10.00 | 16.00 | 16.00 | 2.00 | 3.00 | 20.00 | 29.00 | 9.00 | 8.00 | 9.00 | 13.00 | 7.00 | 8.00 | 8.00 |

Abkürzungen:

ART: PYR-G = Pyroxene der Grundmasse
 PYR-E = Pyroxen-Einsprenglinge

XX: Anzahl der vermessenen Kristalle
 N : Anzahl der Punktmessungen

Gesteinstypen: ANK = Ankaramit
 BS = Analcim-Basanit, ± aphyrisch
 BS,P = Basanit, porphyrisch
 A0B,P = Alkali-Olivin-Basalt, porphyrisch
 HW = Analcim-Hawaiit, ± aphyrisch
 HW,P = Hawaiit, porphyrisch

KHW = K-Hawaiit
 MG,P = Mugearit, porphyrisch
 LLT = Leuko-Latit, ± aphyrisch
 TR = Trachyt, aphyrisch
 TR,P = Trachyt, porphyrisch

Fortsetzung Tab. 2.

| ART | AOB, P | | | | | AOB, P | HW | KHW | HW, P | | HG, P | | | | | LLT | LLT | TR | | TR, P | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|--------|--------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| BRG. | 2 | | | | | 2 | 2 | 2A | 1 | | 2 | | | | | 2 | 2 | 2A | | 1 | |
| TEUFE | 204.40 | | | | | 205.65 | 220.65 | 466.05 | 162.40 | | 303.60 | | | | | 205.67 | 207.35 | 267.75 | | 55.35 | |
| PROBE | 12084 | 12084 | 12084 | 12084 | 12084 | 15529/2 | 12090 | 12324 | 12319 | 12319 | 12117 | 12117 | 12117 | 12117 | 12117 | 15529 | 15397 | 12143 | 12143 | 12199 | 12199 |
| ART | PYR-E ₁ | PYR-E ₁ | PYR-E ₂ | PYR-E ₃ | PYR-G | PYR-G | PYR-G | PYR-G | PYR-E | PYR-G | PYR-E ₁ | PYR-E ₁ | PYR-E ₂ | PYR-E ₂ | PYR-G | PYR-G | PYR-G | PYR-E | PYR-G | PYR-G | PYR-G |
| | grüner Kern | Rand | | | | | | | | | Kern | Rand | Kern | Rand | | | | | | | |
| SI02 | 47.98 | 46.01 | 45.56 | 48.53 | 46.19 | 47.48 | 43.25 | 44.16 | 48.48 | 46.83 | 45.50 | 48.46 | 49.47 | 46.49 | 47.53 | 46.50 | 45.23 | 49.53 | 49.54 | 51.88 | 52.44 |
| TI02 | 1.16 | 2.12 | 1.84 | 1.32 | 2.38 | 1.97 | 3.87 | 3.67 | 1.92 | 1.99 | 2.55 | 1.63 | 1.23 | 2.30 | 2.31 | 2.13 | 2.82 | 1.09 | 1.52 | 0.71 | 1.73 |
| AL203 | 4.02 | 6.40 | 6.98 | 5.83 | 6.99 | 6.94 | 8.12 | 8.17 | 4.10 | 3.61 | 7.56 | 5.39 | 4.25 | 7.03 | 4.63 | 6.36 | 6.77 | 3.19 | 2.82 | 1.39 | 0.99 |
| FE0 | 11.12 | 7.77 | 8.28 | 7.38 | 7.88 | 6.65 | 8.28 | 8.20 | 7.22 | 7.55 | 8.86 | 6.98 | 8.52 | 8.01 | 7.88 | 10.29 | 11.25 | 9.59 | 8.30 | 9.32 | 25.40 |
| HG0 | 10.69 | 12.68 | 12.09 | 13.40 | 12.51 | 13.27 | 11.20 | 11.56 | 13.29 | 13.20 | 11.07 | 14.09 | 13.20 | 12.61 | 12.52 | 11.37 | 10.48 | 11.76 | 13.26 | 13.03 | 1.09 |
| CA0 | 20.95 | 21.87 | 21.41 | 21.22 | 21.91 | 21.72 | 21.89 | 22.41 | 21.94 | 21.82 | 22.03 | 21.60 | 21.52 | 21.81 | 21.26 | 21.85 | 21.74 | 21.52 | 22.54 | 21.16 | 3.17 |
| NA20 | 1.50 | 0.67 | 0.79 | 0.83 | 0.74 | 0.74 | 0.75 | 0.65 | 0.68 | 0.83 | 0.97 | 0.66 | 1.02 | 0.80 | 0.83 | 0.89 | 1.03 | 1.49 | 0.90 | 1.07 | 11.69 |
| K20 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - | 0.04 | 0.09 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | 0.06 | 0.02 | 0.05 | - | 0.03 | 0.04 | 0.04 |
| SUMME | 97.43 | 97.53 | 96.96 | 98.52 | 98.61 | 98.77 | 97.40 | 98.91 | 97.64 | 97.85 | 98.55 | 98.82 | 99.21 | 99.06 | 97.02 | 99.41 | 99.37 | 98.17 | 98.91 | 98.60 | 96.55 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SI | 1.87 | 1.77 | 1.76 | 1.83 | 1.76 | 1.79 | 1.68 | 1.69 | 1.85 | 1.86 | 1.74 | 1.82 | 1.86 | 1.76 | 1.83 | 1.77 | 1.74 | 1.90 | 1.88 | 1.97 |
| AL | 0.13 | 0.23 | 0.24 | 0.17 | 0.24 | 0.21 | 0.32 | 0.31 | 0.15 | 0.14 | 0.26 | 0.18 | 0.14 | 0.24 | 0.17 | 0.23 | 0.26 | 0.10 | 0.12 | 0.03 |
| TI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Z | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| AL | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.09 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.03 |
| TI | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.06 | 0.11 | 0.11 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.03 | 0.04 | 0.02 |
| FE | 0.36 | 0.25 | 0.27 | 0.23 | 0.25 | 0.21 | 0.27 | 0.26 | 0.23 | 0.24 | 0.28 | 0.22 | 0.27 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0.36 | 0.31 | 0.26 | 0.30 |
| HG | 0.62 | 0.73 | 0.70 | 0.75 | 0.71 | 0.74 | 0.65 | 0.66 | 0.76 | 0.75 | 0.63 | 0.79 | 0.74 | 0.71 | 0.72 | 0.65 | 0.60 | 0.67 | 0.75 | 0.74 |
| CA | 0.88 | 0.90 | 0.89 | 0.86 | 0.89 | 0.88 | 0.91 | 0.92 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.88 | 0.89 | 0.90 | 0.88 | 0.92 | 0.86 |
| NA | 0.11 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.11 | 0.07 | 0.08 |
| K | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| WXY | 2.06 | 2.05 | 2.05 | 2.03 | 2.05 | 2.03 | 2.05 | 2.05 | 2.03 | 2.03 | 2.05 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.03 | 2.06 | 2.07 | 2.05 | 2.05 | 2.02 |
| EN | 32.28 | 38.44 | 37.37 | 40.19 | 38.04 | 40.28 | 35.61 | 36.00 | 39.58 | 39.04 | 34.68 | 41.45 | 38.48 | 38.13 | 38.21 | 34.40 | 32.16 | 34.64 | 37.83 | 37.65 |
| WO | 47.98 | 46.42 | 46.22 | 45.22 | 46.33 | 45.75 | 47.28 | 47.31 | 46.79 | 47.04 | 47.64 | 45.13 | 46.19 | 46.09 | 46.54 | 46.69 | 47.22 | 48.52 | 48.08 | 46.50 |
| FS | 19.74 | 15.14 | 16.41 | 14.59 | 15.63 | 13.97 | 17.11 | 16.69 | 13.62 | 13.91 | 17.68 | 13.43 | 15.33 | 15.78 | 15.25 | 18.91 | 20.62 | 16.84 | 14.09 | 15.84 |
| XX | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 6.00 | 3.00 | 8.00 | 7.00 | 1.00 | 5.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 4.00 | 1.00 |
| N | 32.00 | 12.00 | 8.00 | 8.00 | 12.00 | 9.00 | 14.00 | 12.00 | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 16.00 | 4.00 | 11.00 | 8.00 | 3.00 | 12.00 | 12.00 | 9.00 | 1.00 |

Für die Messungen wurden vom Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) analysierte Referenzproben verwendet, für Na: Albit-; Mg: Forsterit-; Al, Si, K: Orthoklas; Ca, Fe: Andradit-; Ti: Anatas-Kristalle.

Zur Korrektur der Meßwerte wurde ein Korrekturprogramm der Firma Cameca (sog. ZAF-Korrektur) auf einer PDP 11/05 Rechenanlage benutzt.

4.2.2.1. Pyroxene

In den Vulkaniten der Forschungsbohrungen treten ausschließlich Klinopyroxene auf, die meist sowohl reichlich als Einsprenglinge wie auch als Grundmassekristalle auftreten. Die Kristalle beider Generationen sind fast immer deutlich zonar gebaut, mit z. T. sehr starker Variation der Zusammensetzung sowohl innerhalb eines Einsprenglings wie auch von Einsprengling zu Einsprengling und von den Einsprenglingen zu den Grundmassebestandteilen.

Insgesamt wurden 456 Einzelmessungen vorgenommen. Die Anzahl der Messungen pro Probe als auch pro Kristall ist nicht einheitlich (s. Angaben XX und N in Tab. 2). An stark zonar gebauten Einsprenglingen wurden vereinzelt bis zu 44 Punkte (meist aber < 10) vermessen, während an Grundmassepyroxenen pro Kristall meist nur 2—3 Punktanalysen durchgeführt wurden.

Auf der Basis von 6 Sauerstoffatomen in der Formeleinheit wurde die Strukturformel $(WXY)_2Z_6O_2$ aus den in Oxidform erhaltenen Ergebnissen berechnet. Die Z-Position wurde mit Si und einem Teil des Al (Al^{IV}) auf 2,0 aufgefüllt, eine zusätzliche Aufteilung des Ti hierfür (SCHORER 1970: 133) war bei keiner der Analysen nötig. Das verbleibende Al (Al^{IV}) wurde zusammen mit den übrigen Elementen zu WXY zusammengefaßt. Diese Summe diente teilweise zur Kontrolle der Analysen, da sie im stöchiometrischen Idealfall 2,0 betragen muß. Im vorliegenden Fall realer Kristalle bewegte sich dieser Wert zwischen 2,01 und 2,08. Diese Abweichung weist auf einen bestimmten Anteil von Fe^{3+} in der Pyroxenstruktur hin, der mit der Mikrosonde nicht von Fe^{2+} abzutrennen ist.

Bei der Ermittlung der Molverhältnisse Wo, En und Fs wurde nach OOSTEROM (1963: 253) vorgegangen. Hierbei werden nicht nur die Verhältnisse von Ca, Mg und Fe berücksichtigt, sondern es wird jeweils die Hälfte des Al^V und des Ti^V zu Mg bzw. Fe geschlagen, wodurch praktisch alle Analysenpunkte im Pyroxentrapez unterhalb der 50- 0 -Wo-Linie zur Darstellung kommen.

Tab. 2 enthält die aus den Einzelmessungen abgeleiteten Mittelwerte. Hierbei wurden bei den Einsprenglingen Durchschnittsanalysen von mehreren Kristallen nur von ähnlichen Einsprenglingen gebildet, aber Mittelwerte stärker untereinander abweichender Einsprenglinge getrennt aufgeführt und oft noch in Kern- und Randzonen aufgeteilt.

In der Benennung der Klinopyroxene wird der Nomenklatur von POLDERVAART & HESS (1951) gefolgt. Durch Zusätze über die Gehalte an Al_2O_3 , TiO_2 und Na_2O wird die Bezeichnung wie folgt erweitert⁶ (VIETEN 1972: 293):

| | | |
|-----------|-------------|-------------------------|
| Al_2O_3 | 4,0 — 7,0 % | Al-reicher Klinopyroxen |
| Al_2O_3 | > 7,0 % | Al- " |
| TiO_2 | 1,5 — 3,0 % | Ti-reicher " |
| TiO_2 | > 3,0 % | Ti- " |
| Na_2O | 1 — 1,5 % | Na-reicher " |
| Na_2O | > 1,5 % | Na- " |

Aus Tab. 2 und Taf. 5 lassen sich folgende Ergebnisse verallgemeinert zusammenfassen (vgl. u. a. SCHORER 1970):

1. Mit Ausnahme einzelner Aegirinaugite im porphyrischen Trachyt der Brg. 1 (Pr. 12199) handelt es sich ausschließlich um Ca-reiche Klinopyroxene von vorwiegend

⁶ Cr-Gehalte wurden wegen unbefriedigender Analysenergebnisse nicht berücksichtigt.

salitischer, seltener augitischer Zusammensetzung. Die Al- und Ti-Gehalte sind — wie bei alkalischen Gesteinen üblich — meist erhöht, mit oft beträchtlicher Streuung.

2. In den meisten Proben sind merkbliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Einsprenglinge und der Grundmassekristalle vorhanden, wobei die Ränder der Einsprenglinge in ihrer Zusammensetzung gewöhnlich derjenigen der Grundmassepyroxene gleichen.

Bei geringen Variationen für Si und Ca zeigen die Mg-, Fe-, Ti-, Al- und Na-Gehalte die stärksten Unterschiede. Hierbei prägen unterschiedliche Al- und Ti-Gehalte den Zonarbau vieler Klinopyroxene mehr als Variationen der Mg- und Fe-Gehalte. Die Al_2O_3 - und TiO_2 -Gehalte sind deutlich positiv miteinander korreliert, während der SiO_2 -Gehalt dazu gegenläufig ist.

In der Mehrzahl der untersuchten Klinopyroxene ist sowohl von den Kernzonen zonar gebauter Einsprenglinge zu ihren Randzonen wie auch zu den Grundmassekristallen hin eine Fe-, Al- und Ti-Anreicherung sowie Mg-Abnahme bei meist fast gleichbleibendem Ca-Gehalt feststellbar.

Den genau umgekehrten Entwicklungstrend findet man, z. T. in den gleichen Proben (z. B. Pr. 12010, 12084, 12117), bei Einsprenglingen mit \pm grünlichen, oft korrodierten Kernzonen (Tab. 2, Abb. 66) vor. Hier sind die Kernzonen im allgemeinen



Abb. 66. 2 Klinopyroxen-Einsprenglinge [im porphyrischen Mugearit zwischen 303,2 (302,8) und 304,35 (304) m u. Gel. der Brg. 2/2 A] mit genau umgekehrten Entwicklungstrends von den Kern- zu den Randzonen: im linken Einsprengling Al- und Ti-Anreicherung und Si-Mg-Abnahme und im rechten Einsprengling Fe-Al-Ti-Verarmung und Si-Mg-Anreicherung [vgl. Tab. 2, Pr. 12117 (303,6 m u. Gel.; Brg. 2)].

Na-, Ti-, Al- und vor allem Fe-reich, während die Randzonen durch meist sprunghafte Verarmung an diesen Elementen und durch Anreicherung von Mg und Si gekennzeichnet sind (vgl. u. a. DUDA & SCHMINCKE 1978).

Während sich die bisher aufgeführten Veränderungen bei relativ gleichbleibendem Ca-Gehalt vollziehen, ist in einem Olivin-Klinopyroxen-Agglomerat der Pr. 12069 eine merklich abweichende Entwicklung festzustellen. Hier wird ein schon stark korrodierter, einschlußfreier augitischer Kern mit auffällig niedrigem CaO und TiO₂ von einem deutlich Ca-, Ti- und Mg-reicheren, stark mit Grundmasse pigmentierten, Ti-Al-reichen Augit verdrängt (Tab. 2). Die Ca-Ti-armen Relikte stellen wohl Reste von Hochdruckkristallisaten dar.

3. Gesetzmäßige Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Klinopyroxene im Verlauf der magmatischen Differentiation sind aus den vorliegenden Meßergebnissen infolge der großen Variationsbreiten innerhalb der einzelnen Gesteinstypen sowie der starken Überlappungen mit anderen Typen nicht eindeutig abzuleiten. Ähnlich den Ergebnissen von HUCKENHOLZ (1965, 1966) und VIETEN (1979) deuten sich aber mit abnehmender Basizität der Vulkanite eine Zunahme von Fe und Na in den Klinopyroxenen an, die vereinzelt bis zu Aegirinaugiten in dem porphyrischen Trachyt der Brg. 1 (Tab. 2, Pr. 12199) führen kann. Nach VIETEN (1979) kann die Variation der Klinopyroxenzusammensetzung nicht allein auf Unterschiede in der Schmelzzusammensetzung und -temperatur zurückgeführt werden, sondern ist zusätzlich oder sogar maßgeblich von der Sauerstoff-Fugazität und/oder der Mineralparagenese abhängig.

In den ausgehaltenen Gesteinstypen wurden die nachstehenden Klinopyroxen-Typen (Tab. 2) festgestellt.

A b k ü r z u n g e n : E = Einsprenglinge, G = Grundmassekristalle

Angaben für die Oxide in Gew.-% und für die Lage im Pyroxentrapez in Mol.-%

Analcim-Basanit, ± apyhrisch (Pr. 12188):

G: Al-Ti-Salite (Al₂O₃: 5,7 — 10,5 %, TiO₂: 3,0 — 5,4 %);

Wo_{45,8—47,3} En_{35,3—39,4} Fs_{14,1—18,2}

Basanit, porphyrisch (Pr. 12060):

E: Al-reiche Salite (Al₂O₃: 3,8 — 5,8 %, TiO₂: 1,1 — 1,8 %);

Wo_{46,5—47,2} En_{41,3—43,1} Fs_{9,9—11,9}

G: Ti-Al-reiche Salite (Al₂O₃: 4,3 — 8,5 %, TiO₂: 2,3 — 4,8 %);

Wo_{47,0—48,8} En_{31,9—35,4} Fs_{9,6—19,4}

Alkali-Olivinbasalt, porphyrisch (Ol-E > KPX-E; Pr. 12004 und 12010);

E: Al-reiche Augite (Al₂O₃: 2,5 — 9,1 %, TiO₂: 0,8 — 2,7 %);

Wo_{40,6—45,8} En_{37,9—46,7} Fs_{10,8—18,3}

einzelne grünliche, Na-Al-reiche Ferrosalite-Kernzonen (Na₂O: 1,2 — 1,4 %, Al₂O₃: 4,8 — 6,3 %, TiO₂: 1,1 — 2,1 %);

Wo_{47,4—48,5} En_{26,7—27,7} Fs_{24,7—24,8}

G: Ti-Al-reiche Augite bis Al-Augite (Al₂O₃: 3,0 — 8,6 %, TiO₂: 0,7 — 2,5 %);

Wo_{40,7—45,0} En_{38,0—47,0} Fs_{11,4—20,6}

Alkali-Olivinbasalte, porphyrisch (KPX-E > Ol-E; Pr. 12054 u. 12069):

E: (meist mäßig) Ti-Al-reiche Augite bis salitische Augite (Al_2O_3 : 1,7 — 7,4 ‰,
 TiO_2 : 0,8 — 2,3 ‰);
 Wo_{42,7–46,0} En_{36,0–45,9} Fs_{11,3–16,9}

einzelne Ca- und Ti-arme Relikte von Hochdruckkristallisaten (TiO_2 : 0,6 —
 1,0 ‰);
 Wo_{38,2–40,1} En_{46,1–49,6} Fs_{12,0–13,7}

G: mäßig Ti-Al-reiche salitische Augite bis Salite (Al_2O_3 : 2,5 — 5,0 ‰, TiO_2 : 1,3 —
 2,0 ‰);
 Wo_{43,6–46,3} En_{39,0–45,4} Fs_{10,8–14,7}

Ankaramit, grobporphyrisch (Pr. 12161):

E: meist mäßig Ti-Al-reiche Augite bis Salite (Al_2O_3 : 2,6 — 6,9 ‰, TiO_2 : 0,9 —
 2,6 ‰);
 Wo_{40,5–46,9} En_{38,7–47,7} Fs_{9,9–14,9}

G: Ti-Al-reiche Augite bis Salite (Al_2O_3 : 3,5 — 8,2 ‰, TiO_2 : 1,1 — 2,6 ‰);
 Wo_{42,1–46,7} En_{38,4–45,6} Fs_{9,9–14,8}

Alkali-Olivinbasalt (\pm hawaitisch), porphyrisch (Pr. 12084 und 15529/II):

E: Ti-Al-reiche Salite (Al_2O_3 : 3,0 — 8,2 ‰, TiO_2 : 0,8 — 2,3 ‰);
 Wo_{44,4–47,2} En_{35,1–41,0} Fs_{14,4–18,2}

einzelne grünliche Kernbereiche aus Na-reichem Salit bis Na-Salit (Na_2O : 1,04
 — 2,00 ‰);
 Wo_{46,9–48,8} En_{29,0–34,5} Fs_{17,4–22,4}

G: Ti-Al-reiche Salite (Al_2O_3 : 4,3 — 10,2 ‰, TiO_2 : 1,8 — 3,5 ‰);
 Wo_{44,7–47,8} En_{36,4–39,6} Fs_{11,1–17,8}

Hawaiiit, porphyrisch (Pr. 12319):

E: Ti-Al-reiche Salite (Al_2O_3 : 3,1 — 6,6 ‰, TiO_2 : 1,8 — 2,2 ‰);
 Wo_{45,4–47,6} En_{38,9–39,9} Fs_{12,8–15,0}

G: Ti-reiche Salite (Al_2O_3 : 3,0 — 4,2 ‰, TiO_2 : 1,7 — 2,7 ‰);
 Wo_{46,5–48,7} En_{37,0–40,0} Fs_{12,8–16,1}

Analcim-Hawaiiit, porphyrisch (Pr. 12090):

G: Ti-Al-Salite (Al_2O_3 : 6,2 — 9,5 ‰, TiO_2 : 2,5 — 5,1 ‰);
 Wo_{46,2–47,9} En_{33,4–38,2} Fs_{14,0–18,9}

K-Hawaiiit (Pr. 12324):

G: Ti-Al-Salite (Al_2O_3 : 5,8 — 9,7 ‰, TiO_2 : 2,3 — 4,7 ‰);
 Wo_{45,2–48,9} En_{34,2–37,9} Fs_{14,9–17,8}

Mugearit, porphyrisch (Pr. 12117):

E: Ti-Al-reiche Salite (Al_2O_3 : 4,2 — 8,8, TiO_2 : 1,2 — 2,6 ‰);
 Wo_{42,9–47,5} En_{33,2–44,9} Fs_{11,6–19,3}

G: Ti-Al-reiche Salite (Al_2O_3 : 2,8 — 6,3 ‰, TiO_2 : 1,4 — 3,0 ‰);
 Wo_{44,5–48,0} En_{35,8–39,7} Fs_{13,7–16,9}

Leuko-Latit (Pr. 15397):

G: Na-Ti-Al-reiche Salite (Na₂O: 0,9—1,3 ‰, Al₂O₃: 5,4—7,9 ‰, TiO₂: 2,3—3,6 ‰);
 Wo_{46,4—47,9} En_{30,4—33,7} Fs_{19,2—21,3}

Trachyt, fast aphyrisch (Pr. 12143):

E: Na-reicher Salit (Na₂O: 1,2—1,7 ‰, Al₂O₃: 2,4—4,2 ‰, TiO₂: 0,7—1,6 ‰);
 Wo_{47,8—49,0} En_{33,3—37,4} Fs_{14,8—18,5}

G: mäßig Na-reicher Salit (Na₂O: 0,7—1,2 ‰, Al₂O₃: 1,7—5,1 ‰, TiO₂: 0,8—2,7 ‰);
 Wo_{47,4—48,5} En_{34,7—40,5} Fs_{11,5—17,0}

Trachyt, porphyrisch (Pr. 12199):

G: Na-reicher Salit (Na₂O: 1,1 ‰, Al₂O₃: 1,4 ‰, TiO₂: 0,7 ‰);
 Wo_{46,5} En_{37,7} Fs_{15,8} (1 Mess.)

und Aegirinaugit (Mittelwert aus 2 Messungen: SiO₂: 52,44 ‰, TiO₂: 1,73 ‰,
 Al₂O₃: 0,99 ‰, FeO: 25,40 ‰, MgO: 1,09 ‰, CaO: 3,17 ‰, Na₂O: 11,69 ‰)

Tab. 3. Olivin-Analysen von Einsprenglingen aus Vulkaniten der Brg. 2/2A

(EM-Durchschnittsanalysen)

| ART | A0B, P | | A0B, P | | | A0B, P | | ANK | A0B, P | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BRG. | 2 | | 2 | | | 2 | | 2A | 2 | |
| TEUF | 73.40 | | 118.45 | | | 204.40 | | 387.10 | 205.65 | |
| PROBE | 12010 | 12010 | 12054 | 12054 | 12054 | 12084 | 12084 | 15529 | 12161 | 12161 |
| ART | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E | OL-E |
| SI02 | 40.17 | 39.56 | 40.65 | 38.54 | 38.20 | 40.44 | 39.24 | 40.09 | 40.33 | 39.36 |
| TI02 | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| AL203 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.04 |
| FE0 | 14.34 | 18.19 | 9.79 | 16.80 | 22.04 | 11.82 | 18.32 | 14.05 | 12.68 | 18.16 |
| MGO | 46.22 | 43.00 | 48.08 | 43.02 | 39.26 | 47.96 | 42.55 | 46.08 | 48.13 | 43.91 |
| SUMME | 100.77 | 100.78 | 98.56 | 98.40 | 99.56 | 100.27 | 100.17 | 100.28 | 101.20 | 101.48 |
| SI | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 |
| TI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FE | 0.30 | 0.38 | 0.20 | 0.36 | 0.48 | 0.24 | 0.39 | 0.29 | 0.26 | 0.38 |
| MG | 1.71 | 1.62 | 1.78 | 1.65 | 1.53 | 1.76 | 1.61 | 1.71 | 1.76 | 1.64 |
| X | 2.01 | 2.00 | 1.98 | 2.01 | 2.01 | 2.01 | 2.00 | 2.00 | 2.02 | 2.02 |
| FO | 85.17 | 80.82 | 89.75 | 82.03 | 76.05 | 87.85 | 80.54 | 85.40 | 87.12 | 81.17 |
| FA | 14.83 | 19.18 | 10.25 | 17.97 | 23.95 | 12.15 | 19.45 | 14.60 | 12.88 | 18.83 |
| XX | 7.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 2.00 |
| N | 22.00 | 3.00 | 3.00 | 10.00 | 8.00 | 8.00 | 6.00 | 9.00 | 8.00 | 5.00 |

Abkürzungen: XX: Anzahl der vermessenen Kristalle
 N : Anzahl der Punktmessungen

4.2.2.2. Olivine

In 4 Alkali-Olivinbasalt- (12010, 12054, 12084, 15529/2) und 1 Ankaramitprobe (12161) wurden zwischen 3 und 9 Olivin-Einsprenglinge mit der Mikrosonde analysiert (Tab. 3). Pro Einsprengling wurden zwischen 1 und 5 (meist 3) Einzelmessungen durchgeführt (vgl. Angabe N in Tab. 3), die pro Kristall sehr einheitliche Ergebnisse ergaben und somit weitgehend einen zonaren Aufbau dieser Einsprenglinge ausschließen. Auch optisch liegt kein diesbezüglicher Hinweis vor. Aber innerhalb des gleichen Dünnschliffes ist die Variation von Korn zu Korn z. T. beträchtlich und kann in der molaren Zusammensetzung zwischen Fo_{90} und Fo_{75} schwanken. Hierbei liegen keine kontinuierlichen Veränderungen vor, sondern in den untersuchten 5 Proben sind 2, einmal (12054) auch 3 Zusammensetzungsschwerpunkte vorhanden, zwischen denen wechselnd ausgeprägte Lücken bestehen (Schwerpunkte und Lücken können z. T. Meßzufälle darstellen und bei einer eingehenderen Untersuchung Änderungen erfahren).

Die festgestellten Schwerpunkte der Fo-Gehalte liegen nach den Einzelmessungen zwischen 90,2 und 87,0, 86,2 und 84,5, 82,6 und 79,7 sowie 77,3 und 75,2 Mol.-%.

In Pr. 12054 sind die unterschiedlichen Zusammensetzungen verschieden großen Olivinen zuzuordnen. Der höchste Fo-Gehalt von 90,2 Mol.-% wurde in einem vermutlich aus Peridotitknollen stammenden Großeinsprengling, die Werte zwischen 82,6 und 81,7 an durchschnittlich großen Einsprenglingen und die Gehalte zwischen 77,3 und 75,0 Mol.-% an schon zur Grundmasse überleitenden Mikroinsprenglingen ermittelt.

4.2.2.3. Hornblenden

Hornblendeinsprenglinge treten in den Laven der Forschungsbohrungen nur in den stärker differenzierten Gesteinen wie Hawaiiit, Mugearit, Leuko-Latit und Trachyt auf. Während sie in diesen Laven meist nur untergeordnet vorkommen, sind sie in zahlreichen Tufflagen reichlich als Kristallfragmente vertreten.

In den hawaiiitischen Laven sind sie neben weit vorherrschenden Klinopyroxen- und Olivineinsprenglingen nur selten vorhanden und meist vollständig opacitisiert. In den anderen, z. T. fast aphyrischen Vulkanittypen sind sie hingegen meist gleich reichlich wie Klinopyroxen (im Trachyt z. T. mit Biotit) und oft nur randlich in „Opacit“ umgewandelt.

Während in den Hornblenden der Laven kaum Zonarbau auftritt, ist er in zahlreichen Tuff-Kristallfragmenten z. T. deutlich ausgeprägt durch breite Kern- und schmale Randzonen (Abb. 44).

Die chemische Zusammensetzung von Hornblendeinsprenglingen aus einer porphyrischen Mugearit- (Brg. 2, Pr. 12117) und einer porphyrischen Trachytlava (Brg. 1, Pr. 12199) ist in Tab. 4 aufgeführt.

Demnach handelt es sich bei den beiden untersuchten Hornblendeinsprenglingen um Ti-arme Kaersutite mit TiO_2 -Gehalten von ca. 5 Gew.-%.

4.2.2.4. Biotite

Einsprenglinge von Biotit (≈ 1 mm ϕ) kommen nur in dem porphyrischen Trachyt der Brg. 1 vereinzelt vor. Sie sind hier z. T. ähnlich häufig wie Einsprenglinge aus kaersutitischer Hornblende und Aegirinaugit. Wie die Hornblenden sind sie meist korrodiert und randlich opacitisiert.

Als accessorische Grundmassebestandteile sind sie vereinzelt in Basaniten, Alkali-Olivinbasalten und Hawaiiten vorhanden.

Zwei Biotiteinsprenglinge aus dem porphyrischen Trachyt der Brg. 1 (Pr. 12199) wurden analysiert (Tab. 5).

| PROBE | 12117 | 12199 |
|-------|-------|-------|
| ART | HBL-E | HBL-E |
| SI02 | 39.29 | 39.01 |
| TI02 | 4.90 | 4.94 |
| AL203 | 11.84 | 12.84 |
| FE0 | 12.21 | 12.08 |
| MGO | 12.11 | 12.34 |
| CA0 | 11.02 | 11.45 |
| NA20 | 2.79 | 3.07 |
| K20 | 1.10 | 1.18 |
| SUMME | 95.26 | 96.91 |

| | | |
|-------|------|------|
| SI | 6.01 | 5.88 |
| AL IV | 1.99 | 2.12 |
| Z | 8.00 | 8.00 |
| AL VI | 0.14 | 0.16 |
| TI | 0.56 | 0.56 |
| FE | 1.56 | 1.52 |
| MG | 2.76 | 2.77 |
| Y | 5.03 | 5.01 |
| CA | 1.81 | 1.85 |
| NA | 0.83 | 0.90 |
| K | 0.21 | 0.23 |
| X | 2.85 | 2.97 |

Tab. 4. Amphibol-Analysen von Einsprenglingen aus Vulkaniten der Brg. 1 und 2 {EM-Durchschnittsanalysen von je einem Einsprengling aus Mugearit [Pr. 12117 (Brg. 2: 303,6 m u. Gel.): 14 Meßpunkte] und Trachyt [Pr. 12199 (Brg. 1: 55,35 m u. Gel.): 3 Meßpunkte]}

| PROBE | 12199 | 12199 |
|-------|-------|-------|
| ART | BI-E | BI-E |
| SI02 | 34.83 | 33.74 |
| TI02 | 5.97 | 6.14 |
| AL203 | 13.81 | 13.94 |
| FE0 | 19.90 | 21.16 |
| MGO | 10.62 | 9.84 |
| CA0 | 0.23 | 0.01 |
| NA20 | 0.78 | 0.87 |
| K20 | 8.35 | 8.47 |
| SUMME | 94.49 | 94.17 |

| | | |
|-------|------|------|
| SI | 5.65 | 5.54 |
| AL IV | 2.35 | 2.46 |
| Z | 8.00 | 8.00 |
| AL VI | 0.29 | 0.24 |
| TI | 0.73 | 0.76 |
| FE | 2.70 | 2.91 |
| MG | 2.57 | 2.41 |
| Y | 6.28 | 6.32 |
| CA | 0.04 | - |
| NA | 0.25 | 0.28 |
| K | 1.73 | 1.78 |
| X | 2.01 | 2.05 |

Tab. 5. Biotit-Analysen (EM-Messungen) von zwei Einsprenglingen aus dem Trachyt der Brg. 1 [Pr. 12199 (55,35 m u. Gel.): Werte aus 2 bzw. 1 Messung]

4.2.2.5. Feldspäte

In allen Lavagesteinen der beiden Forschungsbohrungen sind reichlich Feldspatphasen vorhanden, die in den meisten Gesteinstypen nur in der Grundmasse (in den Alkali-Olivinbasalten, Basaniten, Hawaiiten und im Ankaramit), seltener daneben auch als Einsprenglinge (vor allem im Mugearit und im porphyrischen Trachyt) vorkommen (Tab. 7 und Taf. 4).

Die Zusammensetzung der Feldspäte der verschiedenen Vulkanite wurde mit der Mikrosonde ermittelt. Insgesamt wurden dabei 460 Einzelmessungen an 155 Kristallen vorgenommen. Die Ergebnisse für die verschiedenen Gesteinstypen sind in Abb. 67 dar-

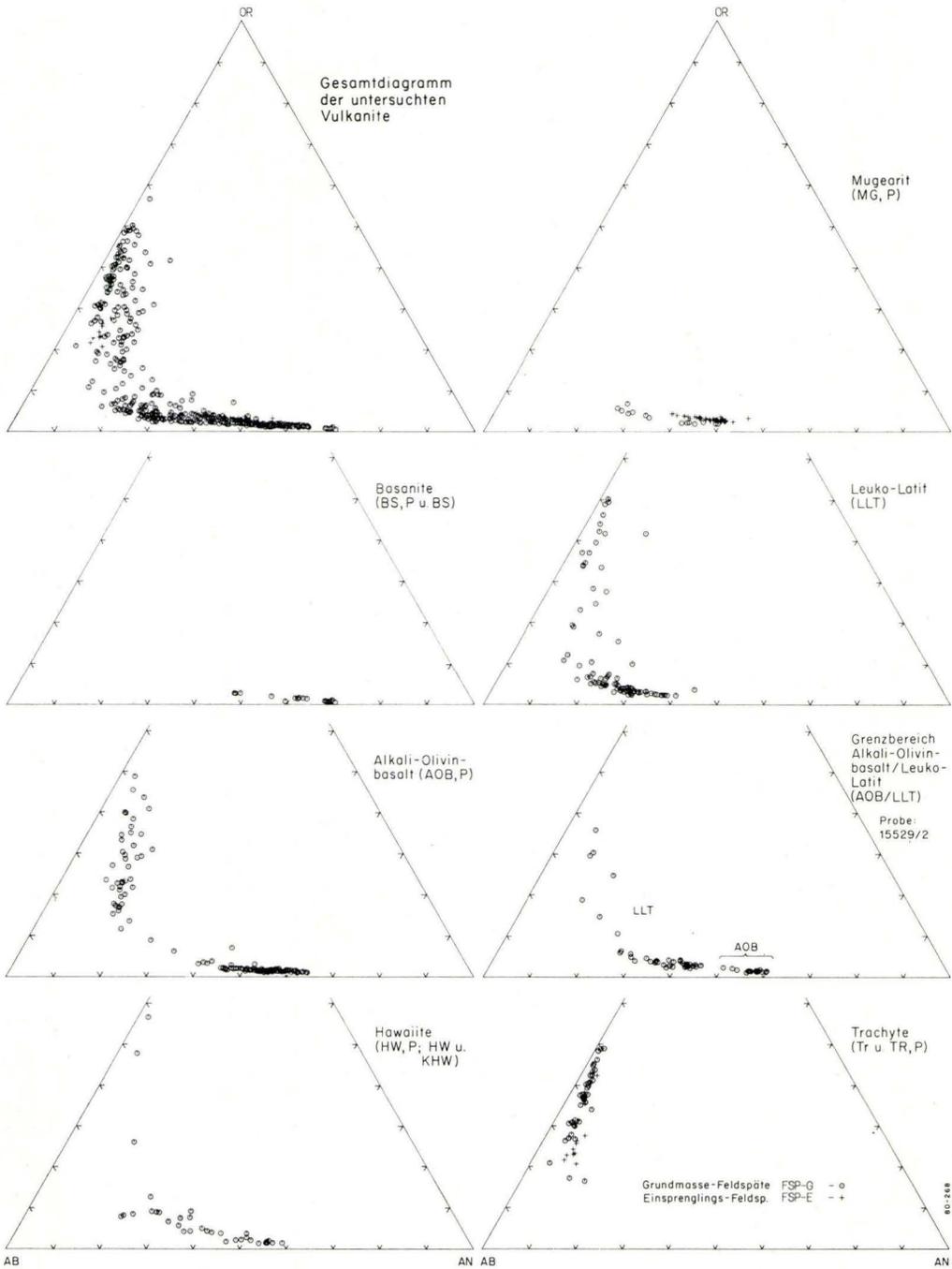


Abb. 67. 460 EM-Analysen von 155 Feldspatkristallen aus unterschiedlichen Vulkaniten der Forschungsbohrungen; dargestellt im System Ab-Or-An (in Mol.-%).

Tab. 6. Feldspat-Analysen von unterschiedlichen Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2A

(ausgewählte EM-Punkt- und -Durchschnittsanalysen)

| ART | BS | | BS,P | | AOB,P | | | | AOB,P | | AOB,P | | AOB,P | | AOB,P | | AOB,P | |
|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--|
| BRG. | 2A | | 2 | | 2 | | | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | | 2 | |
| TEUFE | 484.05 | | 132.55 | | 16.15 | | | | 23.40 | | 118.45 | | 160.40 | | 204.40 | | 205.65 | |
| PROBE | 12188 | 12188 | 12060 | 12060 | 12004 | 12004 | 12004 | 12004 | 12010 | 12010 | 12054 | 12054 | 12069 | 12069 | 12084 | 12084 | 15529 | |
| ART | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | |
| SI02 | 48.90 | 53.25 | 50.60 | 53.55 | 51.97 | 52.21 | 55.19 | 63.57 | 51.74 | 62.83 | 52.66 | 62.14 | 50.68 | 53.90 | 52.63 | 64.59 | 53.28 | |
| TI02 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.09 | 0.16 | 0.13 | 0.21 | 0.29 | 0.12 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.13 | - | |
| AL203 | 30.20 | 27.33 | 28.84 | 26.91 | 27.95 | 27.39 | 25.89 | 19.21 | 28.76 | 20.65 | 27.65 | 21.32 | 28.68 | 26.41 | 28.17 | 20.55 | 27.58 | |
| FE0 | 0.82 | 0.47 | 0.64 | 0.37 | 0.86 | 0.94 | 0.73 | 0.39 | 0.93 | 0.52 | 0.61 | 0.38 | 0.83 | 0.96 | 0.80 | 0.34 | 0.88 | |
| M60 | 0.02 | - | - | - | - | 0.05 | - | 0.03 | - | 0.12 | - | 0.08 | - | 0.46 | - | 0.02 | - | |
| CA0 | 13.95 | 9.86 | 12.26 | 9.64 | 11.74 | 11.17 | 9.11 | 1.12 | 12.26 | 2.15 | 10.75 | 2.90 | 12.42 | 9.72 | 11.12 | 2.14 | 11.33 | |
| NA20 | 3.45 | 5.76 | 4.16 | 5.46 | 4.62 | 5.04 | 5.81 | 6.11 | 4.57 | 6.27 | 5.22 | 7.34 | 4.06 | 5.30 | 4.92 | 6.86 | 4.62 | |
| K20 | 0.13 | 0.49 | 0.27 | 0.47 | 0.26 | 0.22 | 0.38 | 7.06 | 0.31 | 5.99 | 0.33 | 3.47 | 0.22 | 0.34 | 0.25 | 4.62 | 0.26 | |
| SUMME | 97.67 | 97.35 | 96.93 | 96.49 | 97.56 | 97.15 | 97.32 | 97.78 | 98.69 | 98.70 | 97.38 | 97.79 | 97.04 | 97.24 | 98.04 | 99.25 | 97.95 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SI | 9.16 | 9.90 | 9.50 | 10.01 | 9.68 | 9.76 | 10.21 | 11.71 | 9.55 | 11.46 | 9.80 | 11.35 | 9.51 | 10.01 | 9.73 | 11.61 | 9.85 |
| TI | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | - |
| AL | 6.67 | 5.99 | 6.38 | 5.93 | 6.14 | 6.04 | 5.65 | 4.17 | 6.26 | 4.44 | 6.07 | 4.59 | 6.34 | 5.78 | 6.14 | 4.35 | 6.01 |
| FE 3+ | 0.12 | 0.07 | 0.09 | 0.05 | 0.12 | 0.13 | 0.10 | 0.05 | 0.13 | 0.07 | 0.09 | 0.05 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.05 | 0.12 |
| Z | 15.97 | 15.98 | 15.99 | 16.01 | 15.96 | 15.95 | 15.99 | 15.98 | 15.96 | 16.00 | 15.98 | 16.01 | 15.98 | 15.95 | 16.01 | 16.03 | 15.98 |
| MG | 0.01 | - | - | - | - | 0.01 | - | 0.01 | - | 0.03 | - | 0.02 | - | 0.13 | - | 0.01 | - |
| CA | 2.80 | 1.96 | 2.47 | 1.93 | 2.34 | 2.24 | 1.81 | 0.22 | 2.43 | 0.42 | 2.14 | 0.57 | 2.50 | 1.93 | 2.20 | 0.41 | 2.24 |
| NA | 1.25 | 2.08 | 1.51 | 1.98 | 1.67 | 1.83 | 2.08 | 2.18 | 1.64 | 2.22 | 1.88 | 2.60 | 1.48 | 1.91 | 1.76 | 2.39 | 1.66 |
| K | 0.03 | 0.12 | 0.06 | 0.11 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | 1.66 | 0.07 | 1.39 | 0.08 | 0.81 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 1.06 | 0.06 |
| X | 4.09 | 4.16 | 4.04 | 4.02 | 4.07 | 4.13 | 3.98 | 4.07 | 4.13 | 4.07 | 4.11 | 4.00 | 4.03 | 4.05 | 4.03 | 3.87 | 3.96 |
| AB | 30.68 | 49.95 | 37.43 | 49.21 | 40.96 | 44.38 | 52.37 | 53.72 | 39.57 | 55.00 | 45.88 | 65.39 | 36.68 | 48.65 | 43.81 | 61.90 | 41.80 |
| OR | 0.76 | 2.80 | 1.60 | 2.79 | 1.52 | 1.27 | 2.25 | 40.84 | 1.77 | 34.57 | 1.91 | 20.34 | 1.31 | 2.05 | 1.46 | 27.43 | 1.55 |
| AN | 68.56 | 47.25 | 60.97 | 48.01 | 57.52 | 54.35 | 45.38 | 5.44 | 58.66 | 10.42 | 52.21 | 14.28 | 62.01 | 49.30 | 54.72 | 10.67 | 56.65 |
| XX | 5.00 | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 2.00 | 1.00 | 7.00 |
| N | 8.00 | 1.00 | 6.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 3.00 | 8.00 | 8.00 | 16.00 | 7.00 | 6.00 | 7.00 | 6.00 | 16.00 |

Abkürzungen:

ART: FSP-G = Alkalifeldspäte der Grundmasse
 FSP-E = Alkalifeldspat-Einsprenglinge
 PLG-G = Plagioklasse der Grundmasse
 PLG-E = Plagioklas-Einsprenglinge

XX: Anzahl der vermessenen Kristalle
 N : Anzahl der Punktmessungen

Fortsetzung Tab. 6.

| ART | HW | | | KHW | | | | | HW, P | | | | MG, P | | |
|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| BRG. | 2 | | | 2A | | | | | 1 | | | | 2 | | |
| TEUFE | 220.65 | | | 466.05 | | | | | 162.40 | | | | 303.60 | | |
| PROBE | 12090 | 12090 | 12090 | 12324 | 12324 | 12324 | 12324 | 12324 | 12319 | 12319 | 12319 | 12319 | 12117 | 12117 | 12117 |
| ART | PLG-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-E | PLG-G | PLG-G |
| SI02 | 59.35 | 60.83 | 65.97 | 53.96 | 57.08 | 57.65 | 61.55 | 64.78 | 52.70 | 54.15 | 57.59 | 61.78 | 53.91 | 55.06 | 59.64 |
| TI02 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.14 | 0.14 | 0.19 | 0.18 | 0.21 | 0.19 | 0.21 | 0.16 | 0.19 | 0.07 | 0.14 | 0.19 |
| AL203 | 23.96 | 22.82 | 19.20 | 28.11 | 26.23 | 24.97 | 23.88 | 21.80 | 27.65 | 26.84 | 23.59 | 22.32 | 26.29 | 25.93 | 23.46 |
| FE0 | 0.73 | 0.54 | 0.49 | 0.59 | 0.51 | 0.39 | 0.48 | 0.40 | 0.62 | 0.67 | 0.74 | 0.60 | 0.49 | 0.80 | 0.79 |
| MGO | 0.16 | 0.31 | 0.01 | 0.02 | - | - | - | 0.07 | 0.02 | - | 0.19 | - | - | - | 0.04 |
| CA0 | 5.89 | 4.26 | 0.59 | 10.42 | 7.79 | 6.39 | 4.72 | 2.68 | 11.26 | 10.05 | 7.51 | 4.30 | 9.76 | 9.20 | 5.95 |
| NA20 | 6.40 | 6.51 | 4.66 | 5.22 | 5.59 | 5.91 | 5.96 | 6.11 | 4.82 | 5.42 | 6.90 | 8.06 | 5.27 | 5.97 | 7.30 |
| K20 | 1.05 | 1.58 | 8.30 | 0.37 | 0.68 | 1.30 | 1.28 | 4.06 | 0.27 | 0.48 | 0.75 | 1.38 | 0.48 | 0.36 | 0.78 |
| SUMME | 97.72 | 97.04 | 99.41 | 98.83 | 98.02 | 96.80 | 98.05 | 100.11 | 97.53 | 97.82 | 97.43 | 98.63 | 96.27 | 97.46 | 98.15 |
| SI | 10.82 | 11.11 | 11.91 | 9.87 | 10.41 | 10.63 | 11.08 | 11.49 | 9.79 | 10.01 | 10.62 | 11.15 | 10.10 | 10.19 | 10.85 |
| TI | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| AL | 5.15 | 4.91 | 4.09 | 6.06 | 5.64 | 5.43 | 5.07 | 4.56 | 6.06 | 5.85 | 5.13 | 4.75 | 5.80 | 5.65 | 5.03 |
| FE 3+ | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 0.11 |
| Z | 16.09 | 16.12 | 16.09 | 16.03 | 16.13 | 16.13 | 16.23 | 16.13 | 15.96 | 15.98 | 15.88 | 16.01 | 15.98 | 15.97 | 16.01 |
| MG | 0.04 | 0.08 | - | 0.01 | - | - | - | 0.02 | 0.01 | - | 0.05 | - | - | - | 0.01 |
| CA | 1.15 | 0.83 | 0.11 | 2.04 | 1.52 | 1.26 | 0.91 | 0.51 | 2.24 | 1.99 | 1.48 | 0.83 | 1.96 | 1.82 | 1.16 |
| NA | 2.26 | 2.30 | 1.63 | 1.85 | 1.98 | 2.11 | 2.08 | 2.10 | 1.74 | 1.94 | 2.47 | 2.82 | 1.91 | 2.14 | 2.57 |
| K | 0.24 | 0.37 | 1.91 | 0.09 | 0.16 | 0.31 | 0.29 | 0.92 | 0.06 | 0.11 | 0.18 | 0.32 | 0.11 | 0.08 | 0.18 |
| X | 3.70 | 3.59 | 3.66 | 3.98 | 3.66 | 3.68 | 3.28 | 3.55 | 4.05 | 4.05 | 4.18 | 3.97 | 3.99 | 4.05 | 3.93 |
| AB | 61.86 | 65.73 | 44.61 | 46.52 | 54.05 | 57.40 | 63.33 | 59.54 | 42.96 | 48.01 | 59.77 | 71.05 | 48.00 | 52.87 | 65.76 |
| OR | 6.68 | 10.50 | 52.27 | 2.17 | 4.33 | 8.31 | 8.95 | 26.03 | 1.58 | 2.80 | 4.27 | 8.00 | 2.88 | 2.10 | 4.62 |
| AN | 31.46 | 23.77 | 3.12 | 51.31 | 41.62 | 34.30 | 27.72 | 14.43 | 55.46 | 49.19 | 35.95 | 20.95 | 49.12 | 45.03 | 29.62 |
| XX | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 1.00 | 4.00 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5.00 | 5.00 |
| N | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 3.00 | 1.00 | 7.00 | 4.00 | 1.00 | 2.00 | 20.00 | 7.00 | 6.00 |

Fortsetzung Tab. 6.

| ART | LLT | | | | | | LLT | | | | LLT | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | | | | | | 2 | | | | 2 | | | | | |
| TEUFE | 205.67 | | | | | | 207.35 | | | | 208.20 | | | | | |
| PROBE | 15529 | 15529 | 15529 | 15529 | 15529 | 15529 | 15397 | 15397 | 15397 | 15397 | 15398 | 15398 | 15398 | 15398 | 15398 | 15398 |
| ART | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G | FSP-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G | FSP-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | PLG-G | FSP-G |
| SI02 | 57.04 | 57.92 | 58.57 | 63.49 | 64.76 | 65.00 | 59.60 | 63.99 | 65.03 | 65.04 | 61.37 | 59.28 | 61.61 | 60.81 | 64.27 | 62.54 |
| TI02 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AL203 | 25.21 | 25.49 | 24.05 | 22.78 | 19.89 | 20.53 | 24.62 | 22.24 | 19.93 | 20.71 | 23.19 | 24.21 | 23.09 | 23.51 | 21.78 | 17.69 |
| FE0 | 0.53 | 0.54 | 0.58 | 0.48 | 0.38 | 0.30 | 0.69 | 0.49 | 0.37 | 0.50 | 0.56 | 0.66 | 0.62 | 0.67 | 0.67 | 1.97 |
| MGO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CA0 | 8.28 | 7.50 | 7.03 | 3.61 | 1.04 | 1.42 | 6.02 | 3.34 | 0.61 | 1.69 | 5.60 | 7.17 | 5.74 | 6.05 | 4.05 | 2.81 |
| NA20 | 6.04 | 6.47 | 6.72 | 5.58 | 5.31 | 5.79 | 7.28 | 7.33 | 5.54 | 7.32 | 7.43 | 6.84 | 7.45 | 7.40 | 7.95 | 4.94 |
| K20 | 0.53 | 0.49 | 0.63 | 1.37 | 4.98 | 4.27 | 0.39 | 1.63 | 6.78 | 3.43 | 0.56 | 0.41 | 0.55 | 0.45 | 0.87 | 7.06 |
| SUMME | 97.63 | 98.41 | 97.58 | 97.31 | 96.36 | 97.31 | 98.60 | 99.02 | 98.26 | 98.69 | 98.71 | 98.57 | 99.06 | 98.89 | 99.59 | 97.01 |
| SI | 10.47 | 10.52 | 10.72 | 11.42 | 11.87 | 11.79 | 10.76 | 11.40 | 11.82 | 11.67 | 11.04 | 10.74 | 11.05 | 10.94 | 11.40 | 11.71 |
| TI | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AL | 5.45 | 5.46 | 5.19 | 4.83 | 4.30 | 4.39 | 5.24 | 4.67 | 4.27 | 4.38 | 4.92 | 5.17 | 4.88 | 4.98 | 4.55 | 3.90 |
| FE 3+ | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.28 |
| Z | 16.00 | 16.05 | 15.99 | 16.31 | 16.22 | 16.21 | 16.09 | 16.14 | 16.14 | 16.12 | 16.03 | 15.99 | 16.01 | 16.01 | 16.04 | 15.89 |
| MG | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CA | 1.63 | 1.46 | 1.38 | 0.70 | 0.20 | 0.28 | 1.16 | 0.64 | 0.12 | 0.32 | 1.08 | 1.39 | 1.10 | 1.17 | 0.77 | 0.56 |
| NA | 2.15 | 2.28 | 2.39 | 1.95 | 1.89 | 2.04 | 2.55 | 2.53 | 1.95 | 2.55 | 2.59 | 2.40 | 2.59 | 2.58 | 2.73 | 1.79 |
| K | 0.12 | 0.11 | 0.15 | 0.31 | 1.16 | 0.99 | 0.09 | 0.37 | 1.57 | 0.79 | 0.13 | 0.09 | 0.13 | 0.10 | 0.20 | 1.69 |
| X | 3.90 | 3.85 | 3.91 | 2.96 | 3.26 | 3.30 | 3.80 | 3.54 | 3.64 | 3.66 | 3.80 | 3.89 | 3.82 | 3.85 | 3.70 | 4.04 |
| AB | 55.09 | 59.16 | 60.98 | 65.83 | 57.96 | 61.70 | 67.01 | 71.53 | 53.59 | 69.64 | 68.21 | 61.78 | 67.83 | 67.03 | 73.88 | 44.35 |
| OR | 3.18 | 2.95 | 3.76 | 10.63 | 35.76 | 29.94 | 2.36 | 10.46 | 43.15 | 21.47 | 3.38 | 2.44 | 3.29 | 2.68 | 5.32 | 41.70 |
| AN | 41.73 | 37.90 | 35.25 | 23.54 | 6.27 | 8.36 | 30.62 | 18.01 | 3.26 | 8.89 | 28.41 | 35.79 | 28.88 | 30.29 | 20.80 | 13.94 |
| XX | 4.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 4.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| N | 9.00 | 2.00 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 10.00 | 5.00 | 2.00 | 4.00 | 2.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 |

Fortsetzung Tab. 6.

| ART | TR | | | | | | | | | | TR, P | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| BRG. | 2A | | | | | | | | | | 1 | | |
| TEUFE | 267.75 | | | | | | | | | | 55.35 | | |
| PROBE | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12143 | 12199 | 12199 | 12199 |
| ART | FSP-E | FSP-E | FSP-E | FSP-E | FSP-E | FSP-E | FSP-E | FSP-G | FSP-G | FSP-E | FSP-G | FSP-G | |
| SI02 | 66.06 | 66.32 | 65.26 | 64.33 | 66.67 | 66.40 | 65.67 | 65.41 | 63.96 | 66.40 | 67.48 | 66.56 | |
| TI02 | 0.11 | 0.11 | 0.17 | 0.14 | 0.13 | 0.16 | 0.19 | 0.19 | 0.15 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | |
| AL203 | 19.07 | 19.75 | 20.31 | 21.05 | 19.90 | 20.46 | 20.26 | 19.12 | 20.57 | 19.74 | 18.82 | 19.59 | |
| FE0 | 0.45 | 0.34 | 0.52 | 0.54 | 0.30 | 0.26 | 0.47 | 0.45 | 0.50 | 0.34 | 0.36 | 0.33 | |
| M60 | - | 0.03 | 0.02 | - | - | - | - | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | - | |
| CA0 | 0.43 | 0.85 | 1.53 | 1.93 | 0.89 | 1.40 | 1.40 | 0.85 | 2.50 | 0.87 | 0.31 | 0.99 | |
| NA20 | 6.02 | 6.45 | 6.53 | 7.45 | 6.83 | 7.22 | 7.19 | 6.80 | 8.17 | 6.72 | 5.75 | 7.18 | |
| K20 | 7.20 | 5.78 | 4.28 | 3.38 | 4.94 | 4.34 | 3.56 | 6.00 | 2.95 | 5.79 | 7.63 | 4.57 | |
| SUMME | 99.34 | 99.63 | 98.62 | 98.82 | 99.66 | 100.24 | 98.74 | 98.83 | 98.80 | 99.95 | 100.44 | 99.31 | |
| SI | 11.92 | 11.86 | 11.73 | 11.56 | 11.87 | 11.75 | 11.76 | 11.84 | 11.53 | 11.85 | 12.03 | 11.89 | |
| TI | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | |
| AL | 4.05 | 4.16 | 4.30 | 4.46 | 4.17 | 4.27 | 4.28 | 4.08 | 4.37 | 4.15 | 3.95 | 4.12 | |
| FE 3+ | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | |
| Z | 16.05 | 16.08 | 16.13 | 16.10 | 16.10 | 16.08 | 16.12 | 16.01 | 15.98 | 16.05 | 16.04 | 16.07 | |
| MG | - | 0.01 | 0.01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| CA | 0.08 | 0.16 | 0.29 | 0.37 | 0.17 | 0.27 | 0.27 | 0.16 | 0.48 | 0.17 | 0.06 | 0.19 | |
| NA | 2.11 | 2.24 | 2.28 | 2.59 | 2.36 | 2.48 | 2.50 | 2.39 | 2.85 | 2.32 | 1.99 | 2.49 | |
| K | 1.66 | 1.32 | 0.98 | 0.77 | 1.12 | 0.98 | 0.81 | 1.39 | 0.68 | 1.32 | 1.73 | 1.04 | |
| X | 3.85 | 3.72 | 3.56 | 3.74 | 3.65 | 3.72 | 3.58 | 3.94 | 4.02 | 3.81 | 3.78 | 3.72 | |
| AB | 54.75 | 60.15 | 64.07 | 69.36 | 64.60 | 66.55 | 69.77 | 60.62 | 71.09 | 61.03 | 52.55 | 66.89 | |
| OR | 43.09 | 35.47 | 27.63 | 20.71 | 30.74 | 26.32 | 22.73 | 35.19 | 16.89 | 34.60 | 45.88 | 28.01 | |
| AN | 2.16 | 4.38 | 8.30 | 9.93 | 4.65 | 7.13 | 7.51 | 4.19 | 12.02 | 4.37 | 1.57 | 5.10 | |
| XX | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 7.00 | 1.00 | 4.00 | 4.00 | 2.00 | |
| N | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 4.00 | 13.00 | 2.00 | 10.00 | 8.00 | 4.00 | |

gestellt. In Tab. 6 sind ausgewählte Feldspatanalysen (meist Mittelwerte) zusammengestellt.

Danach ergibt sich, daß in den durchbohrten basischen und intermediären Gesteinen wie Ankaramit, Basaniten, Alkali-Olivinbasalten, Hawaiiten und Mugearit ausschließlich bis ganz vorwiegend Plagioklase und nur zurücktretend Alkalifeldspäte auftreten. Der Alkalifeldspat tritt hierbei als Randsaum von Plagioklas und als Zwickelfüllung auf.

In dem Leuko-Latit ist der Alkalifeldspatanteil mengenmäßig dem von Plagioklas etwa gleich, gelegentlich überwiegt der Alkalifeldspat den Plagioklas. Demgegenüber wurden in den beiden Trachyten ausschließlich Alkalifeldspäte nachgewiesen.

Bei den Einsprenglingen handelt es sich in dem Mugearit (bis 7 Vol.-%) um zonar gebaute Andesine, deren An-Gehalt zwischen 38 und 50 Mol.-% (selten bis 55 Mol.-%) variiert und in den Trachyten (im porphyrischen Trachyt bis 12 Vol.-%, im fast aphyrischen Trachyt nur ganz vereinzelt) um mikroklingegitterte Alkalifeldspäte mit einer variierenden Zusammensetzung zwischen $Or_{20-43} Ab_{34-69} An_{2-10}$.

Bei den Grundmassfeldspäten handelt es sich bei den Basaniten ausschließlich um zonar gebaute Labradorite [Pr. 12188: An_{48-63} ; Pr. 12060: An_{47-70}], in den Alkali-Olivinbasalten um \pm zonare basische Andesine bis Labradorite und um geringe Alkalifeldspatanteile.

Innerhalb der untersuchten Alkali-Olivinbasalt-Proben der Brg. 2 charakterisieren folgende Angaben die variierende (meist Zonarbau) Zusammensetzung der Plagioklase; durch den Zusatz wird angegeben, ob in der jeweiligen Probe Alkalifeldspat nachgewiesen wurde:

| Probe | Teufe m u. Gel. | |
|-------|--------------------|----------------|
| 12004 | 16,15: | An 45 — 58; AF |
| 12010 | 23,40: | 41 — 63; AF |
| 12054 | 118,45: | 48 — 54; AF |
| 12069 | 158,15: | 45 — 63 |
| 12084 | 204,40: | 40 — 59; AF |

In den als Hawaiiite ausgehaltenen Gesteinen reicht die Zusammensetzung der Plagioklase von Oligoklas bis Labradorit. Etwas Alkalifeldspat (AF) ist immer vorhanden. In den verschiedenen Untertypen wurden ermittelt:

| | |
|------------------------------------|----------------|
| Analcim-Hawaiiit (Pr. 12090): | An 22 — 31; AF |
| Hawaiiit, porphyrisch (Pr. 12319): | 21 — 58; AF |
| K-Hawaiiit (Pr. 12324): | 26 — 42; AF |

Im porphyrischen Mugearit sind basische Oligoklase bis Andesine (Pr. 12117: An_{26-49}) vorhanden.

In der Leuko-Latit-Lava, die zum Hangenden unmittelbar in Alkali-Olivinbasalt übergeht, kommen neben Oligoklasen bis Andesinen (An_{15-45}) sehr reichlich Alkalifeldspäte (vorwiegend Anorthoklase) vor. Abhängig von der Lage der vermessenen Proben zu diesem Kontakt sind leicht unterschiedliche Feldspatassoziationen vorhanden. In der die Grenze Alkali-Olivinbasalt/Latit enthaltenden Probe 15529/2 (Abb. 67) wechselt die Plagioklaszusammensetzung von Labradorit mit An_{50-58} im Alkali-Olivinbasalt sprunghaft zu Oligoklas bis Andesin von An_{26-45} (meist zwischen An_{35} und 45) im Latit bei merklicher Zunahme des Alkalifeldspat-Anteils. In den entfernter zu der Grenze gelegenen Proben 15397 (0,7 m), 15398 und 12085/7 (2,2 m) variieren die Plagio-

klase zwischen An₁₅ und 40, bei meist deutlicher Vorherrschaft von Oligoklas. Alkalifeldspat (vorwiegend Anorthoklas bis Ca-Anorthoklas) ist reichlich vorhanden. Die merklich unterschiedliche Feldspatzusammensetzung in diesen Grenzbereichen drückt wahrscheinlich eine gewisse gegenseitige chemische Beeinflussung der beiden noch als Schmelzen miteinander in Kontakt getretenen Gesteine aus.

In den beiden Trachytlagen wurde in der Grundmasse als Feldspatphase nur Alkalifeldspat festgestellt, dessen Zusammensetzung von Anorthoklas bis Sanidin variiert. Im fast aphyrischen Trachyt der Brg. 2/2A (Pr. 12143) schwanken die ermittelten Mol.-Werte zwischen Or₁₆ und Or₄₃ (meist > Or₃₀) An₁₃ und An₃ Ab₆₉ und Ab₅₃ und im porphyrischen Trachyt der Brg. 1 (Pr. 12199) zwischen Or₂₀ und Or₄₈ (meist > Or₄₀) An₄ und An₁ Ab₅₀ und Ab₇₄.

4.3. Zur Geochemie der Hauptelemente in den Vulkaniten

(K.-H. EHRENBERG und G. STRECKER)

In den Tab. 7—9 sind 60 chemische Analysen von durchbohrten Vulkaniten zusammengestellt und in den Taf. 6 u. 7 ausgewertet. Hierbei verdeutlichen die in Tab. 7 zusammengestellten Originalanalysen sowohl durch oft beträchtliche und stark schwankende H₂O- und z. Zt. auch durch merkliche CO₂-Gehalte, wie auch durch ein wechselnd hohes Fe₂O₃/FeO-Verhältnis einen stark unterschiedlichen Erhaltungszustand der analysierten Vulkanite. Um die Werte miteinander vergleichen zu können, wurden die Analysen nach Abzug von H₂O ges., Verrechnung des CO₂ als CaCO₃, des S als FeS₂ und Normierung des Fe₂O₃/FeO-Verhältnisses nach LE MAITRE (1976) auf 100 Gew.-% umgerechnet (Tab. 8). Auf diese korrigierten Gesteinsanalysen beziehen sich alle Normenberechnungen [CIPW (Tab. 8), RITTMANN (Tab. 9)], Auswertungen (Taf. 6 u. 7, Abb. 68—70) und nachfolgende Bemerkungen.

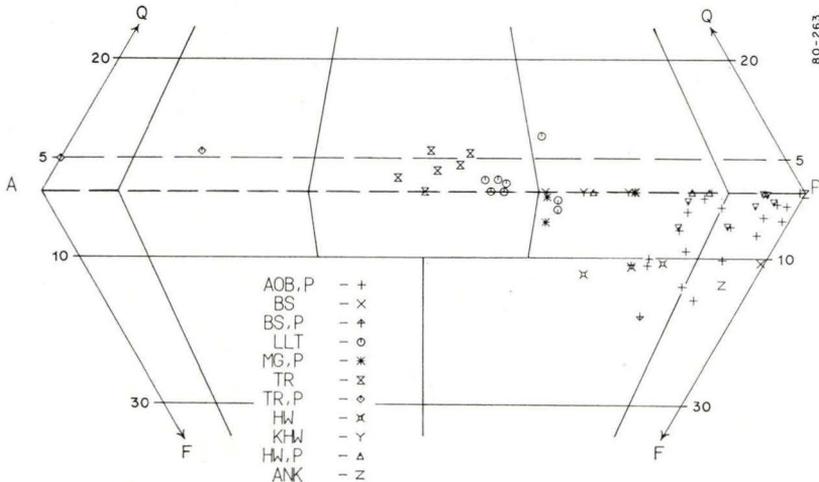


Abb. 68. STRECKEISEN-Diagramm (Quarz — Alkalifeldspat — Plagioklas — Foide) der Vulkanite aus den Forschungsbohrungen nach dem normativen Mineralbestand (Vol.-%) der RITTMANN-Norm (vgl. Tab. 9); in der unteren Diagrammhälfte A — P — F stehen infolge Montage der beiden Dreieckshälften asymmetrische Zeichen auf dem Kopf.

Tab. 7. Chemische Analysen und Modalbestände von Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2A (nach der Bohrteufe der analysierten Proben geordnet)

CHEMISMUS [GEW.-%]

| PROBE | 12194 ^b | 12199 ^a | 12317 ^a | 12319 ^b | 12320 ^b | 12004 ^b | 12010 ^b | 12014 ^b | 12048 ^b | 12054 ^a | 12055 ^a | 12060 ^b | 12068 ^a | 12069 ^b | 12070 ^b | 12082 ^a | 12083 ^b | 12084 ^b | 15539 ^b | 15540 ^b |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| BRG. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TEUFE | 40.30 | 55.35 | 147.70 | 162.40 | 174.10 | 16.15 | 23.40 | 31.50 | 104.60 | 118.45 | 122.15 | 132.55 | 158.15 | 160.40 | 165.35 | 192.15 | 197.00 | 204.40 | 205.41 | 205.60 |
| ART | TR,P | TR,P | HW,P | HW,P | HW,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | BS,P | AOB,P |
| SI02 | 62.44 | 62.43 | 46.43 | 47.39 | 48.42 | 46.22 | 47.21 | 47.29 | 45.53 | 46.67 | 47.45 | 42.37 | 45.56 | 45.24 | 44.80 | 45.22 | 44.08 | 45.90 | 46.68 | 46.52 |
| TI02 | 0.50 | 0.57 | 2.53 | 2.46 | 2.62 | 2.17 | 2.02 | 2.12 | 2.15 | 2.12 | 2.19 | 2.40 | 2.23 | 2.22 | 2.22 | 2.57 | 2.48 | 2.37 | 2.35 | 2.37 |
| AL2O3 | 18.10 | 18.05 | 15.55 | 15.78 | 16.43 | 13.52 | 13.21 | 13.67 | 13.15 | 13.25 | 12.39 | 12.57 | 12.49 | 12.45 | 12.65 | 13.50 | 14.01 | 15.32 | 15.62 | 15.59 |
| FE2O3 | 2.79 | 3.08 | 5.45 | 5.21 | 5.98 | 4.56 | 5.13 | 4.90 | 5.91 | 5.23 | 4.37 | 7.01 | 6.09 | 5.18 | 6.36 | 4.68 | 5.96 | 4.43 | 4.16 | 5.05 |
| FE0 | 0.71 | 0.74 | 5.12 | 5.10 | 3.50 | 6.30 | 5.50 | 6.00 | 4.50 | 6.18 | 6.72 | 3.70 | 5.95 | 5.70 | 5.00 | 6.81 | 5.50 | 5.90 | 5.60 | 5.00 |
| MNO | - | 0.11 | 0.14 | - | - | - | - | - | - | 0.12 | 0.16 | - | 0.14 | - | - | 0.15 | - | - | - | - |
| MGO | 0.47 | 0.36 | 5.44 | 5.89 | 4.44 | 8.54 | 9.48 | 8.56 | 10.08 | 9.52 | 9.76 | 10.33 | 10.56 | 10.66 | 10.45 | 9.52 | 9.29 | 7.13 | 6.37 | 6.56 |
| CAO | 0.65 | 1.40 | 8.75 | 8.67 | 8.62 | 9.15 | 8.65 | 9.01 | 9.22 | 9.20 | 9.31 | 11.26 | 9.93 | 10.30 | 10.12 | 10.04 | 10.38 | 8.94 | 8.40 | 8.63 |
| NA2O | 5.66 | 5.65 | 4.17 | 4.24 | 4.04 | 3.24 | 3.37 | 3.03 | 3.44 | 3.50 | 3.45 | 3.19 | 2.89 | 2.89 | 3.10 | 3.54 | 3.42 | 4.07 | 4.27 | 4.10 |
| K2O | 5.59 | 5.42 | 1.25 | 1.63 | 1.74 | 1.33 | 1.29 | 1.26 | 0.86 | 1.30 | 1.12 | 1.05 | 0.75 | 0.68 | 1.07 | 0.92 | 1.08 | 1.56 | 1.72 | 1.61 |
| H2O+ | 2.60 | 1.01 | 2.87 | 3.20 | 4.40 | 2.40 | 2.00 | 2.60 | 3.50 | 1.25 | 1.80 | 2.60 | 2.36 | 2.20 | 2.50 | 0.97 | 3.20 | 2.60 | 1.53 | 2.02 |
| H2O- | - | 0.41 | 0.79 | - | - | - | - | - | - | 0.66 | 0.39 | - | 0.55 | - | - | 0.74 | - | - | - | - |
| P2O5 | 0.12 | 0.13 | 0.70 | 0.70 | 0.69 | 0.47 | 0.44 | 0.43 | 0.49 | 0.52 | 0.50 | 0.62 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.69 | 0.63 | 0.72 | 0.51 | 0.48 |
| CO2 | 0.20 | 0.15 | 0.41 | 0.79 | 0.35 | 0.18 | 0.30 | 0.20 | 0.52 | 0.37 | 0.27 | 0.50 | 0.19 | 0.32 | 0.27 | 0.14 | 0.14 | 0.20 | 0.04 | 0.04 |
| CL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S03 | - | 0.03 | 0.04 | - | - | - | - | 0.08 | - | 0.03 | 0.04 | - | 0.03 | - | - | 0.03 | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUMME | 99.83 | 99.54 | 99.64 | 101.06 | 101.23 | 98.08 | 98.60 | 99.15 | 99.35 | 99.92 | 99.92 | 97.60 | 100.15 | 98.28 | 99.00 | 99.52 | 100.17 | 99.14 | 97.25 | 97.97 |

MODALBESTAND [VOL.-%]

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| OL-E | - | - | 5.20 | 2.60 | - | 10.60 | 14.30 | 8.80 | 9.60 | 13.60 | 7.60 | 12.60 | 9.60 | 11.80 | 10.40 | 7.70 | 7.60 | 4.20 | 2.70 | 3.70 |
| KPX-E | - | - | 5.80 | 7.20 | - | 5.50 | 6.20 | 5.20 | 12.30 | 17.80 | 13.50 | 18.80 | 15.30 | 26.50 | 18.50 | 13.90 | 17.50 | 9.10 | 11.10 | 10.30 |
| HBL-E | 1.30 | 1.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.50 | 1.00 | 1.40 |
| ERZ-E | - | 0.10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PL-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AF-E | 11.90 | 10.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| GRM. | 86.80 | 88.00 | 88.90 | 90.20 | - | 83.90 | 79.30 | 85.70 | 78.10 | 67.80 | 78.30 | 68.60 | 75.10 | 61.60 | 71.00 | 78.30 | 74.90 | 85.20 | 85.10 | 84.60 |
| XEN. | - | - | - | - | - | - | 0.20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

a) Chemische Analysen: Chemisches Labor des Hessischen Landesamts für Bodenforschung; Leitung: Dipl.-Chem. G. THIELICKE

b) Röntgenfluoreszenz-Analysen: Analytiker Dipl.-Min. G. STRECKER; die FE0-, p205-, CO2- und S-Werte wurden im Chemischen Labor ermittelt.

Fortsetzung Tab. 7.

CHEMISCHUS (GEW.-%)

| PROBE | 15541 ^b | 15542 ^b | 15531 ^b | 15532 ^b | 15397 ^b | 12085 ^b | 12085 ^b | 15398 ^b | 12090 ^b | 12093 ^b | 12094 ^b | 12100 ^b | 12101 ^b | 12143 ^a | 15396 ^b | 12144 ^a | 12145 ^a | 12148 ^b | 12111 ^b | 12116 ^b | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| BRG. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2A | 2 | 2A | 2A | 2A | 2 | 2 | |
| TEUFE | 205.66 | 205.73 | 206.10 | 206.50 | 207.35 | 207.80 | 207.90 | 208.20 | 220.65 | 231.45 | 232.70 | 250.55 | 251.33 | 267.75 | 268.40 | 268.60 | 269.86 | 280.04 | 288.90 | 293.90 | |
| ART | LLT | HW | HW | HW | HW,P | HW,P | TR | TR | TR | TR | TR | TR | HW,P |
| SI02 | 55.21 | 55.29 | 57.50 | 58.25 | 57.81 | 58.06 | 58.10 | 57.99 | 46.22 | 46.55 | 45.86 | 47.86 | 49.02 | 58.75 | 58.41 | 58.70 | 59.46 | 59.14 | 59.40 | 47.71 | |
| TI02 | 1.08 | 1.05 | 0.78 | 0.76 | 0.77 | 0.79 | 0.78 | 0.76 | 2.73 | 2.75 | 2.80 | 2.35 | 2.27 | 0.81 | 1.01 | 0.98 | 1.06 | 0.97 | 0.99 | 2.55 | |
| ALZ03 | 18.41 | 18.31 | 19.13 | 18.98 | 18.94 | 18.43 | 18.62 | 18.79 | 16.30 | 16.30 | 16.24 | 16.56 | 16.18 | 18.15 | 18.53 | 18.25 | 18.10 | 18.70 | 18.33 | 16.19 | |
| FEZ03 | 3.61 | 3.72 | 3.04 | 3.28 | 3.10 | 3.43 | 3.29 | 2.86 | 6.20 | 4.69 | 4.70 | 5.74 | 5.57 | 4.28 | 2.86 | 3.52 | 3.82 | 3.48 | 3.64 | 6.80 | |
| FE0 | 2.70 | 2.70 | 1.50 | 1.20 | 1.60 | 1.90 | 1.90 | 1.90 | 4.10 | 5.50 | 5.30 | 3.25 | 3.10 | 0.38 | 1.40 | 1.01 | 0.79 | 0.30 | 0.40 | 3.40 | |
| MNO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.12 | - | 0.11 | 0.13 | - | - | - | |
| MGO | 1.44 | 1.50 | 0.91 | 0.95 | 0.92 | 0.78 | 0.87 | 0.90 | 4.95 | 5.10 | 5.08 | 5.03 | 5.00 | 1.17 | 1.18 | 0.77 | 1.45 | 1.05 | 0.88 | 5.36 | |
| CA0 | 5.49 | 5.48 | 3.88 | 3.78 | 3.89 | 4.32 | 4.24 | 3.82 | 8.93 | 8.43 | 8.46 | 8.48 | 7.95 | 3.36 | 3.44 | 3.70 | 3.03 | 2.74 | 2.60 | 8.66 | |
| NAZ0 | 5.46 | 5.66 | 5.35 | 4.95 | 5.58 | 5.52 | 5.77 | 5.91 | 4.26 | 4.41 | 4.37 | 3.43 | 3.59 | 5.60 | 5.46 | 5.85 | 5.70 | 5.28 | 5.85 | 3.73 | |
| KZ0 | 3.25 | 3.20 | 3.88 | 3.90 | 3.85 | 3.90 | 3.94 | 3.89 | 2.15 | 1.79 | 1.56 | 1.76 | 2.45 | 4.51 | 4.31 | 4.37 | 4.55 | 4.56 | 4.98 | 1.53 | |
| H20+ | 2.08 | 2.01 | 2.93 | 3.30 | 2.44 | 2.50 | 1.27 | 2.05 | 4.10 | 2.17 | 2.89 | 4.98 | 4.36 | 1.29 | 1.90 | 1.46 | 0.77 | 2.20 | 2.50 | 4.10 | |
| H20- | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.73 | - | 0.63 | 0.57 | - | - | - | |
| P205 | 0.41 | 0.37 | 0.16 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.25 | 0.26 | 0.79 | 0.51 | 0.51 | 0.58 | 0.56 | 0.22 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.15 | 0.86 | |
| CO2 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.14 | 0.04 | 0.07 | 0.24 | 0.11 | 0.11 | 0.18 | 0.15 | 0.19 | 0.88 | 0.18 | 0.17 | 0.22 | 0.27 | 0.23 | |
| CL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| S03 | - | - | - | - | - | 0.08 | - | - | - | - | - | - | - | 0.03 | 0.08 | 0.03 | - | - | - | 0.07 | |
| S | - | - | - | - | - | - | 0.03 | - | - | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | - | - | - | - | - | - | - | |
| SUMME | 99.21 | 99.36 | 99.13 | 99.68 | 99.24 | 100.13 | 99.10 | 99.20 | 100.97 | 98.35 | 97.93 | 100.21 | 100.24 | 99.59 | 99.69 | 99.79 | 99.84 | 98.87 | 99.99 | 101.19 | |

MODALBESTAND (VOL.-%)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| OL-E | 0.10 | 0.20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.40 |
| KPX-E | 1.00 | 1.30 | - | - | 0.10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6.20 |
| HBL-E | 0.60 | 0.60 | - | - | 0.30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2.10 |
| ERZ-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PL-E | - | 0.10 | - | - | 1.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.90 |
| AF-E | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| GRM. | 98.20 | 96.70 | - | - | 98.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 89.60 |
| XEN. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg

Tab. 8. Chemismus, CIPW-Norm, Differentiationsindex (D.I.), normativer An-Gehalt $\left(\frac{\text{An} \cdot 100}{\text{Ab} + \text{An}}\right)$ und Mg-Werte $\left(\frac{\text{Mg} \cdot 100}{\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}}\right)$ für $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 0,15$ von Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2A (umgerechnet auf 100 Gew.-% nach Abzug von CaCO_3 , FeS_2 , H_2O^+ und H_2O^- und Berechnung von $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ nach LE MATHRE 1976)

| PROBE | 12194 | 12199 | 12317 | 12319 | 12320 | 12004 | 12010 | 12014 | 12048 | 12054 | 12055 | 12060 | 12068 | 12069 | 12070 | 12082 | 12083 | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| BRG. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| TEUFE | 40.30 | 55.35 | 147.70 | 162.40 | 174.10 | 16.15 | 23.40 | 31.50 | 104.60 | 118.45 | 122.15 | 132.55 | 158.15 | 160.40 | 165.35 | 192.15 | 197.00 | |
| ART | TR,P | TR,P | HW,P | HW,P | HW,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | BS,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | |
| CHEMISMUS (GEW.-0/0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 64.57 | 63.93 | 48.95 | 49.39 | 50.54 | 48.55 | 49.28 | 49.32 | 48.21 | 48.10 | 48.90 | 45.31 | 47.18 | 47.52 | 46.84 | 46.43 | 45.70 | |
| TiO ₂ | 0.52 | 0.58 | 2.67 | 2.56 | 2.73 | 2.28 | 2.11 | 2.21 | 2.28 | 2.19 | 2.26 | 2.57 | 2.31 | 2.33 | 2.32 | 2.64 | 2.57 | |
| Al ₂ O ₃ | 18.72 | 18.49 | 16.40 | 16.45 | 17.15 | 14.20 | 13.79 | 14.26 | 13.92 | 13.66 | 12.77 | 13.44 | 12.94 | 13.08 | 13.23 | 13.86 | 14.53 | |
| Fe ₂ O ₃ | 2.05 | 2.20 | 4.22 | 4.23 | 3.87 | 4.14 | 4.07 | 4.09 | 3.84 | 4.33 | 4.22 | 3.78 | 4.18 | 3.81 | 4.07 | 4.20 | 4.14 | |
| FeO | 1.49 | 1.72 | 6.90 | 6.39 | 5.79 | 7.21 | 6.90 | 7.14 | 6.94 | 7.43 | 7.33 | 7.30 | 8.20 | 7.45 | 7.55 | 7.67 | 7.54 | |
| MnO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| MgO | 0.49 | 0.37 | 5.74 | 6.14 | 4.63 | 8.97 | 9.90 | 8.93 | 10.67 | 9.81 | 10.06 | 11.05 | 10.94 | 11.20 | 10.93 | 9.78 | 9.63 | |
| CaO | 0.41 | 1.24 | 8.67 | 7.99 | 8.53 | 9.37 | 8.63 | 9.13 | 9.06 | 9.00 | 9.24 | 11.36 | 10.03 | 10.39 | 10.22 | 10.13 | 10.58 | |
| Na ₂ O | 5.85 | 5.79 | 4.40 | 4.42 | 4.22 | 3.40 | 3.52 | 3.16 | 3.64 | 3.61 | 3.56 | 3.41 | 2.99 | 3.04 | 3.24 | 3.63 | 3.55 | |
| K ₂ O | 5.78 | 5.55 | 1.32 | 1.70 | 1.82 | 1.40 | 1.35 | 1.31 | 0.91 | 1.34 | 1.15 | 1.12 | 0.78 | 0.71 | 1.12 | 0.94 | 1.12 | |
| H ₂ O ⁺ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| H ₂ O ⁻ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| P ₂ O ₅ | 0.12 | 0.13 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.49 | 0.46 | 0.45 | 0.52 | 0.54 | 0.52 | 0.66 | 0.45 | 0.46 | 0.48 | 0.71 | 0.65 | |
| CO ₂ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SO ₃ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |
| CIPW - NORM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QZ | 7.07 | 6.01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| C | 2.38 | 1.01 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| OR | 34.16 | 32.79 | 7.80 | 10.05 | 10.75 | 8.27 | 7.98 | 7.74 | 5.38 | 7.92 | 6.79 | 6.62 | 4.61 | 4.20 | 6.62 | 5.56 | 6.62 | |
| AB | 49.50 | 48.99 | 33.51 | 33.53 | 35.71 | 27.11 | 29.78 | 26.74 | 28.13 | 26.23 | 28.93 | 13.08 | 24.42 | 24.36 | 20.14 | 22.43 | 17.71 | |
| AN | 1.25 | 5.30 | 21.10 | 20.02 | 22.48 | 19.35 | 17.84 | 20.86 | 18.96 | 17.11 | 15.47 | 18.06 | 19.58 | 19.95 | 18.25 | 18.75 | 20.40 | |
| NE | - | - | 2.02 | 2.10 | - | 0.90 | - | - | 1.45 | 2.33 | 0.65 | 8.55 | 0.48 | 0.74 | 3.94 | 4.49 | 6.68 | |
| KP | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| LC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| AC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| NS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| KS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| WO* | - | - | 7.13 | 6.20 | 6.32 | 9.99 | 9.17 | 8.98 | 9.43 | 10.02 | 11.26 | 14.19 | 11.37 | 11.94 | 12.24 | 11.22 | 11.62 | |
| EN* | - | - | 4.91 | 4.47 | 4.58 | 7.16 | 6.72 | 6.42 | 6.99 | 7.21 | 8.18 | 10.51 | 8.07 | 8.73 | 8.92 | 8.11 | 8.40 | |
| FS* | - | - | 1.64 | 1.17 | 1.16 | 1.94 | 1.59 | 1.76 | 1.53 | 1.90 | 2.04 | 2.31 | 2.31 | 2.09 | 2.19 | 2.08 | 2.16 | |
| WO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| EN** | 1.22 | 0.92 | - | - | 0.84 | - | 0.32 | 5.29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| FS** | 0.18 | 0.38 | - | - | 0.21 | - | 0.08 | 1.45 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| FO* | - | - | 6.57 | 7.59 | 4.28 | 10.64 | 12.34 | 7.38 | 13.72 | 12.06 | 11.82 | 11.92 | 13.44 | 13.43 | 12.83 | 11.39 | 10.92 | |
| FA* | - | - | 2.42 | 2.19 | 1.20 | 3.18 | 3.21 | 2.22 | 3.30 | 3.51 | 3.25 | 2.88 | 4.23 | 3.55 | 3.46 | 3.22 | 3.10 | |
| CS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| MT | 2.97 | 3.19 | 6.12 | 6.13 | 5.61 | 6.00 | 5.90 | 5.93 | 5.57 | 6.28 | 6.12 | 5.48 | 6.06 | 5.52 | 5.90 | 6.09 | 6.00 | |
| HE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ILM | 0.99 | 1.10 | 5.07 | 4.86 | 5.18 | 4.33 | 4.01 | 4.20 | 4.33 | 4.16 | 4.29 | 4.88 | 4.39 | 4.43 | 4.41 | 5.01 | 4.88 | |
| TIT | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| PW | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| RU | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| AP | 0.28 | 0.30 | 1.71 | 1.69 | 1.67 | 1.14 | 1.07 | 1.04 | 1.20 | 1.25 | 1.20 | 1.53 | 1.04 | 1.07 | 1.11 | 1.65 | 1.51 | |
| PR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| CC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |
| D.I. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D.I. | 90.73 | 87.80 | 43.33 | 45.68 | 46.46 | 36.28 | 37.77 | 34.48 | 34.96 | 36.49 | 36.38 | 28.25 | 29.51 | 29.29 | 30.70 | 32.47 | 31.01 | |
| AN | 2.46 | 9.76 | 38.44 | 37.39 | 38.63 | 41.65 | 37.46 | 43.82 | 40.26 | 39.47 | 34.84 | 58.00 | 44.50 | 45.03 | 47.54 | 45.53 | 53.53 | |
| MgVAL | 22.92 | 17.25 | 52.40 | 54.92 | 50.25 | 62.40 | 65.47 | 62.54 | 67.50 | 63.91 | 64.98 | 67.63 | 65.18 | 67.56 | 66.35 | 63.65 | 63.36 | |

Fortsetzung Tab. 8

| PROBE | 12084 | 15539 | 15540 | 15541 | 15542 | 15531 | 15532 | 15397 | 12085' | 12085" | 15398 | 12090 | 12093 | 12094 | 12100 | 12101 | 12143 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BRG. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2A |
| TEUFE | 204.40 | 205.41 | 205.60 | 205.66 | 205.73 | 206.10 | 206.50 | 207.35 | 207.80 | 207.90 | 208.20 | 220.65 | 231.45 | 232.70 | 250.55 | 251.33 | 267.75 |
| ART | A0B,P | A0B,P | A0B,P | LLT | HW | HW | HW | HW,P | HW,P | TR |
| CHEMIS MUS (GEW.-0/0) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SIO2 | 47.79 | 48.83 | 48.59 | 56.97 | 56.93 | 59.93 | 60.60 | 59.86 | 59.78 | 59.52 | 59.81 | 48.09 | 48.60 | 48.48 | 50.60 | 51.47 | 60.62 |
| TIO2 | 2.47 | 2.46 | 2.48 | 1.11 | 1.08 | 0.81 | 0.79 | 0.80 | 0.81 | 0.80 | 0.78 | 2.84 | 2.87 | 2.96 | 2.49 | 2.38 | 0.84 |
| AL2O3 | 15.95 | 16.34 | 16.28 | 19.00 | 18.85 | 19.93 | 19.75 | 19.61 | 18.98 | 19.07 | 19.38 | 16.96 | 17.02 | 17.17 | 17.51 | 16.99 | 18.73 |
| FE2O3 | 4.14 | 4.05 | 4.06 | 3.19 | 3.26 | 2.39 | 2.32 | 2.49 | 2.82 | 2.77 | 2.58 | 4.25 | 4.25 | 4.12 | 3.57 | 3.63 | 2.49 |
| FeO | 6.57 | 6.13 | 6.32 | 3.27 | 3.25 | 2.26 | 2.23 | 2.30 | 2.56 | 2.45 | 2.29 | 6.24 | 6.28 | 6.30 | 5.68 | 5.20 | 2.23 |
| MNO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MGO | 7.42 | 6.66 | 6.85 | 1.49 | 1.54 | 0.95 | 0.99 | 0.95 | 0.80 | 0.89 | 0.93 | 5.15 | 5.32 | 5.37 | 5.32 | 5.25 | 1.21 |
| CaO | 9.04 | 8.73 | 8.96 | 5.57 | 5.55 | 3.95 | 3.84 | 3.94 | 4.26 | 4.29 | 3.85 | 8.97 | 8.65 | 8.79 | 8.73 | 8.15 | 3.22 |
| NA2O | 4.24 | 4.47 | 4.28 | 5.63 | 5.83 | 5.57 | 5.15 | 5.78 | 5.68 | 5.91 | 6.10 | 4.43 | 4.60 | 4.62 | 3.63 | 3.77 | 5.78 |
| K2O | 1.62 | 1.80 | 1.68 | 3.35 | 3.29 | 4.04 | 4.06 | 3.99 | 4.02 | 4.04 | 4.01 | 2.24 | 1.87 | 1.65 | 1.86 | 2.57 | 4.65 |
| H2O+ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| H2O- | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P2O5 | 0.75 | 0.53 | 0.50 | 0.42 | 0.38 | 0.17 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | 0.82 | 0.53 | 0.54 | 0.61 | 0.59 | 0.23 |
| CO2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SO3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| CIPW - NORM | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QZ | - | - | - | - | - | 2.50 | 5.77 | 1.94 | 2.42 | 0.79 | 0.55 | - | - | - | - | - | 1.51 |
| C | - | - | - | - | - | - | 0.55 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OR | 9.57 | 10.64 | 9.93 | 19.80 | 19.44 | 23.88 | 23.99 | 23.58 | 23.76 | 23.87 | 23.70 | 13.24 | 11.05 | 9.75 | 10.99 | 15.19 | 27.48 |
| AB | 25.60 | 27.17 | 26.80 | 47.64 | 47.42 | 47.14 | 43.58 | 48.91 | 48.06 | 50.01 | 51.62 | 25.17 | 28.03 | 28.77 | 30.71 | 31.90 | 48.91 |
| AN | 19.71 | 19.20 | 20.25 | 16.68 | 15.55 | 17.45 | 17.29 | 15.78 | 14.42 | 13.57 | 13.66 | 19.78 | 20.27 | 21.24 | 25.99 | 21.85 | 11.43 |
| NE | 5.57 | 5.77 | 5.10 | - | 1.04 | - | - | - | - | - | - | 6.67 | 5.90 | 5.59 | - | - | - |
| KP | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| WO' | 8.45 | 8.62 | 8.74 | 3.43 | 3.97 | 0.43 | - | 0.81 | 2.01 | 2.51 | 1.54 | 8.09 | 8.01 | 7.87 | 5.57 | 6.15 | 1.27 |
| EN' | 6.15 | 6.33 | 6.37 | 2.25 | 2.62 | 0.30 | - | 0.55 | 1.25 | 1.66 | 1.06 | 5.86 | 5.82 | 5.73 | 4.03 | 4.61 | 0.94 |
| FS' | 1.52 | 1.47 | 1.55 | 0.93 | 1.07 | 0.10 | - | 0.20 | 0.65 | 0.67 | 0.36 | 1.49 | 1.44 | 1.40 | 1.03 | 0.92 | 0.20 |
| WO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| EN'' | - | - | - | 0.20 | - | 2.07 | 2.47 | 1.82 | 0.75 | 0.56 | 1.26 | - | - | - | 5.88 | 2.87 | 2.07 |
| FS'' | - | - | - | 0.08 | - | 0.73 | 0.87 | 0.65 | 0.39 | 0.22 | 0.43 | - | - | - | 1.49 | 0.57 | 0.45 |
| FD' | 8.64 | 7.19 | 7.49 | 0.88 | 0.85 | - | - | - | - | - | - | 4.88 | 5.20 | 5.36 | 2.34 | 3.92 | - |
| FA' | 2.35 | 1.84 | 2.01 | 0.40 | 0.38 | - | - | - | - | - | - | 1.37 | 1.42 | 1.45 | 0.66 | 0.87 | - |
| CS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MT | 6.00 | 5.87 | 5.89 | 4.63 | 4.73 | 3.47 | 3.36 | 3.61 | 4.09 | 4.02 | 3.74 | 6.16 | 6.16 | 5.97 | 5.18 | 5.26 | 3.61 |
| HE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ILM | 4.69 | 4.67 | 4.71 | 2.11 | 2.05 | 1.54 | 1.50 | 1.52 | 1.54 | 1.52 | 1.48 | 5.39 | 5.45 | 5.62 | 4.73 | 4.52 | 1.60 |
| TIT | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PW | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RU | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AP | 1.74 | 1.23 | 1.16 | 0.97 | 0.88 | 0.39 | 0.63 | 0.65 | 0.67 | 0.60 | 0.63 | 1.90 | 1.23 | 1.25 | 1.41 | 1.37 | 0.53 |
| PR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| D.I. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AN | 40.74 | 43.58 | 41.83 | 67.44 | 67.89 | 73.50 | 73.34 | 74.43 | 74.24 | 74.67 | 75.87 | 45.08 | 44.98 | 44.11 | 41.71 | 47.09 | 77.90 |
| NGVAL | 43.49 | 41.41 | 43.04 | 25.93 | 24.70 | 27.02 | 28.40 | 24.39 | 23.08 | 21.34 | 20.93 | 44.00 | 41.97 | 42.47 | 45.83 | 40.65 | 18.94 |
| NGVAL | 59.32 | 57.96 | 58.15 | 32.93 | 33.36 | 30.35 | 31.69 | 29.74 | 24.10 | 26.70 | 28.98 | 50.87 | 51.58 | 52.05 | 54.76 | 55.64 | 36.01 |

Fortsetzung Tab. 8

| PROBE | 15396 | 12144 | 12145 | 12148 | 12111 | 12116 | 15543 | 15544 | 15545 | 15546 | 15547 | 15548 | 15549 | 12117 | 12118 | 12161 | 12162 | 12163 | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| BRG. | 2 | 2A | 2A | 2A | 2 | 2 | 2A | 2 | 2 | 2A | 2A | 2A | |
| TEUFE | 268.40 | 268.60 | 269.86 | 280.04 | 288.90 | 293.90 | 299.70 | 300.40 | 301.20 | 302.25 | 302.70 | 303.00 | 303.20 | 303.60 | 303.85 | 387.10 | 392.20 | 395.00 | |
| ART | TR | TR | TR | TR | TR | HW,P | HW,P | HW,P | HW,P | HW,P | HW,P | MG,P | MG,P | MG,P | MG,P | ANK | ANK | A0B,P | |
| CHEMISMUS (GEW.-0/0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SI02 | 61.09 | 60.44 | 60.70 | 61.59 | 61.41 | 49.61 | 49.39 | 49.39 | 49.51 | 50.06 | 49.81 | 52.46 | 53.04 | 53.65 | 52.85 | 45.69 | 45.39 | 46.98 | |
| TI02 | 1.06 | 1.01 | 1.08 | 1.01 | 1.02 | 2.65 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 2.49 | 2.52 | 2.40 | 2.38 | 1.95 | 1.98 | 2.78 | 2.49 | 3.02 | |
| AL203 | 19.38 | 18.79 | 18.47 | 19.48 | 18.95 | 16.84 | 16.99 | 16.84 | 16.89 | 16.93 | 17.30 | 18.36 | 17.99 | 16.96 | 17.71 | 12.02 | 10.81 | 12.80 | |
| FE203 | 2.33 | 2.46 | 2.49 | 2.02 | 2.24 | 3.98 | 3.90 | 3.95 | 4.00 | 3.82 | 3.84 | 3.59 | 3.55 | 3.89 | 3.87 | 3.81 | 3.60 | 4.06 | |
| FEO | 2.02 | 2.18 | 2.21 | 1.76 | 1.78 | 6.29 | 6.54 | 6.48 | 6.56 | 6.26 | 6.31 | 4.99 | 4.84 | 4.73 | 4.52 | 8.45 | 7.57 | 7.72 | |
| MNO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| MGO | 1.23 | 0.79 | 1.48 | 1.09 | 0.91 | 5.57 | 5.52 | 5.51 | 5.53 | 5.40 | 5.24 | 3.65 | 3.62 | 3.89 | 3.85 | 12.50 | 14.66 | 10.41 | |
| CAD | 2.43 | 3.57 | 2.87 | 2.56 | 2.33 | 8.70 | 8.92 | 8.90 | 8.56 | 8.72 | 8.49 | 6.67 | 6.67 | 6.33 | 6.33 | 11.66 | 11.79 | 10.41 | |
| NA20 | 5.71 | 6.02 | 5.82 | 5.50 | 6.05 | 3.88 | 4.06 | 4.26 | 4.38 | 4.15 | 4.30 | 4.49 | 4.55 | 4.77 | 5.03 | 2.16 | 2.71 | 3.16 | |
| K2O | 4.51 | 4.50 | 4.64 | 4.75 | 5.15 | 1.59 | 1.25 | 1.25 | 1.15 | 1.25 | 1.26 | 2.50 | 2.48 | 3.04 | 3.06 | 0.51 | 0.58 | 0.94 | |
| H2O+ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| H2O- | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| P2O5 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.16 | 0.89 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.89 | 0.88 | 0.78 | 0.80 | 0.41 | 0.41 | 0.50 | |
| CO2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| CL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SO3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |
| C1PW - NORM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QZ | 4.24 | 1.02 | 1.76 | 4.99 | 0.87 | - | - | - | - | - | - | - | 0.25 | - | - | - | - | - | |
| C | 1.26 | - | - | 1.21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| DR | 26.65 | 26.59 | 27.42 | 28.07 | 30.43 | 9.40 | 7.39 | 7.39 | 6.79 | 7.39 | 7.45 | 14.77 | 14.65 | 17.97 | 18.08 | 3.01 | 3.43 | 5.55 | |
| AS | 48.32 | 50.94 | 49.25 | 46.54 | 51.19 | 32.83 | 34.35 | 35.74 | 37.05 | 35.12 | 36.39 | 37.99 | 38.50 | 40.37 | 38.88 | 18.01 | 12.38 | 23.04 | |
| AN | 10.49 | 10.96 | 10.57 | 11.13 | 9.34 | 23.84 | 24.44 | 23.13 | 23.02 | 23.87 | 24.18 | 22.56 | 21.34 | 15.89 | 16.71 | 21.60 | 15.62 | 17.97 | |
| NE | - | - | - | - | - | - | - | 0.16 | - | - | - | - | - | - | - | 2.00 | 0.15 | 5.72 | |
| KP | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| LC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| AC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| NS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| KS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| WD' | - | 2.17 | 0.88 | - | 0.49 | 5.64 | 5.73 | 6.24 | 5.58 | 5.58 | 4.98 | 1.97 | 2.51 | 4.35 | 3.95 | 14.02 | 16.78 | 12.70 | |
| EN' | - | 1.67 | 0.73 | - | 0.42 | 4.02 | 3.94 | 4.31 | 3.84 | 3.89 | 3.45 | 1.43 | 1.85 | 3.20 | 2.98 | 10.18 | 12.70 | 9.37 | |
| FS' | - | 0.26 | 0.04 | - | - | 1.13 | 1.34 | 1.42 | 1.29 | 1.22 | 1.12 | 0.35 | 0.42 | 0.74 | 0.57 | 2.54 | 2.37 | 2.11 | |
| WO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| EN'' | 3.06 | 0.29 | 2.96 | 2.71 | 1.84 | 3.44 | 2.15 | - | 0.52 | 4.06 | 2.13 | 6.43 | 7.17 | 1.74 | - | - | - | - | |
| FS'' | 0.03 | 0.05 | 0.17 | - | - | 0.96 | 0.73 | - | 0.17 | 1.28 | 0.69 | 1.58 | 1.61 | 0.40 | - | - | - | - | |
| FO' | - | - | - | - | - | 4.50 | 5.37 | 6.59 | 6.59 | 3.85 | 5.24 | 0.86 | - | 3.33 | 4.63 | 14.69 | 16.68 | 11.60 | |
| FA' | - | - | - | - | - | 1.39 | 2.00 | 2.39 | 2.43 | 1.33 | 1.88 | 0.23 | - | 0.85 | 0.98 | 4.04 | 3.43 | 2.88 | |
| CS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| MT | 3.38 | 3.57 | 3.61 | 2.75 | 2.78 | 5.77 | 5.65 | 5.73 | 5.80 | 5.54 | 5.57 | 5.20 | 5.15 | 5.64 | 5.61 | 5.53 | 5.22 | 5.89 | |
| HE | - | - | - | 0.13 | 0.32 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ILM | 2.01 | 1.92 | 2.05 | 1.92 | 1.94 | 5.03 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.73 | 4.79 | 4.56 | 4.52 | 3.70 | 3.76 | 5.28 | 4.73 | 5.74 | |
| TIT | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| PW | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| RU | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| AP | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.37 | 2.06 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.13 | 2.13 | 2.06 | 2.04 | 1.81 | 1.85 | 0.95 | 0.95 | 1.16 | |
| PR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| CC | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |
| ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D.I. | 79.21 | 78.55 | 78.43 | 79.60 | 82.49 | 42.23 | 41.74 | 43.29 | 43.86 | 42.51 | 43.84 | 52.76 | 53.40 | 58.32 | 58.96 | 21.16 | 21.53 | 30.60 | |
| AN | 17.84 | 17.71 | 17.67 | 19.30 | 15.43 | 42.07 | 41.57 | 39.30 | 38.33 | 40.46 | 39.92 | 37.26 | 35.66 | 28.25 | 30.06 | 54.55 | 55.79 | 43.82 | |
| MGVAL | 37.67 | 27.17 | 40.93 | 38.13 | 32.66 | 53.30 | 53.16 | 53.15 | 52.90 | 53.52 | 52.57 | 47.97 | 48.41 | 49.31 | 49.32 | 68.24 | 73.29 | 64.93 | |

PROBE 15376 12182 15383 15386 12324 12186 15392 12188

Fortsetzung Tab. 8

| BRG. | 2A |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TEUFE | 453.50 | 460.80 | 461.55 | 466.05 | 466.35 | 472.18 | 473.90 | 484.05 |
| ART | A0B,P | A0B,P | A0B,P | KHW | KHW | KHW | A0B,P | B5 |

CHEMISMUS (GEW.-O/D)

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SIO2 | 45.43 | 44.27 | 46.07 | 51.39 | 50.35 | 51.09 | 44.55 | 44.87 |
| TIO2 | 4.54 | 4.13 | 4.57 | 2.99 | 2.93 | 2.81 | 4.41 | 4.27 |
| AL2O3 | 16.42 | 15.27 | 16.10 | 17.60 | 17.64 | 16.89 | 16.14 | 15.72 |
| FE2O3 | 3.82 | 4.04 | 4.01 | 3.83 | 4.13 | 3.71 | 4.24 | 4.15 |
| FEO | 7.73 | 7.74 | 8.21 | 5.84 | 6.82 | 5.31 | 8.65 | 8.03 |
| MNO | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MGO | 6.35 | 9.26 | 6.96 | 4.74 | 4.71 | 5.08 | 6.53 | 8.20 |
| CAO | 11.12 | 9.99 | 9.57 | 6.90 | 6.72 | 7.93 | 10.91 | 9.52 |
| NA2O | 3.12 | 3.74 | 3.15 | 3.45 | 2.95 | 3.32 | 3.03 | 3.84 |
| K2O | 0.83 | 1.01 | 0.84 | 2.46 | 2.89 | 3.06 | 0.94 | 0.76 |
| H2O+ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| H2O- | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P2O5 | 0.63 | 0.55 | 0.51 | 0.80 | 0.86 | 0.80 | 0.60 | 0.63 |
| CO2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CL | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SO3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

CIPW - NORM

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| QZ | - | - | - | 1.92 | 1.49 | - | - | - |
| C | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OR | 4.91 | 5.97 | 4.96 | 14.54 | 17.08 | 18.08 | 5.55 | 4.49 |
| AB | 24.15 | 17.62 | 26.66 | 29.20 | 24.96 | 28.10 | 21.38 | 23.87 |
| AN | 28.35 | 21.89 | 27.31 | 25.27 | 26.36 | 22.15 | 27.66 | 23.41 |
| NE | 1.22 | 7.60 | - | - | - | - | 2.31 | 4.67 |
| KP | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LC | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AC | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NS | - | - | - | - | - | - | - | - |
| KS | - | - | - | - | - | - | - | - |
| WO* | 9.48 | 10.05 | 7.03 | 1.56 | 0.57 | 5.00 | 9.41 | 8.23 |
| EN* | 7.00 | 7.66 | 5.13 | 1.15 | 0.39 | 3.85 | 6.57 | 6.13 |
| FS* | 1.57 | 1.35 | 1.25 | 0.26 | 0.14 | 0.62 | 2.06 | 1.28 |
| WO | - | - | - | - | - | - | - | - |
| EN** | - | - | 3.20 | 10.65 | 11.34 | 7.03 | - | - |
| FS** | - | - | 0.78 | 2.37 | 4.13 | 1.14 | - | - |
| FO* | 6.18 | 10.79 | 6.31 | - | - | 1.24 | 6.79 | 10.01 |
| FA* | 1.52 | 2.09 | 1.69 | - | - | 0.22 | 2.35 | 2.31 |
| CS | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MT | 5.54 | 5.86 | 5.81 | 5.55 | 5.99 | 5.38 | 6.15 | 6.02 |
| HE | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ILM | 8.62 | 7.84 | 8.68 | 5.68 | 5.56 | 5.34 | 8.38 | 8.11 |
| TIT | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PW | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RU | - | - | - | - | - | - | - | - |
| AP | 1.46 | 1.27 | 1.18 | 1.85 | 1.99 | 1.85 | 1.39 | 1.46 |
| PR | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CC | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUMME | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| D.I. | 30.27 | 31.19 | 31.61 | 45.65 | 43.53 | 46.17 | 29.24 | 33.03 |
| AN | 54.00 | 55.40 | 50.61 | 46.40 | 51.36 | 44.09 | 56.40 | 49.51 |
| MGVAL | 53.50 | 62.22 | 54.37 | 50.80 | 47.92 | 54.30 | 51.45 | 58.51 |

Tab. 9. RITTMANN-Norm der umgerechneten Analysen (Tab. 8) von Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2A

| PROBE | 12194 | 12199 | 12317 | 12319 | 12320 | 12004 | 12010 | 12014 | 12048 | 12054 | 12055 | 12060 | 12068 | 12069 | 12070 | 12082 | 12083 | 12084 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BRG. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TEUFE | 40.30 | 55.35 | 147.70 | 162.40 | 174.10 | 16.15 | 23.40 | 31.50 | 104.60 | 118.45 | 122.15 | 132.55 | 158.15 | 160.40 | 165.35 | 192.15 | 197.00 | 204.40 |
| ART | TR,P | TR,P | HW,P | HW,P | HW,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | BS,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P | AOB,P |
| QU | 4.50 | 5.70 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SAN | 85.60 | 70.00 | 5.30 | 9.90 | 10.90 | 8.30 | 7.60 | 7.40 | 2.10 | 7.80 | 5.50 | 5.90 | 1.50 | 0.70 | 5.80 | 3.10 | 4.90 | 9.80 |
| PL | - | 16.50 | 60.30 | 56.90 | 62.00 | 49.50 | 51.60 | 52.80 | 53.50 | 46.30 | 48.70 | 33.20 | 50.00 | 50.50 | 41.40 | 45.80 | 41.70 | 47.70 |
| NE | - | - | 3.60 | 3.70 | 1.00 | 1.80 | 0.50 | - | 2.20 | 3.30 | 1.30 | 9.10 | 0.90 | 1.10 | 4.60 | 5.60 | 7.80 | 7.20 |
| KLPYR | - | - | 15.30 | 13.20 | 13.40 | 21.70 | 19.80 | 19.40 | 20.40 | 21.80 | 24.80 | 31.20 | 25.10 | 26.20 | 26.80 | 24.70 | 25.30 | 18.00 |
| ORPYR | - | - | - | - | - | - | - | 3.90 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| OL | - | - | 9.80 | 10.70 | 7.20 | 14.20 | 16.00 | 12.00 | 17.20 | 16.10 | 15.40 | 15.80 | 18.00 | 17.20 | 16.90 | 15.40 | 15.00 | 11.90 |
| HT | 0.60 | 0.70 | 1.70 | 1.70 | 1.40 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.50 | 1.80 | 1.70 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 1.60 | 1.70 | 1.70 | 1.70 |
| IL | 0.40 | 0.40 | 2.50 | 2.40 | 2.60 | 1.90 | 1.80 | 2.00 | 1.90 | 1.70 | 1.60 | 1.70 | 1.90 | 1.80 | 1.70 | 2.10 | 2.10 | 2.20 |
| AP | 0.20 | 0.20 | 1.60 | 1.50 | 1.50 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.20 | 1.10 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.60 | 1.40 | 1.60 |
| CORD | 6.70 | 1.80 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BI | 1.80 | 4.70 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Q | 5.01 | 6.13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A | 94.99 | 75.93 | 7.64 | 14.01 | 14.72 | 13.94 | 12.77 | 12.26 | 3.60 | 13.65 | 9.85 | 12.21 | 2.81 | 1.40 | 11.18 | 5.77 | 8.94 | 15.11 |
| P | - | 17.94 | 87.20 | 80.73 | 83.96 | 83.12 | 86.34 | 87.74 | 92.65 | 80.62 | 87.86 | 68.93 | 95.43 | 96.57 | 79.88 | 83.98 | 76.65 | 73.76 |
| F | - | - | 5.16 | 5.27 | 1.32 | 2.94 | 0.90 | - | 3.76 | 5.73 | 2.28 | 18.86 | 1.75 | 2.03 | 8.93 | 10.26 | 14.41 | 11.13 |
| CI | 9.63 | 7.59 | 29.24 | 27.93 | 24.63 | 39.35 | 39.19 | 38.84 | 41.11 | 41.37 | 43.48 | 50.32 | 46.60 | 46.71 | 47.11 | 43.89 | 44.11 | 33.75 |
| SIGMA | 6.27 | 6.14 | 5.50 | 5.86 | 4.84 | 4.15 | 3.78 | 3.16 | 3.97 | 4.80 | 3.76 | 8.88 | 3.40 | 3.11 | 4.95 | 6.09 | 8.08 | 7.17 |
| TAU | 24.75 | 21.90 | 4.49 | 4.70 | 4.74 | 4.74 | 4.87 | 5.02 | 4.51 | 4.59 | 4.08 | 3.90 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 3.88 | 4.27 | 4.74 |

Fortsetzung Tab. 9.

| PROBE | 15539 | 15540 | 15541 | 15542 | 15531 | 15532 | 15397 | 12085' | 12085" | 15398 | 12090 | 12093 | 12094 | 12100 | 12101 | 12143 | 15396 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| BRG. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2A | 2 |
| TEUFE | 205.41 | 205.60 | 205.66 | 205.73 | 206.10 | 206.50 | 207.35 | 207.80 | 207.90 | 208.20 | 220.65 | 231.45 | 232.70 | 250.55 | 251.33 | 267.75 | 268.40 |
| ART | AOB,P | AOB,P | LLT | HW | HW | HW | HW,P | HW,P | TR | TR |
| QU | - | - | - | - | 1.70 | 7.60 | 1.20 | 1.60 | - | - | - | - | - | - | - | 2.80 | 5.10 |
| SAN | 11.50 | 10.20 | 27.90 | 27.00 | 36.60 | 27.00 | 35.60 | 37.40 | 36.30 | 37.40 | 15.80 | 11.90 | 9.30 | 10.80 | 20.60 | 40.60 | 36.00 |
| PL | 48.00 | 49.30 | 58.70 | 57.50 | 54.90 | 54.60 | 55.80 | 52.20 | 53.50 | 55.80 | 44.80 | 49.80 | 52.90 | 62.40 | 53.70 | 43.80 | 46.80 |
| NE | 7.40 | 6.70 | 1.00 | 2.30 | - | - | - | - | - | - | 8.60 | 7.80 | 7.50 | - | - | - | - |
| KLPYR | 18.30 | 18.60 | 6.80 | 7.80 | 0.80 | - | 1.60 | 3.90 | 4.90 | 3.00 | 17.20 | 17.10 | 16.80 | 11.70 | 12.90 | 2.60 | - |
| ORPYR | - | - | - | - | 3.50 | - | 3.20 | 1.90 | 1.50 | 1.80 | - | - | - | 3.60 | 0.20 | 3.00 | - |
| OL | 10.00 | 10.40 | 2.50 | 2.30 | - | - | - | - | - | 0.40 | 7.70 | 8.00 | 8.10 | 6.40 | 7.80 | - | - |
| HT | 1.60 | 1.60 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 0.70 | 1.30 | 1.50 | 1.50 | 1.40 | 1.60 | 1.60 | 1.60 | 1.30 | 1.30 | 1.30 | 0.70 |
| IL | 2.10 | 2.20 | 1.10 | 1.00 | 0.80 | 0.40 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 2.50 | 2.60 | 2.70 | 2.50 | 2.30 | 0.60 |
| AP | 1.10 | 1.10 | 0.80 | 0.80 | 0.30 | 0.50 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 1.70 | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.20 | 0.40 | 0.50 |
| CORD | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.50 |
| BI | - | - | - | - | - | 9.10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4.80 | 8.70 |
| Q | - | - | - | - | 1.85 | 8.51 | 1.26 | 1.80 | 0.05 | - | - | - | - | - | - | 3.20 | 5.85 |
| A | 17.24 | 15.44 | 31.82 | 31.14 | 39.29 | 30.28 | 38.50 | 40.99 | 41.10 | 39.42 | 22.82 | 17.13 | 13.28 | 14.80 | 27.73 | 46.56 | 40.93 |
| P | 71.70 | 74.47 | 67.01 | 66.25 | 58.86 | 61.21 | 60.24 | 57.20 | 58.85 | 60.58 | 64.72 | 71.59 | 75.94 | 85.20 | 72.27 | 50.24 | 53.23 |
| F | 11.06 | 10.08 | 1.17 | 2.61 | - | - | - | - | - | - | 12.46 | 11.28 | 10.78 | - | - | - | - |
| CI | 31.99 | 32.75 | 11.61 | 12.44 | 6.46 | 10.23 | 6.88 | 8.12 | 8.60 | 7.30 | 29.09 | 29.30 | 29.16 | 25.51 | 24.42 | 12.31 | 11.62 |
| SIGMA | 6.74 | 6.35 | 5.77 | 5.98 | 5.46 | 4.82 | 5.66 | 5.61 | 5.99 | 6.08 | 8.74 | 7.48 | 7.17 | 3.96 | 4.75 | 6.17 | 5.77 |
| TAU | 4.83 | 4.84 | 12.05 | 12.06 | 17.73 | 18.48 | 17.29 | 16.42 | 16.45 | 17.03 | 4.41 | 4.33 | 4.24 | 5.57 | 5.55 | 15.42 | 12.90 |

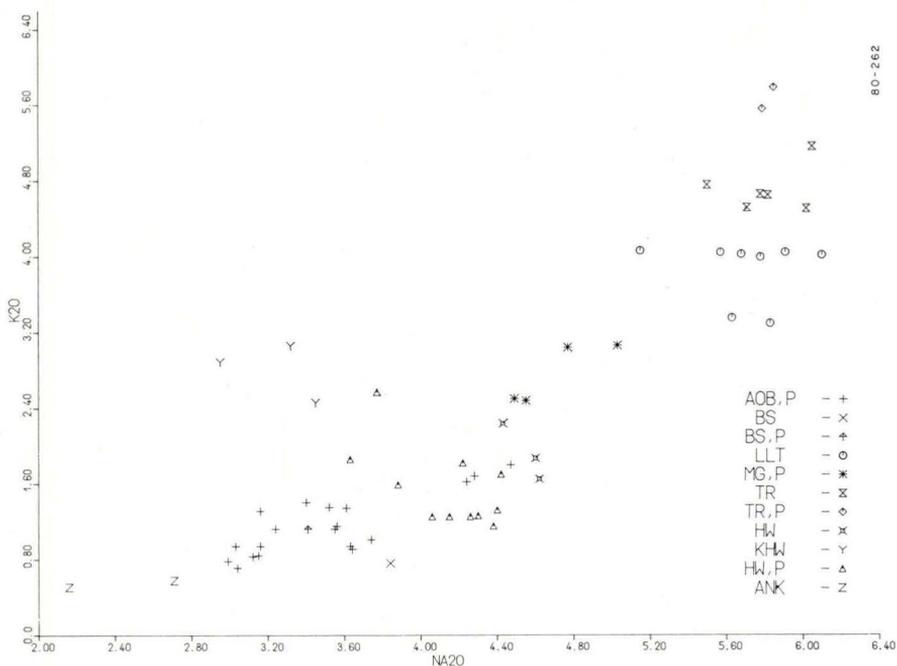


Abb. 70. K_2O — Na_2O -Variation der analysierten Vulkanite aus den Forschungsbohrungen.

geordnet und nicht als selbständige Lavaströme auftreten, sondern nur jeweils einmal die untersten Bereiche (1 — 3 m) von wesentlich mächtigeren basischeren Laven (Alkali-Olivinbasalt bzw. Hawaiiit) einnehmen, ohne daß eine Grenze dazwischen vorhanden wäre oder eine wesentliche Mischung und Homogenisierung der scheinbar als Schmelzen übereinander gedrunghenen Laven feststellbar wäre (vgl. Abb. 28 — 30). Eine deutliche Gesteinslücke ist zwischen D.I. 59 und 73 (im MgO-Gehalt zwischen ca. 2 und 4 Gew.-%) vorhanden.

Der leicht abweichende Chemismus des Leuko-Latits in den Pr. 15541 und 15542 mit niedrigeren D.I.- und SiO_2 -, höheren MgO-, CaO-, FeO- und Fe_2O_3 -Gehalten ist vermutlich durch schon im Handstück (Abb. 28 — 29) und Dünnschliff (Abb. 30 — 31) erkennbare xenolithische Einschlüsse von Alkali-Olivinbasalt-Gesteinslinsen sowie Einsprenglingen von Klinopyroxen und Olivin hervorgerufen.

Trachytische Vulkanite (D.I.: 78 — 90) und Tuffe sind gegenüber intermediären mugearitisch-latitischen Förderungen reichlicher, aber doch wesentlich seltener als die basischen alkali-olivinbasaltischen Vulkanite und Tuffe in den Bohrungen angetroffen worden.

Tholeiitische Gesteine, die im Vogelsberg außerhalb des Hohen Vogelsberges reichlich nachgewiesen wurden [vgl. u. a. Taf. 3 sowie SCHOTTLER 1937 („Trappe“), ERNST et al. 1970, SCHORER 1970, EHRENBERG 1971, 1978 und SCHRICKE 1975] und z. T. in mehrfachem Wechsel mit alkalibasaltischen Gesteinen auftreten, fehlen in den untersuchten Profilen der Forschungsbohrungen vollständig.

Die in den Forschungsbohrungen festgestellten Gesteinsvariationen wurden möglicherweise vereinzelt nicht nur durch Differentiationsprozesse, sondern evtl. auch noch durch Mischung unterschiedlicher Schmelzen hervorgerufen oder beeinflusst.

Unmittelbare Kontakte von z. T. sehr unterschiedlichen Laven sind in 3 Lavaeinheiten der Brg. 2/2 A [171,0 — 208,60 m u. Gel.; 291,80 (291,60 — 304,35 (304,0) m u. Gel.; 381,0 — 396,30 m u. Gel.] vorhanden, wo jeweils mächtigere und basischere Gesteine (Alkali-Olivinbasalt, Hawaiiit, Ankaramit) unmittelbar auf geringmächtigen und saureren Gesteinen (Leuko-Latit, Mugearit, Alkali-Olivinbasalt) liegen, ohne daß zwischen ihnen Grenzmerkmale vorhanden wären oder daß es im Grenzbereich zu einer merklichen Mischung gekommen wäre.

Besonders auffällig ist der Gesteinswechsel in der Lage zwischen 171,0 und 208,60 m u. Gel. bei 205,66 m u. Gel. (Abb. 28 — 30) von Alkali-Olivinbasalt zu Leuko-Latit, wobei im Grenzbereich auftretende xenolithische alkali-olivinbasaltische Gesteinseinschlüsse und Xenokristalle im Leuko-Latit (vor allem in den obersten 25 cm) auf die gegenseitige Durchdringung mit unvollständiger Mischung hinweisen.

Eine mäßige Veränderung der übereinanderliegenden Laven durch den gegenseitigen Kontakt ist vorhanden. So ist der untere Teil (ca. 2 m) der hangenden Alkali-Olivinbasalt-Lava zu einer hawaiitischen Zusammensetzung hin verschoben mit merklich höheren, zum Kontakt hin ansteigenden Gehalten an SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O und abnehmenden Werten für TiO_2 , FeO , MgO und CaO sowie den Einsprenglingsphasen Olivin und Klinopyroxen, gekoppelt mit dem Auftreten von opacitierter Hornblende (vgl. Abb. 27).

Aber auch der Leuko-Latit läßt eine Beeinflussung erkennen, die sich z. B. in der Änderung der Feldspatzusammensetzung aufzeigen läßt (s. Abschn. 4.2.2.5).

Wie schon erwähnt, gehören die durchbohrten Laven fast ausnahmslos einer deutlich Na_2O -betonten Alkali-Olivinbasalt-Trachyt-Assoziation an mit meist $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 2$ bei den basischen und intermediären Gesteinen. Nur die als K-Hawaiiit bezeichnete Lava zwischen 466,0 und 472,65 m u. Gel. (Brg. 2 A) ist mit $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} \approx 1$ deutlich abweichend (Abb. 70). Modal sind hier keine K-reicheren Mineralphasen nachzuweisen, so daß die reichlich vorhandene Mesostasis an K_2O angereichert sein muß. Dieser Gesteinstyp hebt sich auch in seinem Gefüge durch Ausbildung eines weitmaschigen Gerüsts aus poikilitischen Plagioklasleisten (Abb. 65) von den anderen Laven ab.

Die unterste Lavafolge der Brg. 2/2 A (\approx zwischen 450 und 484 m u. Gel.) mit Alkali-Olivinbasalt, Basanit und K-Hawaiiit besteht aus Vulkaniten mit auffällig höheren TiO_2 -Gehalten sowohl im Gesteins- als auch im Pyroxen-Chemismus gegenüber den jüngeren Lagen (Taf. 6).

4.4. Pyroklastische Gesteine („Tuffe“)

(K.-H. EHRENBERG)

In den beiden Forschungsbohrungen im Hohen Vogelsberg sind pyroklastische Gesteine (PK) und Ergußgesteine (V) etwa gleich mächtig (Brg. 1, PK : V = 52 : 48 %; Brg 2/2 A, PK : V = 47 : 53 %, Taf. 2), während in den meisten anderen Gebieten des Vogelsberges Ergußgesteine weit überwiegend am vulkanischen Aufbau beteiligt sind (Taf. 3).

Die in den beiden Bohrungen angetroffenen pyroklastischen Gesteine sind sowohl nach Korngröße wie auch nach Herkunft z. T. sehr unterschiedlich zusammengesetzt,

z. T. möglicherweise auch unterschiedlich verursacht (z. B. magmatisch und/oder phreatomagmatisch), transportiert und abgelagert worden. Zu diesen letztgenannten genetischen Fragen erlauben die Bohrkerne aber keine weiteren Aussagen.

Im Schichtenverzeichnis sind die einzelnen Tufflagen — soweit möglich — detailliert beschrieben. Ihre Klassifikation und Nomenklatur erfolgte dabei nach dem in den „Vorbemerkungen zu den Schichtenverzeichnissen“ (Abschn. 4.1.1.) festgelegten Schema. Genetische Hinweise sind — soweit Merkmale vorliegen — auch aufgeführt. In diesem Kapitel werden deshalb nur einige wesentliche Merkmale der „Tuffe“ zusammenfassend dargestellt und z. T. gedeutet.

Unter den durchbohrten Tuffen gibt es solche, die ausschließlich aus juvenilen Fragmenten bestehen (unmittelbar aus dem explosiv erumpierenden Magma stammende, meist \pm blasige Lavafetzen sowie intratellurische Kristalle) bis hin zu solchen, die fast vollständig aus allothigenen Fragmenten zusammengesetzt sind (zertrümmerte Nebengesteine sowohl magmatischer als auch nicht magmatischer Herkunft).

Nach den magmatischen Komponenten sind zu unterscheiden:

- alkalibasaltische Tuffe und
- trachytische Tuffe.

Hierbei bestehen die alkalibasaltischen Tuffe überwiegend aus \pm blasigen juvenilen Fragmenten, deren Einsprenglingsphasen andeuten, daß sie, ähnlich den Laven, sowohl aus ankaramitischen, alkali-olivinbasaltischen als auch hawaiitisch-mugearitischen Schmelzen gefördert wurden. Je nach Korngröße, Sortierung und Verschweißung können sie verschieden weit von ihren Förderstellen abgelagert worden sein. Grobkörnige und oft intensiv verschweißte Schlackentuffe (Wurf- und Schweißschlacken) wie z. B. in Brg. 1 zwischen 57,55 und 140,20 m u. Gel. sowie in Brg. 2/2 A zwischen 40,65 und 101,0 m u. Gel. und auch zwischen 402,15 und 450,30 m u. Gel. belegen sehr förderne Ablagerungen. Bei den feinkörnigen Tuffen ist dagegen infolge der Möglichkeit stärkerer Windverfrachtung auch eine Herkunft von wesentlich weiter entfernten Eruptionen gegeben.

Die alkalibasaltischen juvenilen Partikel liegen meist als \pm blasige, wechselnd entgaste Glas- bis Tachylitfragmente vor, die unterschiedlich häufig Einsprenglingskristalle (oft auch als Kristallfragmente vorliegend) aus Klinopyroxen, Hornblende, Olivin und Plagioklas führen. Xenolithische Untergrund- und Nebengesteinsfragmente von älteren Laven, Tuffen und Sedimenten kommen meist nur untergeordnet vor.

Stark abweichend ausgebildet ist nur die Tufflage zwischen 484,60 und 490,35 m u. Gel. an der Basis der Brg. 2 A, die in einer quarzkornreichen Feinmatrix neben stark karbonatisierten, blasigen Basaltlapilli vor allem Gesteinsauswürflinge (bis 20 cm ϕ) aus porphyrischem Olivinbasalt enthält. Diese Olivinbasalt-Auswürflinge gleichen in ihrer Zusammensetzung und ihrem Gefüge Olivinbasalt-Laven, wie sie z. B. an der Basis der Vulkanitabfolge im Niddatal (Taf. 3, Brg. 98, 95, 88), z. T. in mehrfachem Wechsel mit sandigen Sedimenten, auftreten. Ähnliche Lavaströme sind deshalb auch im Untergrund der näheren Umgebung der Brg. 2/2 A anzunehmen.

Die anderen, meist untergeordnet auftretenden, allothigenen Fragmente in den alkalibasaltischen Tuffen stammen z. T. aus dem vorbasaltischen Untergrund (Quarz- und Quarzitkörner sowie Tonstein-, Schluffstein- und Sandsteinbruchstücke), z. T. auch von älteren (meist aus den bearbeiteten Bohrungen bekannten) Laven und Tuffen. Die \pm unsortierte Einstreuung trachytischer Komponenten in einzelnen alkalibasaltischen Tufflagen der trachytisch-alkalibasaltischen Tuffwechselfolge der Brg. 2/2 A zwischen

ca. 304 und 350 m u. Gel. könnte auch durch Überlagerung verschiedener Eruptionen bedingt sein.

Die trachytischen Tuffe bestehen, im Gegensatz zu den alkalibasaltischen, wesentlich seltener aus juvenilen Fragmenten wie Bimspartikeln (Abb. 53 — 55), Glascherben und Kristallen (Alkalifeldspat, Hornblende, Biotit, Klinopyroxen und Titanit). In den meisten Lagen (Abb. 45 — 51) herrschen dagegen trachytische Gesteinsfragmente vor. Diese sind von eckiger bis leicht angerundeter sowie bizarr-lappiger Form. Nach der Gefügeausbildung sind 2 Typen zu erkennen:

1. Kompakte Fragmente, die in einer weitgehend vollkristallinen, meist deutlich fluidal struierten Grundmasse wechselnde Anteile von Einsprenglingen (Alkalifeldspat, Hornblende, Biotit, Aegirinaugit, Titanit) führen können und
2. meist kompakte, selten ganz schwach blasige Fragmente mit mikroinsprenglingsartigen Sanidinleisten in einer wechselnd häufigen, ehemals vielleicht glasigen, mikrokristallinen Mesostasis.

Meist hohe Kristallinität, Fluidalgefüge sowie Blasenfreiheit dieser Fragmente weisen auf Bildung durch Zertrümmerung von verfestigten bis weitgehend verfestigten trachytischen Gesteinen hin. Da bei der Mehrzahl dieser trachytischen Gesteinstuffe die Beimengung anderer Untergrundgesteine aus älteren Sedimenten, Laven und Tuffen meist gering ist, wird vermutet, daß kurz vorher gebildete Trachytkörper (z. B. Krater- oder Schlotfüllungen) durch \pm flachgründige Explosionen teilweise zertrümmert und ausgeworfen wurden. In diesen zertrümmerten Trachytkörpern gab es, nach dem Auftreten eines größeren Gesteinsbrockens mit linsigem Schergefüge (Abb. 51), örtlich wohl auch autoklastische Bewegungszonen.

Auch bei diesen an Gesteinsfragmenten reichen Tufflagen handelt es sich größtenteils, wie auch bei den bims- und glasscherbenführenden Lagen, nach dem Auftreten von akkretionären Lapilli⁷ in mehreren feinkörnigen Aschenlagen (Abb. 57 u. 58) um primäre subaerische Ablagerungen ohne merkliche Umlagerungen.

Während früher die auch als „Pisolithe“ beschriebenen akkretionären Lapilli größtenteils als durch Eruptionsregenfälle gebildet angesehen wurden, entstehen sie nach MOORE et al. (1962) in turbulenten, feuchten, oft phreatomagmatisch (d. h. durch externes Wasser) bedingten Eruptionswolken und fallen in einem Umkreis von meist nur wenigen Kilometern vom Eruptionszentrum nieder. FISHER & WATERS (1970), HEIKEN (1971) und LORENZ (u. a. 1974) halten aber auch eine unmittelbare Bildung in Aschenströmen, vor allem in base surges (dichte turbulente Suspensionsströme aus Festkörper- bzw. Schmelzteilchen, Gas und/oder Wasserdampf) für möglich. Die für solche Ablagerungen besonders charakteristisch gerichteten Gefüge (vgl. u. a. SCHMINCKE 1970, 1977 und SCHMINCKE et al. 1973) sind aber schon aufgrund des kleinen Bohrkernausschnittes kaum nachzuweisen.

Die trachytischen Tufflagen sind wohl in ihrer Mehrzahl primär als Fall- und seltener als Fließablagerungen zu deuten. Mächtigere, sehr schlecht sortierte und ungeschichtete Tufflagen aus vorwiegend Gesteinsfragmenten (neben Trachytfragmenten auch reichlich Sedimentbruchstücke) in der Brg. 2/2 A zwischen 322,40 (323,65) und 324,35 (325,35) m u. Gel. sowie zwischen 327,75 (328,50) und 329,80 (330,60) m u. Gel. könnten evtl. auch Ablagerungen von Schlammströmen darstellen. Die in den vorhergehenden Lagen auftretenden akkretionären Lapilli liefern Beweise für hohe Feuchtigkeit (Regen bzw. Kondensation).

⁷ Herr Prof. SCHMINCKE (Bochum) machte mich erstmalig darauf aufmerksam.

Die trachytischen Tuffe sind in den durchbohrten Profilen auf bestimmte Abschnitte beschränkt. In der Brg. 1 liegt der Gesteinslapillituff aus vorwiegend porphyrischen Trachytgesteinsfragmenten (nur untergeordnet basaltische Fragmente) zwischen 0 und 21,95 m u. Gel., unmittelbar im Hangenden der porphyrischen Trachytlava zwischen 21,95 und 57,55 m u. Gel. Die Komponenten dürften größtenteils aus deren explosiver Zertrümmerung im Tuff-Förderbereich stammen.

In der Brg. 2/2 A ist sowohl das Auftreten trachytischer Tuffe wie auch das der Trachytlava fast ausschließlich auf den Bereich zwischen 246,40 und 343,55 m u. Gel. beschränkt. Nur eine geringmächtige Tufflage mit trachytischen Gesteins- und Kristallfragmenten kommt 60 m tiefer (402,0 und 402,15 m u. Gel.) innerhalb einer mächtigen alkalibasaltischen Tuff- und Lavafolge vor. Bis auf die Tufflage zwischen 246,40 und 249,00 m u. Gel. aus schlecht sortiertem gesteins- und kristallreichem Lapilli-Aschentuff kommen alle anderen trachytischen Tufflagen nur im Liegenden der Trachytlava zwischen 252,60 und 289,70 (289,00) m u. Gel. vor, die im Profil der Brg. 2/2 A den Abschluß des trachytischen Vulkanismus in diesem Bereich markiert. Da aber in der Brg. 1 in deutlich höherer Lage auch noch trachytische Lava und Tuffe (porphyrischer Trachyt) auftreten, ist es möglich, daß etwas später als durch Brg. 2/2 A belegt im Hohen Vogelsberg erneut trachytischer Vulkanismus herrschte.

Der Bereich zwischen ca. 305 und 350 m u. Gel. ist durch eine auffällige Wechsellagerung trachytischer und alkalibasaltischer Tuffe gekennzeichnet und belegt \pm alternierende, z. T. wohl auch \pm gleichzeitige Förderung der verschiedenartigen Tuffe. Hierbei scheinen die Förderstellen der alkalibasaltischen Tuffe weiter entfernt gelegen zu haben, da diese Ablagerungen meist feinkörniger ($< 15 \text{ mm } \phi$) und besser sortiert sind.

4.5. Ergebnisse der petrographischen Untersuchung und kurzer Vergleich mit Bohrergebnissen⁸ aus dem SW-Teil des Unteren Vogelsberges (= Taf. 3)

(K.-H. EHRENBERG)

In den beiden Forschungsbohrungen wurde das Liegende der vulkanischen Bildungen nicht erreicht. In der Brg. 2/2 A wurde dabei mit mindestens 490,35 m die bisher größte Mächtigkeit der Vulkanitserie im Vogelsberg ermittelt, ohne daß die ältesten Vulkanite erreicht worden wären; denn nach dem Auftreten von porphyrischen Olivinbasalt-Gesteinsauswürflingen (Brocken bis 20 cm ϕ) in der Tufflage an der Basis der Brg. 2/2 A sind an der Förderstelle — wahrscheinlich in der näheren Umgebung des erbohrten Profils — zumindest noch ältere Olivinbasalt-Lavaströme zu vermuten, ehe das Liegende aus tertiären Sedimenten und Schichten des Buntsandsteins (? Rotliegenden) erwartet werden kann.

Dies würde dann dem unteren Aufbau der Vulkanitserie im Niddatal gleichen (Taf. 3, Brg. 98, 95 u. 88), wo petrographisch ähnliche Olivinbasalte an der Basis der dortigen Serie eine Lavastromfolge bilden.

Sowohl die Mächtigkeit von $> 490,35 \text{ m}$ als auch die Lage der Vulkanitbasis in der Brg. 2/2 A ($< 69 \text{ m}$ über NN) widerlegen — zumindest für den Bereich der Bohrun-

⁸ Ausgewählte Bohrprofile von Kernbohrungen (vgl. hierzu auch EHRENBERG & HICKE-THIER 1978) der Oberhessischen Versorgungsbetriebe AG/Friedberg, deren Bearbeitung und Veröffentlichung freundlicherweise genehmigt wurde. Die Lage dieser Bohrungen ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die genauen Schichtenverzeichnisse der bisher unveröffentlichten Bohrungen liegen im Archiv des HLFB vor.

gen — die auf SCHOTTLER (u. a. 1937) zurückgehende Annahme einer stark herausgehobenen Horstscholle mit geringer Vulkanitbedeckung im Oberwald. Selbst HUMMEL (1929) nahm innerhalb seiner „Vogelsbergsschüssel“ eine hercynisch verlaufende Oberwaldachse als Hebungsbereich an. Wie WIEGAND (1977) anhand von Bohrergebnissen zeigen konnte, sinkt die Unterkante der Basaltfolge jedoch \pm staffelförmig vom Rande zum Zentrum des Vogelsberges hin ein.

Mit Hilfe einer vervollständigten Vulkanitauflagerungskarte (EHRENBERG et al. in Vorb.) des Vogelsberges erkennt man, daß es sich nicht um ein allseitiges Einsinken in Richtung Hoher Vogelsberg handelt, sondern daß ein breiter, \pm erzgebirgisch verlaufender Tiefschollenbereich in den zentralen Vogelsberg hineinzieht.

Die Vorstellung SCHOTTLERS (u. a. 1931 a, 1937) vom Oberwald als Horstscholle ging auf seine Hypothese zurück, daß trachytische Bildungen (bei ihm meist als phonolithisch betrachtet) ausschließlich am Beginn des Vogelsberg-Vulkanismus aufträten. Somit nahm er auch unmittelbar unter dem „Phonolith“ der Flösser-Schneise (SCHOTTLER 1931 b), in dem die Bohrung angesetzt wurde, das vorbasaltische Liegende an. Auch diese Annahme wird von den Ergebnissen der beiden Bohrungen (1 und 2/2A) widerlegt, da mehrfach unterschiedliche trachytische Laven und Tuffe in mitten der basaltischen Vulkanitserien auftreten. Das schließt natürlich nicht aus, daß auch im Frühstadium des Vulkanismus im Vogelsberg örtlich trachytische Förderungen stattfanden. Um so mehr, als in einer Bohrung (Brg. 98, Taf. 3) im Niddatal in aquitanen⁹ — dort vorbasaltischen — Kiesen reichlich Trachytgerölle festgestellt wurden, die auf früh entstandene, möglicherweise schon oberchattische Trachytkörper hindeuten.

Abweichend von dem Aufbau der Vulkanitserie in den meisten anderen Gebieten des Vogelsberges (Taf. 3) mit starker Vorherrschaft von Ergußgesteinen wurden in beiden Forschungsbohrungen etwa zu gleichen Teilen Vulkanite und Tuffe angetroffen. Hierbei sind die vielfältigen Vulkanite und komagmatischen Fragmente der Tuffe \pm ausschließlich Produkte eines alkalibasaltischen Ausgangsmagmas.

Tholeiitische Gesteine, die außerhalb des Hohen Vogelsberges im Unteren und Vorderen Vogelsberg, z. T. in mehrfachem Wechsel mit alkali-olivinbasaltischen Vulkaniten verbreitet sind (vgl. Taf. 3¹⁰; ERNST et al. 1970, EHRENBERG 1971, SCHORER 1970, SCHRICKE 1975), fehlen in den Forschungsbohrungen.

Die Vulkanite in den Forschungsbohrungen gehören einer schwach alkalischen, überwiegend Na₂O-betonten Entwicklungsreihe an, die einerseits von Alkali-Olivinbasalt (selten Basanit) über Hawaiiit, Mugearit, Leuko-Latit bis zu Trachyt reicht als auch andererseits bis hin zu ankaramitischen Gesteinen.

Hierbei überwiegen die basischeren Produkte (sowohl bei den Vulkaniten als auch bei den Tuffen) bei weitem trachytische Bildungen, die ihrerseits wieder wesentlich mächtiger vertreten sind als intermediäre Gesteine (z. B. Mugearit und Latit).

Die durchbohrten Gesteine können als verschiedenartige Differentationspunkte eines alkali-olivinbasaltischen Ausgangsmagmas aufgefaßt werden, aus dem sich wahrscheinlich in einer hypothetischen Magmenkammer — ähnlich den Modellvorstellungen von MACDONALD (1949) für Hawaii — vor allem durch gravitative Kristallfraktionierung von

⁹ Pollenanalytische Datierung durch Dr. v. D. BRELIE/Krefeld.

¹⁰ Neben eindeutigen tholeiitischen Laven (Brg. 31, 95, 96) mit Ca-armen (Ortopyroxene und/oder Pigeonit) und Ca-reichen Pyroxenphasen sind in den untersuchten Profilen sehr reichlich ? tholeiitische, \pm olivinbasaltische Vulkanite verbreitet, in denen mikroskopisch keine Ca-armen Pyroxene nachgewiesen werden konnten.

Klinopyroxen und Olivin und deren akkumulativer Anreicherung (Ankaramit) die verschiedenen Schmelzen entwickelten und \pm abwechselnd gefördert wurden.

Inwieweit eventuell auch Gesteine durch Mischung unterschiedlicher Schmelzen gebildet bzw. beeinflußt sind, kann nicht entschieden werden. Hinweise auf unmittelbare Kontakte unterschiedlicher Schmelzen kommen vor, ohne daß es dabei im Grenzbereich zu einer erkennbaren Mischung gekommen wäre.

Bei den Tuffen wurden in den Forschungsbohrungen nach den komagmatischen Fragmenten alkalibasaltische von trachytischen Tuffen unterschieden, wobei nach den Einsprenglingsphasen der Tufffragmente zu urteilen auch hier eine den Vulkaniten ähnliche Variationsbreite vorhanden ist.

In den dargestellten Bohrprofilen aus dem SW-Vogelsberg (Taf. 3) sind keine trachytischen Tuffe vorhanden. Neuerdings sind sie aber in einer 1980 von der OVAG niedergebrachten Bohrung ca. 2,5 km NW Hungen-Langd (Br. 201 „Langd-Hegwald“) auch im SW-Vogelsberg gefunden worden (EHRENBERG, in Vorbereitung). Die von SCHOTTLER (1931 a: 23, 24) aus dem 646,4 m tiefen Bohrloch II im Kurpark von Bad Salzhausen (in Taf. 3 nicht dargestellt) erwähnten umgewandelten „Phonolithtuffe“ zwischen „Phonolith“ und Rotliegendem sind nicht gesichert.

Während die meisten alkalibasaltischen Tufflagen fast ausschließlich aus juvenilen Fragmenten (\pm blasige Glas- und Tachylitpartikel, Einsprenglingskristalle) bestehen, sind nur wenige trachytische Tufflagen aus juvenilen Bims-, Glascherben- und Kristallfragmenten aufgebaut. In den meisten trachytischen Tufflagen überwiegen trachytische Gesteinsfragmente, die aus zertrümmerten, vermutlich nicht wesentlich älteren Krater- und/oder Schlotfüllungen stammen könnten. Aber auch diese an Gesteinsfragmenten reichen Tuffe wurden — nach dem Auftreten von akkretionären Lapilli — größtenteils primär und subaerisch aus Eruptionswolken abgelagert und nur selten in Form von Schlammströmen umgelagert.

5. Hydrogeologische Ergebnisse der Bohrung 2/2 A

(B. HÖLTING)

5.1. Geohydraulische Verhältnisse

Im Verlauf der Bohrung änderten sich die Bohrlochwasserspiegellagen, ferner traten mehrfach Spülungsverluste ein (Abb. 71). Zu Beginn der Arbeiten stand der Wasserspiegel nahezu flurgleich, fiel aber langsam bis zur Teufe von 128 m auf 20 — 30 m unter Gelände ab. Die Spiegellage morgens war ähnlich der am Abend, zeitweilig stellte sich der abendliche Wasserspiegel infolge der Anreicherung der Spülung mit Bohrgut etwas tiefer ein.

Von Bohrteufe 128 — 285 m ging die Spülung total verloren. Leider wurden die Bohrlochspiegellagen von der Bohrfirma trotz entsprechenden Auftrages nicht regelmäßig gemessen, so daß nur Einzelmessungen vorliegen und ein kontinuierlicher Verfolg der Spiegeländerungen nicht möglich ist. Von 150 bis etwa 200 m stellte sich der Spiegel um 135 m unter GOK ein, von 220 — 260 m zunächst bei 143 m, fiel aber später ab und stand schließlich bei 160 m unter GOK. Der abendliche Spiegel lag entgegen sonstigen Erfahrungen häufig höher als der am Morgen, weil vermutlich die Klüftung des grundwasserleitenden Gesteins so groß war, daß die mit Bohrgut angereicherte Spülung leicht in das Gebirge ablaufen konnte.

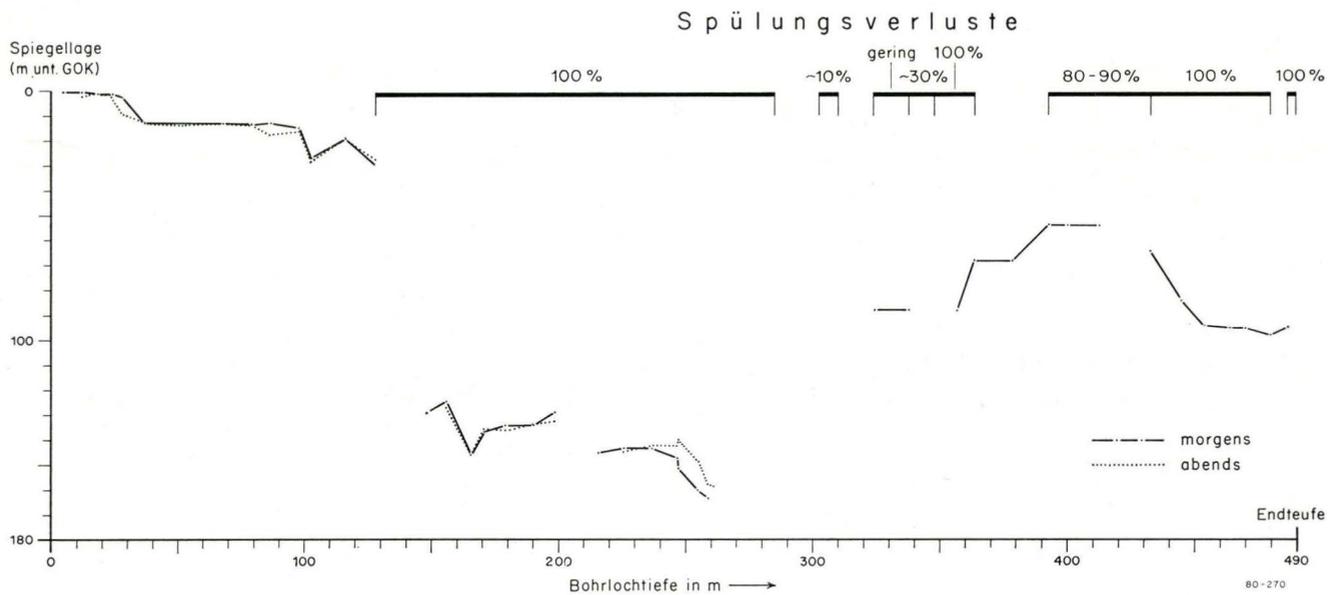


Abb. 71. Änderungen der Bohrlochwasserspiegellagen sowie die Spülungsverluste während der Bohrarbeiten.

Mit fortschreitender Bohrtiefe traten relativ häufig hohe bis totale Spülungsverluste ein. Daraus folgert, daß auch noch in größerer Tiefe eine ausgeprägte Klüftung vorliegt. Eine solche tiefreichende Klüftung stellt sich in tektogenen Störungszonen seltener ein. Deshalb handelt es sich hier vermutlich um eine vulkanogene (Abkühlungs-)Klüftung.

Die Bohrlochspiegellage war bei Bohrteufe 324 m wieder auf 88 m unter GOK angestiegen. Bei welcher Bohrteufe sich dieser Spiegelanstieg ereignete, kann mangels regelmäßiger Messungen nicht mehr festgestellt werden. Mit weiter fortschreitender Bohrtiefe stieg der Spiegel weiter bis etwa 54 m unter GOK an, fiel dann nach der Teufe 413 m unter GOK (ungefähr ab 420/425 m) wieder ab, um sich schließlich mit Erreichen der Endteufe (490,35 m) bei 94,8 m unter GOK (= 464,7 m über NN) einzustellen.

Die wechselnden Bohrlochwasserspiegellagen geben die unterschiedlichen hydraulischen Potentialniveaus zu erkennen. Wegen der aus den relativ hohen Spülungsverlusten resultierenden ausgeprägten Klüftung der grundwasserleitenden Gesteinsfolgen kann davon ausgegangen werden, daß die Bohrlochwasserspiegellagen trotz der Spülgutbelastung mit den Grundwasserspiegellagen im umgebenden Gebirge übereinstimmen. Unter dieser Voraussetzung folgert aus dem Wechsel der Bohrlochwasserspiegellagen, daß mehrere Grundwasserstockwerke mit unterschiedlichen Potentialniveaus durch die Bohrung angetroffen wurden. Dabei handelt es sich um schwebende Grundwasserstockwerke, die für die vulkanogene Abfolge des Vogelsberges charakteristisch sind (WIEGAND 1977: 180). Ob das bei Abschluß der Bohrarbeiten erreichte Stockwerk das mit der weiteren Umgebung korrespondierende Hauptgrundwasserstockwerk war, kann mangels Bohrungen, die solche weiträumigen Zusammenhänge erkennen lassen, nicht ermittelt werden. Wahrscheinlich ist jedoch, daß ein weiteres schwebendes Grundwasserstockwerk angetroffen wurde, da der Bohrlochwasserspiegel bis 3. 9. 1973 (Wasserprobenahme rd. 6 Wochen nach Abschluß der Bohrarbeiten) bis auf 145 m unter GOK (= 414,5 m über NN) gefallen war.

Ein Pumpversuch wurde in der Forschungsbohrung nach Erreichen der Endteufe nicht ausgeführt.

5.2. Geohydrochemische Verhältnisse

Die Bohrarbeiten endeten am 19. 7. 1973, die Verrohrung wurde Ende August 1973 gezogen. Dem danach offenstehenden Bohrloch wurden am 3. 9. 1973 mit einem Soleheber zwei Wasserproben aus den Bohrteufen 310 und 380 m unter GOK entnommen. In diesen Profilabschnitten standen basaltische, untergeordnet trachytische Tuffe an. Die entnommenen Wasserproben wurden im Chemischen Labor des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung (Leiter: Herr Dipl.-Chem. Thielicke) untersucht.

Die Beschaffenheit beider Wasserproben ist ähnlich (Tab. 10). Auffallend ist der hohe pH-Wert (9,8 bzw. 9,6) und der für die Entnahmetiefe niedrige Lösungsinhalt. Unter den Kationen dominiert das Natrium, während die Erdalkalien (Calcium und Magnesium) nur gering beteiligt sind. Unter den Anionen ist der Anteil der Hydrogencarbonate (und wohl auch Carbonate) relativ hoch. Leider wurde versäumt, außer der Säurekapazität bis pH 4,3 (m-Wert) auch die Säurekapazität bis pH 8,2 (p-Wert) zu bestimmen, so daß der Anteil von Carbonat-Ionen nicht mehr zu ermitteln ist. Schließlich ist festzustellen, daß die Gehalte an Chlorid und Sulfat niedrig, an Nitrat sehr niedrig sind. Weitere Parameter wurden nicht ermittelt, da sich die Probeentnahme als recht schwierig erwies.

Der ungewöhnlich hohe pH-Wert ließ zunächst eine recht kritische Interpretation der Analysenergebnisse angeraten erscheinen (Rückstände von Spülzusätzen ?), obwohl zwi-

Tab. 10. Ergebnisse von Wasseranalysen aus basaltischen Gebieten

| Entnahmedatum | Forschungsbohrung 2/2A (Hasselborn) Entnahmetiefe 310 m | | Hoherodskopf (Vogelsberg) Fernmeldeturm Brunnenschacht (32 m tief) | | Unter-Widdersheim (Vogelsberg) 30-40 m tiefe Brg. | Wasserkuppe (Rhön) Brunnentiefe 200 m | | | | | | | |
|--|--|---------------|--|---------------|---|--|--------|---|----------|-------------------------------------|------|------|----------------|
| | 3.9.73 | | 3.9.73 | | 26.10.76 | 28.3.79 | 6.6.77 | 12.10.66 | 14.10.69 | | | | |
| Na ⁺ mg/l | 37,3 | 74,7 | 36,0 | 72,1 | n.b. | 9,2 | 13,7 | 69,0 | 50,5 | n.b. } berechnet: 82,5 c(eq)‰ | 26,0 | 71,6 | |
| K ⁺ " " | 2,0 | 2,4 | 1,6 | 0,4 | n.b. | 2,8 | 2,5 | 52,0 | 22,4 | n.b. } | 9,0 | 14,6 | |
| Ca ²⁺ " " | 5,5 | 12,6 | 5,6 | 12,9 | n.b. | 29,3 | 50,3 | (Gesamthärte 4,5 ^o d) | 27,1 | (Gesamthärte 1,0 ^o d) | 4,0 | 12,7 | |
| Mg ²⁺ " " | 2,6 | 9,9 | 3,6 | 13,8 | n.b. | 11,7 | 33,5 | | | | 0,2 | 1,1 | |
| Fe ²⁺ /Mn ²⁺ " " | n.b. | - | n.b. | - | 0/0 | < 0,05/0 | 0 | | | < 0,09/0 | 0 | - | |
| NH ₃ ⁺ " " | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,8 | 0,06 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | - | |
| Cl ⁻ mg/l | 13,0 | 18,7 | 12,1 | 18,2 | 10 | 12 | 10,7 | 32,0 | (15,2) | 5,5 | 7,3 | 3,5 | 6,9 |
| SO ₄ ²⁻ " " | 13,5 | 14,0 | 8,7 | 9,6 | 16 | 56,1 | 36,8 | n.b. berechnet 33 mg/l= (15,8 c(eq)‰) | | 19 | 19,4 | 11 | 15,8 |
| NO ₃ ⁻ " " | 2,2 | 2,0 | 3,3 | 2,8 | 15 | 10 | 5,2 | n.b. | - | 0,5 | 0,4 | 1 | 1,2 |
| NO ₂ ⁻ " " | n.b. | - | n.b. | - | 0,06 | 0 | 0 | n.b. | - | 0 | - | 0 | 0 |
| HCO ₃ ⁻ " " | | | | | 0 | 54,9 | 28,4 | 176,9 | (48,8) | 79,3 | 63,2 | | |
| CO ₃ ²⁻ " " | (79,3) | | (79,3) | | (42) | 18 | | 36,0 | | 6,0 | | | |
| | | 65,3 | | 69,4 | | | 18,9 | | (20,2) | | 9,7 | | |
| | (155,6 mg/l) | | (150,5 mg/l) | | | (204,0 mg/l) | | Abdampfrückstand 395 mg/l | | | | | (ca. 122 mg/l) |
| T ^o C | n.b. (17,6 ^o C) | ²⁾ | n.b. (21,3 ^o C) | ²⁾ | n.b. | 6,5 | | n.b. | | 12,2 | | 11,0 | |
| pH bei 20 ^o C | 9,8 | | 9,6 | | 10,2 | 9,04 | | 9,28 | | 9,5 | | 9,3 | |
| O ₂ -frei mg/l | n.b. | | n.b. | | n.b. | 10,2 | | n.b. | | 6,3 | | 8,1 | |
| CO ₂ -frei mg/l | n.b. | | n.b. | | n.b. | 0 | | 0 | | n.b. | | 0 | |
| El.Leitfähigkeit µS.cm ⁻¹ | n.b. | | n.b. | | 213 | n.b. | | 500 | | n.b. | | n.b. | |
| Analytiker | HLFB | | HLFB | | Staatl.Chem. Unter- suchungsamt Gießen | | | Staatl.Chem. Unter- suchungsamt Gießen | | Medizinaluntersuchungsamt Fulda | | | |

1) c(eq) = Äquivalentkonzentration
(früher: mval, jetzt mmol/l)

2) nach T-Log

schen Abschluß der Bohrarbeiten und Probeentnahme ein Zeitraum von 45 Tagen verstrichen war. Zwischenzeitlich sind nun jedoch Analysenergebnisse von Grundwässern aus basaltischen Schichtfolgen anderer Gebiete bekannt geworden, die einen ähnlichen Typ erkennen lassen wie der in der Forschungsbohrung „Hasselborn“ angetroffene. Beispiele sind in der Tab. 10 zusammengestellt. Allen diesen Grundwässern gemeinsam ist der auffällig hohe pH-Wert und der damit zusammenhängende Gehalt an Carbonat-Ionen; OH⁻-Ionen wurden bisher jedoch nicht ermittelt. Der Lösungsinhalt ist verhältnismäßig niedrig, freie Kohlensäure fehlt (soweit Bestimmungen vorliegen), der Gehalt an freiem Sauerstoff wechselt, stärkere Reduktionen sind nicht erkennbar. Bei den Kationen herrscht Natrium vor, sofern es sich nicht um ein ausgesprochen oberflächennahes Grundwasservorkommen (Beispiel Schachtbrunnen Hoherodskopf) handelt. Auffällig niedrig sind durchweg die Chloridgehalte, örtlich auch die Sulfatgehalte. Dieser Grundwassertyp ist nicht nur im Gebiet des basaltischen Vogelsberges ausgeprägt, sondern auch in anderen Basaltgebieten (Beispiel: Wasserkuppe/Rhön). Die Genese dieses Grundwassertyps erklärt sich aus dem hohen Angebot alkalireicher Mineralien im grundwasserleitenden Gestein und vor allem in den chemisch reaktionsfreudigeren Tuffen (Abschnitt 4.4), wodurch es zu einer Neutralisation der H⁺-Ionen, insbesondere der der freien Kohlensäure kommt. Dies führt schließlich zu dem ausgesprochen alkalischen Typ mit dementsprechend relativ hohem pH-Wert. In diesem Milieu liegen nicht nur Hydrogencarbonate vor, sondern es bilden sich auch Carbonat-Ionen. Die Frage, ob bei dieser Genese ausschließlich chemische Reaktionen abliefen oder ob auch Ionenaustauschvorgänge erfolgten, läßt sich zwar nicht eindeutig klären, doch ist zu vermuten, daß beide Vorgänge an der Genese beteiligt sind. Der daraus resultierende und in basaltischen Gesteinen offenbar verbreitet anzutreffende, wenn auch vielfach abgeschwächte Typ ist ein stark basisches Natrium-Hydrogencarbonat-(Carbonat-)Wasser. Im oberflächennahen Bereich mit dem hier üblichen Alkalidefizit erscheint dieser Typ örtlich auch als Erdalkali-Hydrogencarbonat-(Carbonat-)Wasser.

Insbesondere die geringen Anteile von Chloriden (und örtlich auch Sulfaten) bedingen wesentlich den relativ niedrigen Lösungsinhalt solcher Wässer. Der niedrige Chloridgehalt läßt den Verdacht aufkommen, daß die Bewegung dieser Ionen in den Gesteinsfolgen, in denen dieser Grundwassertyp sich bildet, retardiert ist, ein Vorgang, der an die chloridsperrende Wirkung von Tongesteinen erinnert. Möglicherweise hängt damit auch zusammen, daß die Chloridgehalte der 1000,05 m tiefen Thermalwasserbohrung „Herbstein“ 6 km NE der Brg. 2/2 A (HÖLTING 1979) so auffallend niedrig waren (6,1 mg Cl⁻/kg bei 3512 mg/kg Gesamtlösungsinhalt). Diese Bohrung, im Ostteil des Vogelsberges niedergebracht, durchsank 297 m basaltische Gesteine und darunter Folgen des Mittleren und Unteren Buntsandsteins sowie des Zechsteins und Rotliegenden. Unter der Annahme, daß der Thermalwasserzufluß zu dieser Bohrung weitgehend (oder allein) aus dem Gebiet des zentralen Vogelsberges stammt, wäre der in diesem Thermalwasser so auffallend niedrige Chloridgehalt mit der chloridsperrenden Wirkung basaltischer Folgen (Tuffe?) erklärbar.

6. Geophysikalische Bohrlochmessungen in der Bohrung 2/2 A

(B. HÖLTING)

Am 23. 7. 1973 wurden in dem bis 296,6 m verrohrten Bohrloch von der Firma R. TEGTMEYER, Isernhagen N.B.-Süd, folgende Bohrlochmessungen ausgeführt:

Gamma-Messung (GRL),
Widerstands-Messung (RES),
Eigenpotential-Messung (SP),
Temperatur-Messung,
Widerstands-Messung des Bohrlochwassers,
Kaliber-Messung,
Flowmeter-Messung (ohne Pumpenleistung).

Die dabei aufgenommenen Kurven sind in den Taf. 8 und 9 zusammengefaßt. Die Messungen endeten mit Ausnahme der Gamma-Messung (454 m unter GOK) bei 448 m unter GOK, also rd. 40 m über Bohrlochsohle.

6.1. Gamma - Messung

Gamma-Messungen werden in der Regel in unverfestigten oder verfestigten Sedimentgesteinen zur petrographischen Gliederung eines Schichtenprofils ausgewertet. Bekanntlich basiert die Messung auf der Gamma-Strahlung von vorwiegend in tonigen Gesteinen angereicherten ^{40}K -Isotopen.

Bei vulkanogenen Schichten hat die Beurteilung eines Gamma-Logs deshalb unter anderen Gesichtspunkten zu erfolgen. Zwar wird auch hier die Verteilung des ^{40}K -Isotops in den vom Log erfaßten Gesteinen den Verlauf der Meßkurve bestimmen, doch hängt diese allein von dem Mineralinhalt der vulkanischen Abfolge ab.

Unter diesen Gesichtspunkten ist die Interpretation des Gamma-Logs der Brg. 2/2 A insofern bemerkenswert, als sich kein einheitlicher Kurvenverlauf, sondern eine ausgeprägte Gliederung ergeben hat (Taf. 8).

Von Oberkante Gelände bis 200 m ist der Kurvenverlauf relativ intensitätsarm und ziemlich ausgeglichen. Petrographisch handelt es sich in diesem Profilabschnitt um basaltisches Material, sowohl um Basalte (in verschiedenen Variationen, s. Abschn. 4.1.3) als auch um Tuffe. Die basaltischen Tuffe, obwohl weitgehend sedimentär als Folge eines vulkanischen Aschenregens entstanden, sind in der Gamma-Messung von den Basalten nicht zu unterscheiden. Ab 205,7 m stellt sich zunehmend und mit wechselndem Anteil trachytisches Material ein. Während in den basaltischen Gesteinen die Kalium-Gehalte unter 1,5 (Gewichts-%) bleiben, steigt der K-Anteil im trachytischen Material auf 4 % und mehr an. Die Folge ist eine deutlich zunehmende Impulsrate der Gammastrahlung. So ist der auffallende Kurvenanstieg von 252 bis etwa 287 m auf den in diesem Schichtabschnitt anstehenden kompakten Trachyt zurückzuführen, in dem K-Gehalte bis 4,5 % ermittelt wurden. Unterhalb 287 bis etwa 342 m ergab sich ein stark differenziertes Kurvenbild. In diesem Bereich wechseln nämlich mehr basaltische, kaliumarme Tuffe mit trachytischen, kalireicheren ab. Ein Vergleich mit dem petrographischen Profil läßt jedoch erkennen, daß einzelne Peaks der Kurve nicht mit Schichtgrenzen von Tuffen zu parallelisieren sind. Örtlich entstanden Verschiebungen der Grenzen von 1 — 2 m. Da die Tuffe eine durch ihre Genese aus vulkanischen Auswurfprodukten von basaltischen und trachytischen Schmelzen bedingte unterschiedliche, schon auf engem Raum differenzierte Zusammensetzung aufweisen, ist anzunehmen, daß die starken Impulsratenanstiege im Gamma-Log, die nicht mit den Schichtgrenzen der Kernbohrproben zu parallelisieren sind, Summenprodukte von wechselnden Strahlungsintensitäten verschieden zusammengesetzter, dünn-schichtiger Tuffe sind. Das Gamma-Log stellt somit in diesem (Tuff-)Bereich ein gleitendes Mittel von wechselnden Strahlungsintensitäten dar. Somit zeigt sich für diesen stark differenzierten Kurvenabschnitt, daß die Schichtgrenzen der (trachytischen) kompakten Lavengesteine im Gamma-Log relativ scharf fixiert, die Grenzen der Tuffe dagegen nur unscharf sind und von deren schon in dünnen Schichten wechselnden Zusammensetzung abhängen.

Ab ~ 342 m unter GOK ist der Kurvenverlauf wieder ausgeglichener, bedingt durch die hier anstehenden basaltischen Tuffe, die z. T. recht kaliarm (0,5 % und weniger) sind. Die stellenweise höheren Impulsraten sind auf etwas kalireichere basaltische Anteile in den Tuffen zurückzuführen.

6.2. Elektrische Bohrlochmessungen

Naturgemäß konnten die elektrischen Bohrlochmessungen nur im unverrohrten Abschnitt, d. h. ab 296,6 m durchgeführt werden.

Mit Beginn der Widerstandsmessung (= Ende der Verrohrung) bis etwa 303 m unter GOK sowie von 380 — 396 m stellten sich hohe bis sehr hohe Widerstände ein. In diesem Profilabschnitt sind bei den Bohrarbeiten keine Spülungsverluste aufgetreten, jedoch wechselten in diesen Teufen die hydraulischen Potentiale (= Änderungen der Grundwasserspiegellagen). Hier stehen harte, kompakte, offensichtlich wenig geklüftete Gesteine an (Trachyt, Hawaiiit sowie Ankaramit). Im Abschnitt zwischen 303 und 380 m ergaben sich im Kurvenverlauf der Kleinen und Großen Normale Unterschiede, die Kleine Normale verzeichnete meist höhere Widerstände, möglicherweise infolge Bildung eines Spülungskuchens an den Bohrlochwänden in diesem tuffreichen Profilabschnitt. Recht ausgeglichen verliefen die Widerstandskurven unterhalb 398 m, offensichtlich war hier das Gestein recht gleichartig ausgebildet.

Die Eigenpotentialmessung ist wenig aufschlußreich. Lediglich bei ~ 303 m entstand an der Unterkante des kompakten Hawaiiits ein negatives Potential, möglicherweise im Grenzbereich zu den weniger kompakten unterlagernden Tuffen. Damit im Zusammenhang stand vermutlich der nahezu in gleicher Teufe gemessene niedrige Widerstand (= höhere Leitfähigkeit) des Wassers, der auf abschnittsweise höheren Lösungsinhalt schließen läßt. Ferner nimmt die Leitfähigkeit (= niedriger Widerstand) ab 372 m zu und ist größer als in den von der Messung erfaßten niveauhöheren Profilabschnitten, wo allerdings die Verrohrung und der damit fehlende Grundwasseraustausch zwischen Bohrloch und Gebirge zu berücksichtigen ist. Die höheren Leitfähigkeiten ergaben sich in den tuffreichen tieferen Profilabschnitten und zeigen deren chemisch reaktionsfreudigere Gesteinseigenschaften an.

6.3. Temperatur-Messung

Die Temperaturverhältnisse werden in einem anderen Zusammenhang ausführlich erläutert (Kap. 9).

6.4. Kaliber-Messung

Die Bohrlochwände unterhalb 296,6 m (= Unterkante Verrohrung) waren ziemlich gleichmäßig ausgebildet, ein Hinweis auf die hinsichtlich der Verfestigung und Härte relativ ähnliche Ausbildung der Gesteine. Lediglich im Profilabschnitt 340/346 m zeigten sich einige etwas stärkere Auskolkungen in trachytischen, offensichtlich weniger verfestigten Tuffen.

6.5. Flowmeter-Messung

Die Flowmeter-Messung, auswertbar nur im unverrohrten Profilabschnitt, ergibt keine wesentlichen Erkenntnisse [zumal keine Messung bei gleichzeitigem Pumpen ausgeführt wurde, sondern nur die Änderungen im Bohrloch bei gleichmäßiger Fahrge-

schwindigkeit des Logs (entspricht der Messung des Fahreffekts bei üblicher Flowmeter-Messung in Brunnenbohrungen)]. Die Kurvenabschnitte verhältnismäßig niedriger Geschwindigkeit (insbesondere 380/382 m, 439/440 m) lassen sich wenig mit anderen geophysikalischen Meßergebnissen koordinieren. Es fällt jedoch auf, daß es sich bei den Teufen 380/382 m und 439/440 m um Profilabschnitte handelt, in denen sich die Bohrlochwasserspiegellagen änderten (Abb. 71).

7. Magnetische Messungen an den Bohrkernen

(R. PUCHER & K. FROMM)

7.1. Einleitung

Der Vogelsberg umfaßt ein etwa kreisförmiges Gebiet mit ca. 50 km ϕ , das fast ausschließlich mit vulkanischen Gesteinen und deren Verwitterungsprodukten bedeckt ist. Die Vulkanite bilden in weiten Teilen des Vogelsberges nahezu horizontale Einheiten, die größtenteils als Oberflächenergüsse gedeutet werden können. Die Gesamtmächtigkeit der vulkanischen Serie ist nur an wenigen Stellen bekannt. Das Liegende, bestehend aus tertiären Sanden und triassischen Sedimenten, zumeist Buntsandstein, ist reich an Störungen.

7.2. Paläomagnetische Aussagen

Für das Magnetfeld im Tertiär sind besonders viele Polaritätswechsel bekannt (Abb. 72). Da beim Abkühlen eines magmatischen Gesteins die jeweilige Erdfeldrichtung „eingefroren“ wird, kann man die magnetischen Umkehrungen als Marken für die Stratigraphie benutzen. Diese magnetischen Marken können auch eine Zeitskala bilden, wenn in einem langen Profil zumindest für einen Teil der Marken das Alter aus radiometrischen Bestimmungen bekannt ist und wenn Intrusionen und zeitliche Lücken ausgeschlossen werden können.

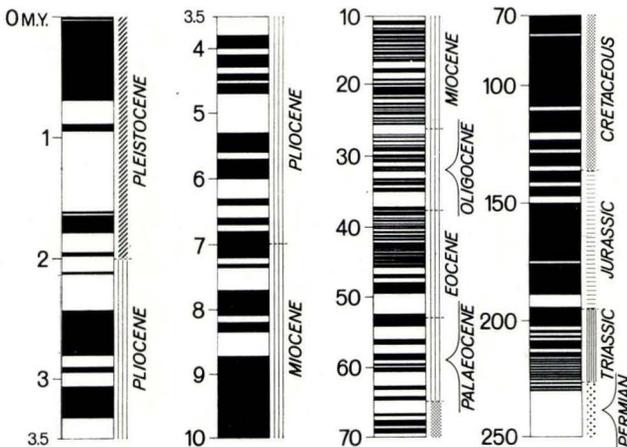


Abb. 72. Paläomagnetische Umkehrungsskala des Erdmagnetfeldes für die letzten 250 Mio. Jahre (schwarz: parallel dem heutigen Magnetfeld, normal; weiß: antiparallel, revers) (Quellenangaben bei PUCHER 1977).

Tab. 11. Meßwerte der Remanenz und Suszeptibilität an Kernen
der Bohrungen 1 Flösser-Schneise und 2/2A Hasselborn

| Proben- Nr. | Bohr- tiefe m | Suszep- tibili- tät S.I. $\times 10^3$ | R e m a n e n z | | | |
|----------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|---------|------------------------|---------|
| | | | Intensität in mA/m | | Inklination in Grad | |
| | | | nach Wechselfeld-Abmagnetisierung mit | | in Grad | |
| | | | 4 kA/m | 32 kA/m | 4 kA/m | 32 kA/m |
| Bohrung 1 Flösser-Schneise | | | | | | |
| 1 | 17,0 | 3,33 | 219 | 30 | 73° | 75° |
| 2 | 19,0 | 2,78 | 154 | 20 | 75 | 77 |
| 3 | 35,0 | 2,16 | 70 | 16 | 78 | 81 |
| 4 | 40,0 | 2,24 | 65 | 14 | 68 | 78 |
| 5 | 46,4 | 2,18 | 64 | 14 | 75 | 73 |
| 5a | 51,0 | 2,04 | 50 | 10 | -85 | -78 |
| 6 | 53,1 | 2,01 | 47 | 9,2 | -61 | -58 |
| 7 | 59,6 | 2,82 | 92 | 23 | 68 | 63 |
| 8 | 66,5 | 0,85 | 43 | 13 | 71 | 73 |
| 9 | 75,8 | 3,78 | 69 | 24 | 75 | 72 |
| 10 | 83,4 | 4,20 | 102 | 38 | 70 | 58 |
| 11 | 91,0 | 2,73 | 54 | 19 | 69 | 72 |
| 12 | 96,5 | 1,47 | 23 | 8 | 70 | 72 |
| 13 | 102,0 | 0,29 | 7,5 | 6,8 | 68 | 70 |
| 14 | 107,5 | 0,82 | 35 | 13 | 59 | 72 |
| 15 | 112,3 | 1,22 | 320 | 87 | 71 | 74 |
| 16 | 126,7 | 5,63 | 346 | 245 | 56 | 65 |
| 17 | 135,1 | 4,65 | 681 | 537 | 52 | 66 |
| 18 | 140,5 | 0,45 | 1070 | 823 | 63 | 67 |
| 19 | 142,0 | 2,32 | 1880 | 1310 | 58 | 59 |
| 20 | 146,9 | 39,4 | 747 | 198 | 86 | 84 |
| 21 | 156,1 | 40,4 | 652 | 171 | 74 | 81 |
| 22 | 177,1 | 38,9 | 781 | 277 | 79 | 77 |
| 23 | 186,1 | 39,7 | 584 | 161 | 78 | 85 |
| 24 | 195,9 | 39,9 | 691 | 169 | 72 | 75 |
| Bohrung 2 Hasselborn | | | | | | |
| 27 | 27,4 | 0,32 | 34 | 5,6 | 63 | 75 |
| 28 | 32,1 | 2,30 | 37 | 16 | 26 | 63 |
| 29 | 40,0 | 0,44 | 4 | 1,3 | 89 | 54 |
| 30 | 48,7 | 0,21 | 145 | 54 | -24 | -24 |
| 31 | 58,0 | 0,25 | 81 | 15,6 | -33 | -34 |
| 31a | 69,3 | 0,01 | 8 | 1,7 | -51 | -62 |
| 32 | 78,6 | 0,53 | 79 | 21 | -69 | -72 |
| 33 | 87,2 | 0,50 | 64 | 23,6 | -67 | -70 |
| 34 | 96,1 | 0,20 | 31 | 35,3 | -71 | -67 |
| 35 | 102,5 | 0,19 | 24 | 20,5 | -71 | -68 |
| 36 | 105,5 | 0,63 | 45 | 6,4 | -52 | -24 |
| 37 | 109,6 | 0,40 | 36 | 18 | -67 | -69 |
| 38 | 118,3 | 0,74 | 55 | 25,6 | -61 | -68 |
| 39 | 124,2 | 1,96 | 17 | 8 | -35 | -68 |
| 40 | 126,1 | 0,18 | 83 | 7,7 | -52 | -71 |
| 41 | 131,2 | 0,86 | 82 | 62 | -64 | -69 |
| 42 | 137,7 | 0,87 | 155 | 83 | -81 | -83 |
| 43 | 140,3 | 0,50 | 70 | 251 | -88 | -83 |
| 44 | 143,6 | 0,33 | 123 | 18,8 | -83 | -77 |

Remanenz

| Proben- Nr. | Bohr- tiefe m | Suszep- tibili- tät S.I. x 10 ³ | Intensität in mA/m | | Inklination in Grad | |
|----------------|---------------------|---|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------|
| | | | nach 4 kA/m | Wechselfeld- 32 kA/m | Abmagnetisierung mit 4 kA/m | 32 kA/m |
| 45 | 149,0 | 1,5 | 15 | 2,2 | -73 | -44 |
| 46 | 159,8 | 1,1 | 47 | 19 | -76 | -81 |
| 47 | 168,0 | 0,02 | 62 | 8 | -83 | -72 |
| 48 | 170,1 | 0,44 | 43 | 21 | -73 | -68 |
| 49 | 173,9 | 3,0 | 129 | 24,6 | -19 | -11 |
| 50 | 179,0 | 2,66 | 149 | 28,6 | -53 | -45 |
| 51 | 188,5 | 1,24 | 52 | 6,0 | -41 | -12 |
| 52 | 193,0 | 2,42 | 38 | 5,5 | -11 | 32 |
| 53 | 201,9 | 2,80 | 8,7 | 6,0 | 14 | 54 |
| 54 | 208,2 | 0,09 | 47 | 19 | -24 | -11 |
| 55 | 217,5 | 2,93 | 279 | 95,7 | -35 | -45 |
| 56 | 222,0 | 4,83 | 92 | 27,9 | 34 | 59 |
| 57 | 225,4 | 4,55 | 176 | 11,8 | 66 | 74 |
| 58 | 229,8 | 4,77 | 65 | 26,7 | 23 | 60 |
| 59 | 234,0 | 1,11 | 126 | 362 | -36 | -36 |
| 60 | 242,3 | 0,85 | 154 | 120 | -49 | -50 |
| 61 | 245,4 | 0,64 | 144 | 69,4 | -60 | -62 |
| 63 | 251,8 | 0,76 | 116 | 50,4 | -37 | -39 |
| 64 | 256,4 | 0,18 | 64 | 36,2 | -53 | -54 |
| 65 | 267,5 | 7,75 | 120 | 45,6 | 34 | -36 |
| 66 | 281,5 | 3,97 | 896 | 524 | -54 | -54 |
| 67 | 288,1 | 3,93 | 273 | 105 | -40 | -54 |
| 68 | 291,5 | 3,00 | 738 | 1000 | -46 | -48 |
| 69 | 293,6 | 12,6 | 787 | 258 | -40 | -47 |
| 70 | 298,0 | 18,9 | 339 | 36,6 | -9 | -10 |
| 71 | 302,0 | 19,2 | 352 | 55,2 | -15 | -22 |
| 72 | 304,0 | 15,5 | 698 | 121 | -24 | -24 |
| 73 | 309,0 | 8,1 | 115 | 19,7 | -31 | -14 |
| 74 | 312,2 | 12,2 | 138 | 38,6 | -7 | -14 |
| 75 | 324,8 | 2,21 | 52 | 12 | -35 | -37 |
| 76 | 341,1 | 3,24 | 22 | 7,7 | 37 | 41 |
| 77 | 350,7 | 7,13 | 35 | 18,4 | 72 | 75 |

Bohrung 2A Hasselborn

| | | | | | | |
|-----|-------|------|------|------|-----|-----|
| 78 | 269,3 | 1,12 | 92 | 21,6 | -70 | -56 |
| 79 | 277,7 | 0,23 | 77 | 59,8 | -47 | -50 |
| 80 | 281,0 | 3,80 | 920 | 693 | -49 | -53 |
| 81 | 287,4 | 4,51 | 132 | 75,3 | -46 | -48 |
| 82 | 291,7 | 2,65 | 671 | 234 | -48 | -50 |
| 83 | 294,3 | 16,5 | 503 | 99,5 | -36 | -42 |
| 84 | 299,1 | 34,4 | 718 | 87,3 | 69 | 63 |
| 85 | 302,0 | 34,8 | 668 | 108 | 23 | 32 |
| 86 | 311,5 | 26,3 | 193 | 60,2 | 3 | -7 |
| 87 | 322,5 | 12,6 | 47 | 21,4 | -23 | 81 |
| 88 | 327,0 | 3,21 | 22 | 1,7 | 54 | -90 |
| 89 | 337,7 | 6,78 | 92 | 19,4 | -37 | -28 |
| 90 | 348,3 | 13,1 | 99 | 27,2 | 48 | 72 |
| 91 | 361,0 | 18,6 | 931 | 222 | 77 | 68 |
| 92 | 380,5 | 11,4 | 2920 | 1260 | 66 | 68 |
| 93 | 385,7 | 41,9 | 2930 | 1000 | 67 | 77 |
| 94 | 392,7 | 18,3 | 1880 | 230 | 86 | 84 |
| 95 | 435,0 | 12,4 | 1720 | 938 | 76 | 78 |
| 96 | 444,8 | 29,7 | 3260 | 986 | 72 | 73 |
| 97 | 453,6 | 6,31 | 2510 | 306 | 16 | 76 |
| 98 | 461,3 | 40,0 | 1700 | 216 | 73 | 69 |
| 99 | 465,7 | 27,4 | 473 | 73,8 | 57 | 12 |
| 100 | 471,2 | 21,6 | 278 | 48,5 | 0 | 13 |
| 101 | 483,0 | 16,1 | 1770 | 420 | 68 | 58 |

Die heute meßbare natürliche Magnetisierung (NRM) enthält die bei der Abkühlung des Basalts entstandene paläomagnetische remanente Magnetisierung (PRM) und eine sich viskos der heutigen Feldrichtung angleichende Magnetisierung (VRM). Die PRM kann von der VRM verschieden stark überdeckt sein, so daß für die sichere Bestimmung der magnetischen Polarität die Beseitigung der VRM durch Reinigungsprozeduren (thermische oder Wechselfeld-Abmagnetisierung) notwendig ist.

Zur Bestimmung des lückenlosen Umkehrungsmusters am gesamten Kernmaterial beider Bohrungen wurde in einer ersten Meßstufe die magnetische Polarität der Remanenz im Kernlager des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung mit Hilfe eines transportablen Fluxgate-Magnetometers vermessen. Danach wurde eine Auswahl von Kernproben im Gesteinsmagnetik-Labor des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung eingehend untersucht. In Tab. 11 sind die gesteinsmagnetischen Meßwerte aufgelistet, und in den Abb. 73 — 75 sind Inklination und Polarität der Remanenz in Verbindung mit dem Bohrprofil (am linken Rand der Abbildungen) dargestellt: Links der Tiefenskala sind die Lage der Meßstellen, die magnetische Polarität (+: parallel dem heutigen Magnetfeld, normal; —: antiparallel, revers; w: wechselnd, unbestimmt) und daneben das daraus folgende Umkehrungsmuster wiedergegeben. — Rechts der Tiefenskala sind in gleicher Weise die Ergebnisse der Labormessungen an ausgewählten Kernproben dargestellt: Nummer und Lage der Proben, Inklination der PRM nach Abmagnetisierung mit 4 kA/m (volle Säulen) und der PRM nach Abmagnetisierung mit 32 kA/m (leere Säulen) und rechts außen wieder das daraus gewonnene Umkehrungsmuster.

Es wird deutlich, daß beide Bohrungen Gesteinsschichten mit normaler und reverser Remanenz enthalten. Durch Vergleich des Umkehrungsmusters mit der Meßstellen- bzw. Probendichte läßt sich beurteilen, wie gut die einzelnen Umkehrungsphasen abgesichert sind. Die Teile der Bohrungen, für die sich bei den Labormessungen eine magnetische Inklination flacher als 30° ergab bzw. für die sich aus den Messungen mit dem tragbaren Fluxgate-Magnetometer keine eindeutige Zuordnung ergab, sind schraffiert wiedergegeben. An all diesen Bereichen sind sowohl Tuffe als auch Vulkanite beteiligt.

Bohrung 2/2A

Beim Vergleich des geologischen Profils mit den paläomagnetischen Ergebnissen ist festzustellen, daß Grenzen von magnetischen Umkehrungen nur selten mit einem Gesteinswechsel zusammenfallen. Das ist nur der Fall für einen Basalthorizont der Brg. 2 in der Bohrtiefe von 213,00 m u. Gel. (Abb. 73). Ferner fällt nur noch in der Brg. 2A die Begrenzung einer normal magnetisierten Kernpartie zu einer solchen mit wechselnder Polarität mit dem Kontakt Basalt/Tuff zusammen (Bohrtiefe 304,00 m in Abb. 74).

In Brg. 2 (Abb. 73) reicht die normale Polarität vom Basalt in ca. 30 m Bohrtiefe um 6 m in den darunter liegenden Tuff, der in seinen tieferen Partien dann umgekehrt magnetisiert ist. Das könnte vielleicht bedeuten, daß der Tuff bis zu 6 m tief vom späteren Basalt über die CURIE-Temperatur aufgeheizt worden ist.

Die beiden überlappenden Kernpartien aus Brg. 2 und 2A (nach der Ablenkung) ergeben nach magnetischer Abmagnetisierung vollkommene Übereinstimmung (Abb. 76 rechts).

Bohrung 1

Für die Brg. 1 stimmen die im Kernlager und im Labor erhaltenen Polaritäten vollkommen überein (Abb. 75). Die reverse Magnetisierung in einem 4 m langen Abschnitt innerhalb der Trachytserie ist als gesichert anzusehen, da durch die vielen Einzelmessungen im Kernlager (Abb. 75) ein Orientierungsfehler ausgeschlossen werden kann und die Abmagnetisierungsversuche im Labor ergeben haben, daß diese Remanenz stabil ist. Die übrigen Kerne sind parallel zum heutigen Erdfeld magnetisiert. Die Inklination be-

trägt durchgehend $60 - 70^\circ$. Sie ändert sich infolge der Abmagnetisierung nicht wesentlich; in der Mehrzahl der Fälle wird sie etwas größer. Bei Schichtgrenzen werden keine Richtungsänderungen der Remanenz sichtbar.

Da das Trachytpaket zwei Umkehrungen des erdmagnetischen Feldes umfaßt, kann man annehmen, daß es nicht das Ergebnis einer kurzzeitigen vulkanischen Tätigkeit ist.

In Abb. 76 sind die Ergebnisse der paläomagnetischen Messungen für beide Bohrungen unter Berücksichtigung ihres topographischen Niveaus zusammengestellt. Dabei bedeuten die schmalen Säulen die Übersichts- und die breiten Säulen die Labormessungen. Es fällt auf, daß das paläomagnetische Umkehrungsmuster für die nur 3,2 km voneinander entfernten Bohrungen völlig verschieden ist. Weiterhin kann man feststellen, daß die Labormessungen die Bereiche nicht eindeutiger Polarität verkleinern helfen und das Umkehrungsmuster noch ausgeprägter wird.

In der Abb. 76 sind die an dem Probenmaterial gewonnenen K-Ar-Alterswerte (Kap. 10) für eine spätere Diskussion eingetragen.

7.3. Die Intensität der Magnetisierung

Die Intensität der Magnetisierung, insbesondere der induzierten (bzw. der magnetischen Suszeptibilität), kann Hinweise auf die Zusammensetzung des Gesteins geben und damit eine weitere Korrelationsgröße für beide Bohrungen sein.

Die Ergebnisse der Labormessungen an ausgewählten Kernproben für die Intensität der remanenten Magnetisierung und der Suszeptibilität sind in Tab. 11 gemeinsam aufgelistet und in den Abb. 77 — 79 für jede Bohrung gesondert dargestellt, wobei volle (leere) Säulen Meßwerte nach einer Wechselfeld-Abmagnetisierung mit 4 kA/m (32 kA/m) bedeuten.

Bohrung 2/2A

Abb. 77 und 78 vermitteln als ersten Eindruck eine Zunahme der Remanenz und der Suszeptibilität mit der Tiefe. Bei Zuhilfenahme des Bohrprofils ist dann zu erkennen, daß die Tuffhorizonte für beide Parameter kleinere Werte als Basalt und Trachyt zeigen. Ein deutlicher Anstieg der Suszeptibilität, etwa um den Faktor 8, ist ab der Bohrtiefe 290 m u. Gel. zu beobachten. Bemerkenswert ist, daß in diesen Tiefen auch die Tuffhorizonte diese hohe Suszeptibilität zeigen. Auch die Remanenzwerte liegen, abgesehen von Abschnitt 320 — 350 m u. Gel., deutlich höher. Übrigens ist die natürlich remanente Magnetisierung NRM im Durchschnitt doppelt so stark wie die induzierte Magnetisierung MI.

Bohrung 1

Die Aussagen der Brg. 2/2A treffen auch für die wesentlich kürzere Brg. 1 zu (Abb. 79). Am auffälligsten ist die Zunahme der Suszeptibilität etwa auf das Zehnfache ab der Bohrtiefe 140 m, die etwa mit der Grenze Tuff/Basalt zusammenfällt. Der Basalt im unteren Teil der Bohrung mit den erhöhten Suszeptibilitätswerten hat auch eine stärkere remanente Magnetisierung.

Bemerkenswert ist weiterhin die stetige Zunahme der remanenten Magnetisierung des Tuffs mit der Tiefe, die am Kontakt zum Basalt sogar die Remanenz im Innern des Basalts um ein Mehrfaches übertrifft (Abb. 80). Da dieser Zunahme nicht eine solche der Suszeptibilität als Maß für den Gehalt an magnetischem Material entspricht (Abb. 79), ist die Ursache dafür in rascher Abkühlung zu suchen. Die Bestimmung der Grenze Tuff/Basalt an dieser Stelle ist schwierig, da schlackige Laven und Tuffe dasselbe Porenvolumen und damit dieselbe Dichte haben können (s. Dichtewerte in Abb. 80), Laven aber im Gegensatz zu Tuffen zu Krustenbildungen neigen. Wenn der unterste Teil des Tuffhorizontes unterhalb 127 m tatsächlich Lava wäre, so sollten die höchsten Remanenzwerte als Folge stärkster thermischer Abschreckung bei 127 m u. Gel. liegen und

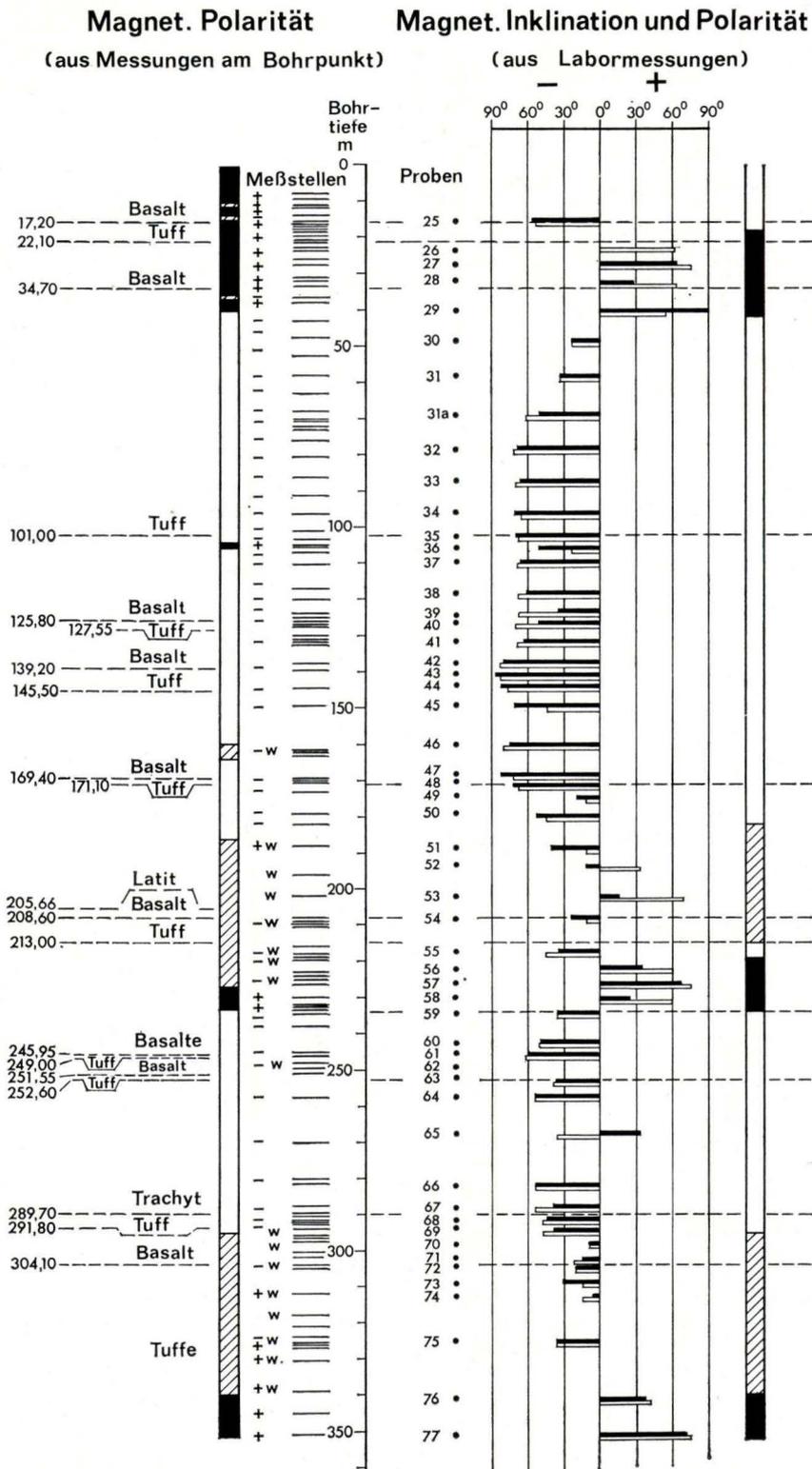


Abb. 73. Forschungsbohrung 2.

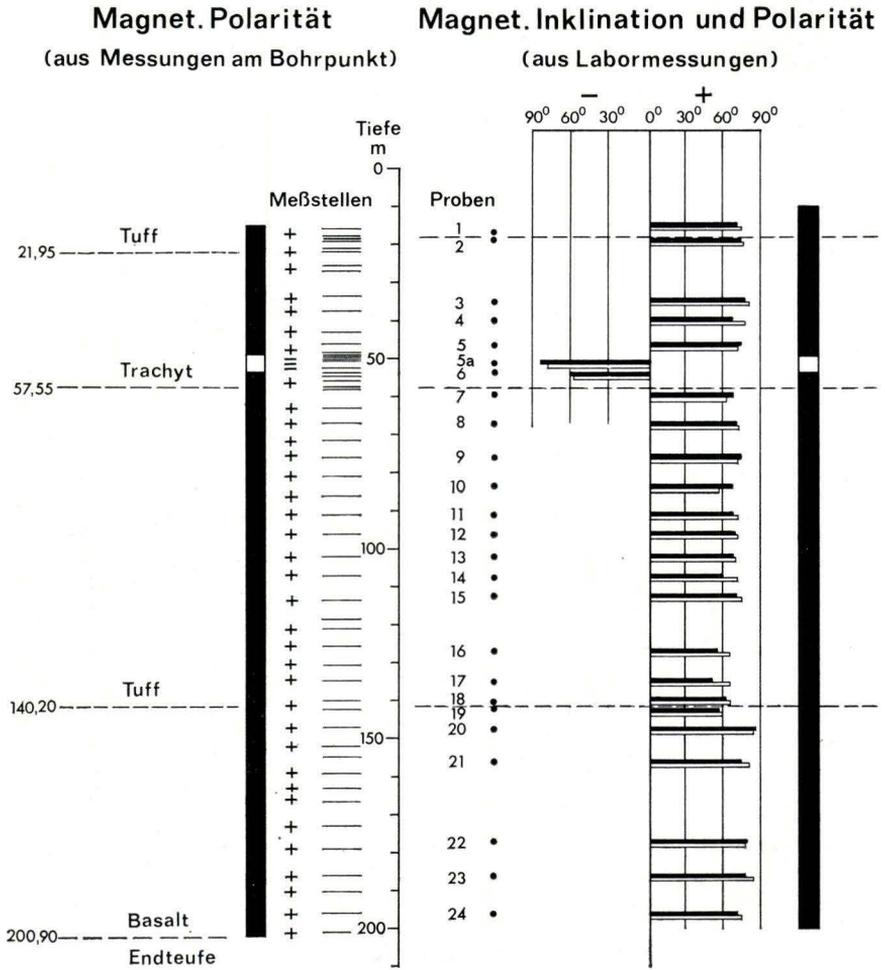


Abb. 75. Forschungsbohrung 1.

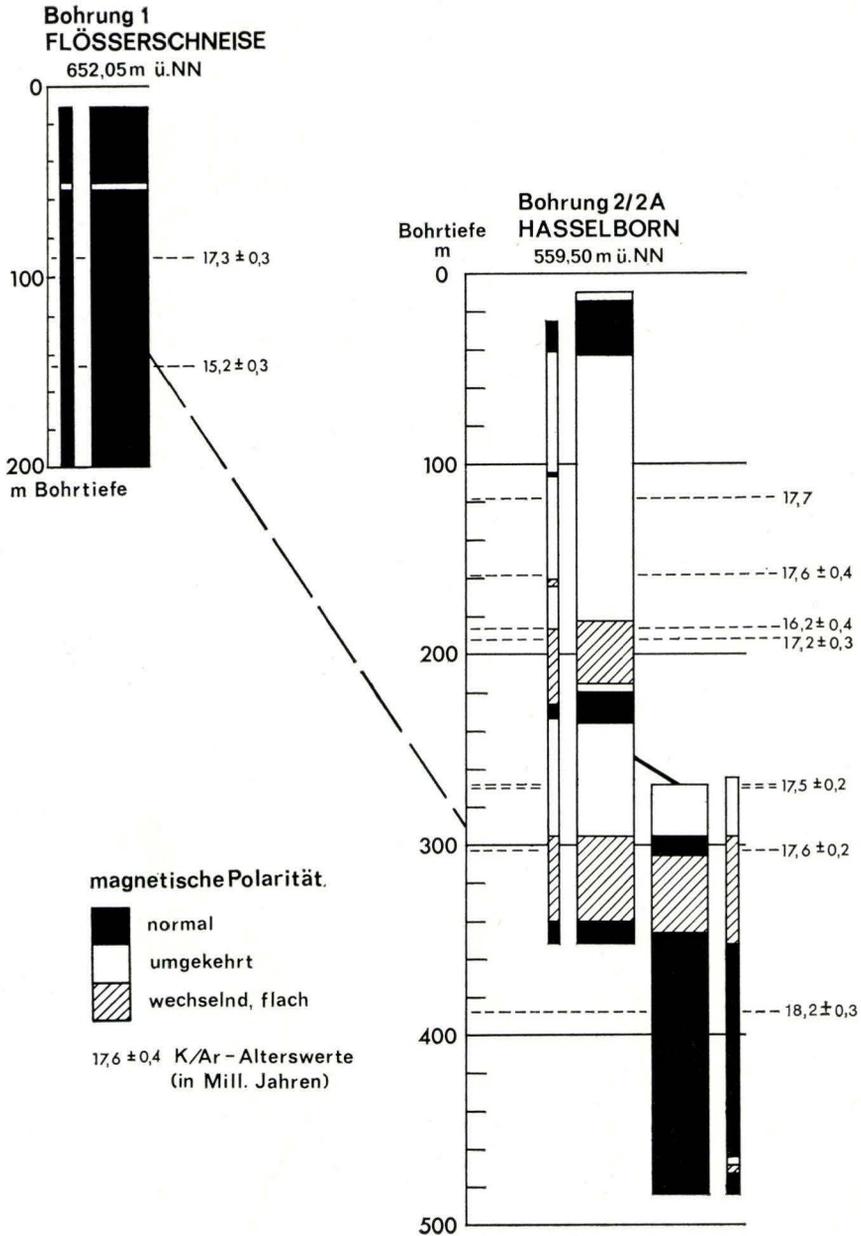


Abb. 76. Magnetisches Umkehrungsmuster der NRM (schmale Säulen), der PRM nach Abmagnetisierung mit 32 kA/m und der radiometrischen Alterswerte (Kap. 10) für die Brg. 1 und 2/2 A unter Berücksichtigung des topographischen Niveaus. Es ist der Suszeptibilitätssprung (Abb. 81) eingetragen.

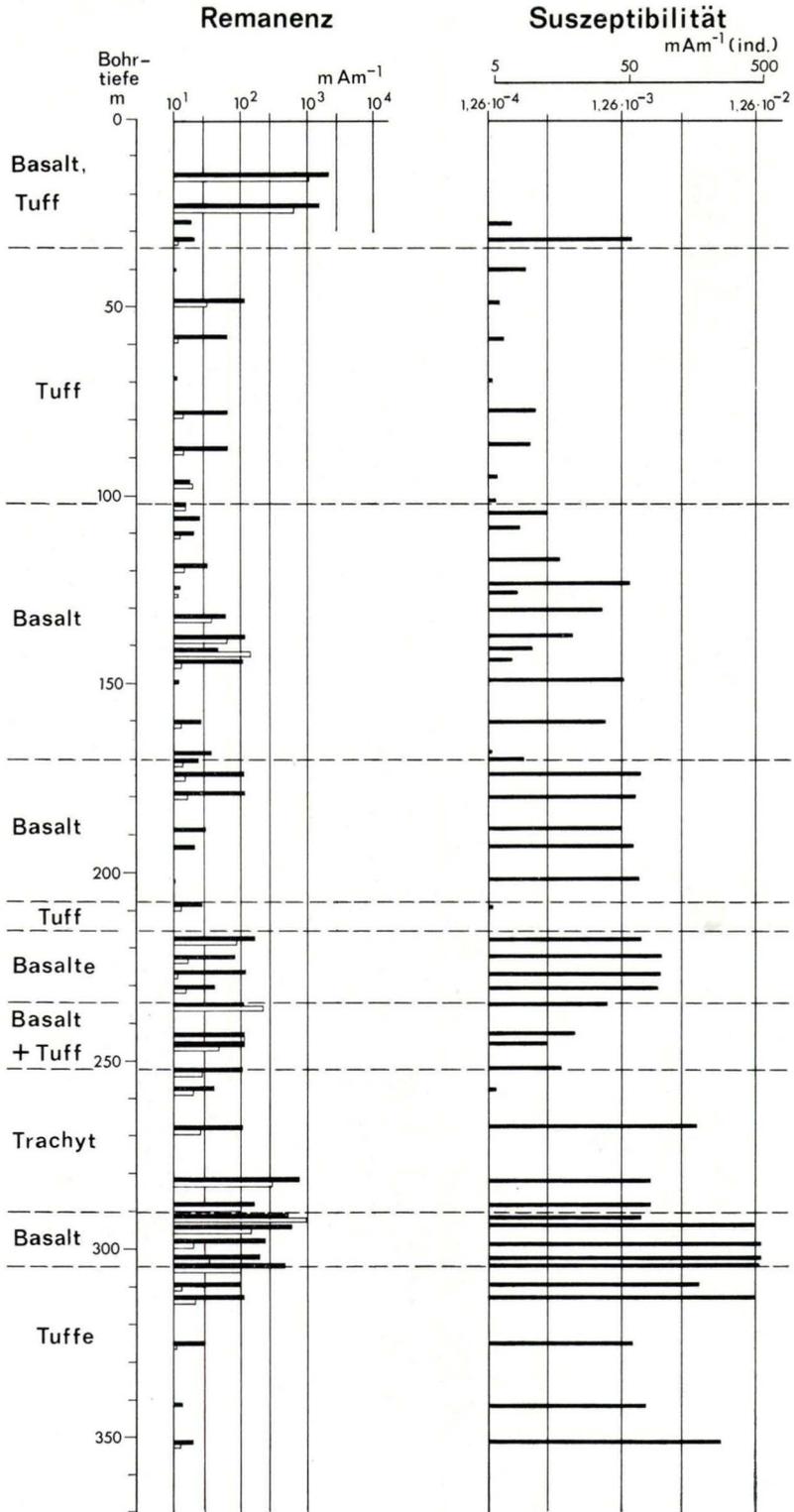


Abb. 77. Forschungsbohrung 2.

Abb. 77 — 79. Darstellung der Labormessungen an ausgewählten Kernproben für die Intensität der remanenten Magnetisierung PRM nach Wechselfeld-Abmagnetisierung mit 4 kA/m (volle Säulen) und 32 kA/m (leere Säulen) und der Suszeptibilität (und der induzierten Magnetisierung) als Funktion der Bohrtiefe und des Bohrprofils für die Brg. 2 und 2A.

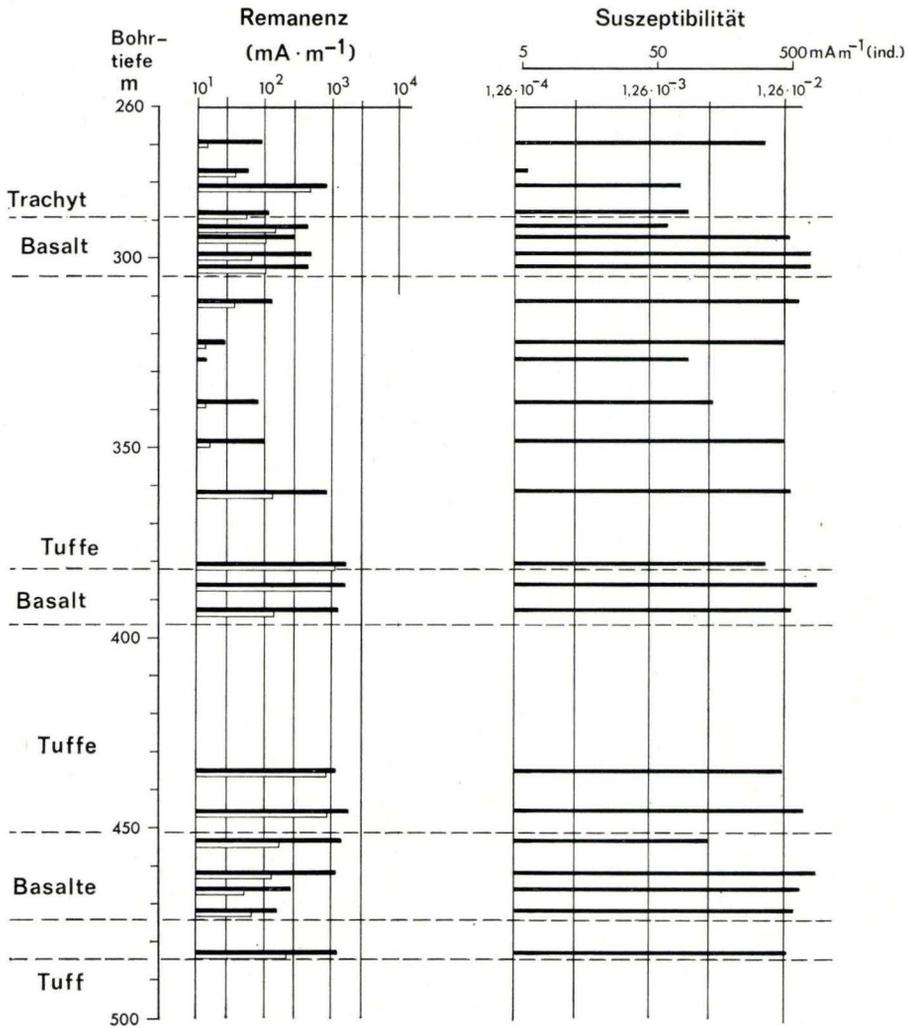


Abb. 78. Forschungsbohrung 2A.

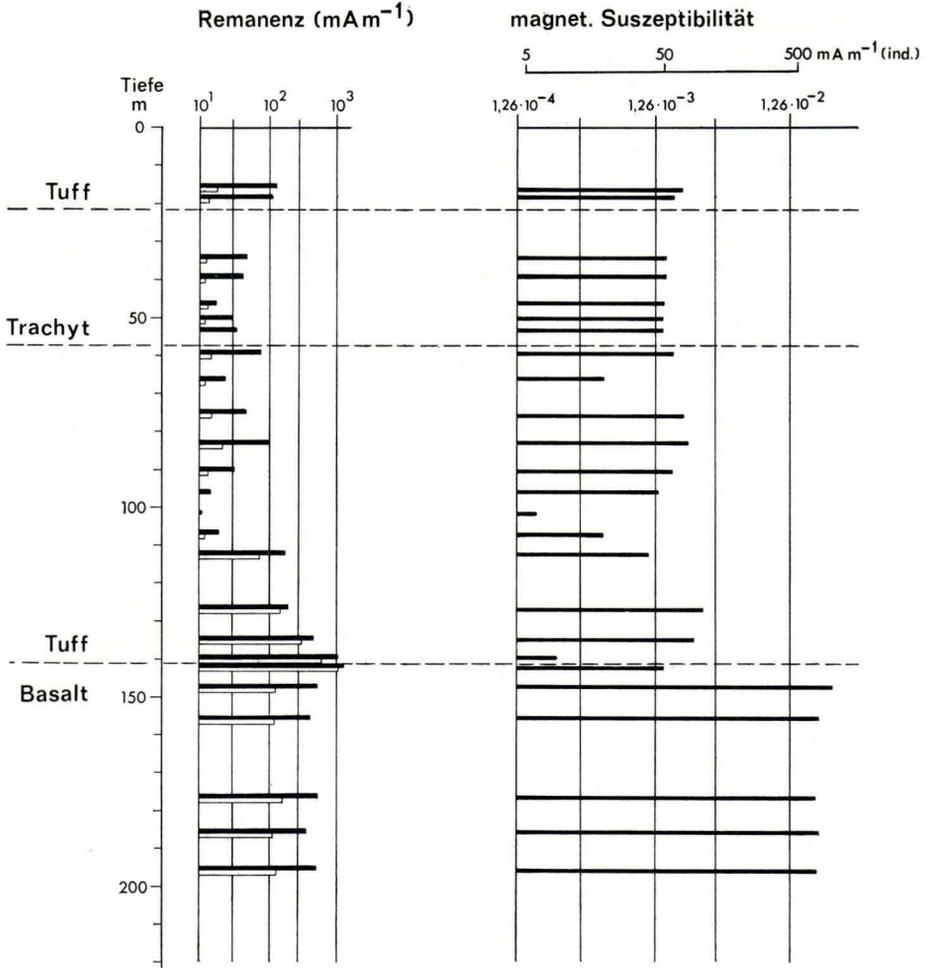


Abb. 79. Forschungsbohrung 1.

mit zunehmender Tiefe abklingen. Die magnetischen Messungen sprechen im Gegenteil dafür, die Grenze Tuff/Basalt von 142 m auf 145 m u. Gel. zu verlegen, da die Basaltprobe Nr. 18 (Abb. 75) sowohl in der Dichte, der Suszeptibilität als auch der Inklination ihrer Remanenz mehr dem Tuff als dem Basalt entspricht.

Die Inklination der Remanenz spricht dafür, daß der Tuff nicht zu gleicher Zeit wie der Basalt entstanden ist. Die ungewöhnlich starke Tuffschicht von ca. 30 m Mächtigkeit mit abnehmender Remanenz (Abb. 80) deutet auf eine schnelle Entstehung dieser Schicht. Der Sprung der Suszeptibilitätswerte am Kontakt läßt auf einen Wechsel der Gesteinszusammensetzung schließen.

7.4. Korrelationsmöglichkeiten der Bohrungen

Eine von mehreren Korrelationsmöglichkeiten für die beiden Bohrungen besteht im Vergleich der paläomagnetischen Umkehrungsmuster als Zeitmarken unter der An-

nahme, daß der benutzte Ausschnitt der Umkehrungsskala lückenlos ist und Intrusionen ausgeschlossen werden können.

Es liegen K-Ar-Datierungen an Probenmaterial beider Bohrungen vor (Kap. 10). Die Mittelwerte sind mit ihren 95 %-Vertrauensintervallen in Abb. 76 an den entsprechenden Tiefen vermerkt. Die Werte liegen, mit drei Ausnahmen abweichender Alterswerte infolge petrographischer Veränderungen, innerhalb der Bestimmungsunsicherheiten bei 17,6 Mio. bzw. 18,5 Mio. Jahren bei der tiefsten Probe. Bei einem Vergleich der K-Ar-Daten mit der paläomagnetischen Umkehrungs-Zeitskala (Abb. 72) ist zu beachten, daß diese Zeitskala unter Heranziehung der Seafloor-Spreading-Anomalien in den Ozeanen erarbeitet ist (HEIRTZLER et al. 1968) und teils mit radiometrischen Daten, teils paläontologisch geeicht ist, letzteres unter der Annahme einer konstanten Sedimentationsrate in den verwendeten Sedimentkernen. Die zeitliche Auflösung der paläomagnetischen Umkehrungen schließt für bestimmte Zeitabschnitte die zusätzliche Annahme konstanter Spreadinggeschwindigkeit ein. Es ist daher einsichtig, daß die Unsicherheit der Skala mindestens 2,5 % beträgt. Um einen solchen Betrag würde sich auch die Zeitskala zu größeren Zeitwerten strecken, wenn man die von der Subkommission für Geochronologie der IUGS neu beschlossenen Zerfallskonstante (STEIGER & JÄGER 1977) auf die ganze

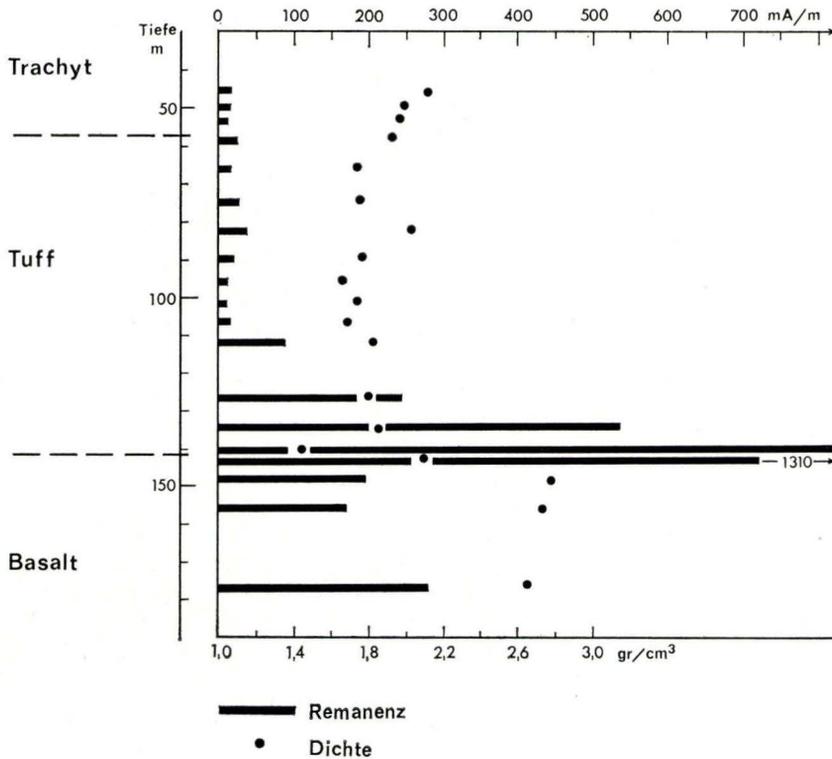


Abb. 80. Darstellung der PRM nach Abmagnetisierung mit 32 kA/m (Balken) und der Dichte (Punkte) für einen Teil der Brg. 1 in linearer Darstellung.

Zeitskala anwenden würde. In Tab. 12 ist ein Ausschnitt der originalen paläomagnetischen Zeitskala von HEIRTZLER et al. (1968) (links) demselben Ausschnitt um 2,5 % gestreckt gegenübergestellt (rechts).

Tab. 12. Intervalle normaler Polarität des magnetischen Erdfeldes (in Mill. Jahren), bezogen auf die ozeanische magnetische Anomalie Nr. 5 (HEIRTZLER et al. 1968)

| Nr. | originale Werte | | um 2,5 % erhöht | |
|-----|-----------------|---------|-----------------|---------|
| | von | bis | von | bis |
| 10 | 15,71 | - 16,00 | 16,10 | - 16,40 |
| 11 | 16,03 | - 16,41 | 16,43 | - 16,82 |
| 12 | 17,33 | - 17,80 | 17,75 | - 18,24 |
| 13 | 17,83 | - 18,02 | 18,28 | - 18,47 |
| 14 | 18,91 | - 19,26 | 19,38 | - 19,74 |

Beim Vergleich der zuverlässigen K-Ar-Alterswerte sowie der gemessenen Umkehrungsmuster der beiden Bohrungen ergibt sich eine gute Korrelation für die Kernstrecken der Brg. 1 ab 55 m Tiefe und der Brg. 2/2 A im Tiefenbereich 295 — 305 m u. Gel., wenn die Originaldaten der Tab. 12 (links) zugrunde gelegt werden; denn in dem zum gemessenen K-Ar-Alter passenden Intervall 12 der Tabelle herrschte eine normale Feldrichtung. Bei Benutzung der korrigierten Intervalle ist diese Korrelation schlechter. Andererseits könnte auch die ganze Kernstrecke der Brg. 2/2 A ab 295 m Tiefe in das Intervall 12 gehören, wobei die Polarität im Bereich 305 — 350 m u. Gel. lediglich nicht eindeutig bestimmbar ist. Die korrigierten Werte der Tab. 12 würden in diesem Falle besser passen.

Es sollen daher die unteren Teile beider Bohrungen als sich zeitlich entsprechend angesehen werden.

Eine weitere Möglichkeit, beide Bohrungen zu korrelieren, ergab sich über die magnetische Suszeptibilität, die ein Maß für den Gehalt an magnetischen Bestandteilen im Gestein ist und damit eventuell ein Hinweis auf die Zusammensetzung sein kann: In der Brg. 2 steigt die Suszeptibilität ab der Teufe 295 m und bei Brg. 1 ab 145 m Teufe auf etwa das Achtfache. In Abb. 81 sind beide Bohrungen mit der Suszeptibilität korreliert. Der Niveauunterschied des Suszeptibilitätssprunges von 260 m entspricht einem Gefälle von etwa 7 % von der Brg. „Flösser-Schneise“ zur Brg. „Hasselborn“ hin.

Die Vorstellung, daß die Teile der Bohrungen mit hoher Suszeptibilität aus einer anderen Magmakammer und zu anderer Zeit entstanden sind als diejenigen schwächerer Suszeptibilität, müßte auch erkennbar sein in den chemischen Analysen (Abschn. 4.3). Eine deutliche Korrelation ist bei den chemischen Analysen nicht erkennbar, wenn sich auch z.B. bei Benutzung der Analysen der basischen und trachytischen Gesteine für den betreffenden Bohrungsabschnitt das FeO/Fe₂O₃-Verhältnis für

$$\text{Brg. 1} \quad \frac{\text{oberer}}{\text{unterer}} \text{ Teil} = \frac{0,73}{1,54} = 0,47 \quad \text{und für}$$

$$\text{Brg. 2} \quad \frac{\text{oberer}}{\text{unterer}} \text{ Teil} = \frac{1,52}{1,77} = 0,86$$

ergibt. Ein detaillierter Vergleich der Analysen ist nicht möglich, da von der Brg. 1 nur fünf Analysen vorliegen und dabei vom oberen Teil keine Analyse von basischem Gestein. Es ist also lediglich für die oberen Bohrungsteile ein geringeres Verhältnis $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ festzuhalten als in den unteren. Die radiometrischen Alterswerte (Kap. 10) widersprechen diesem Korrelationskonzept nicht.

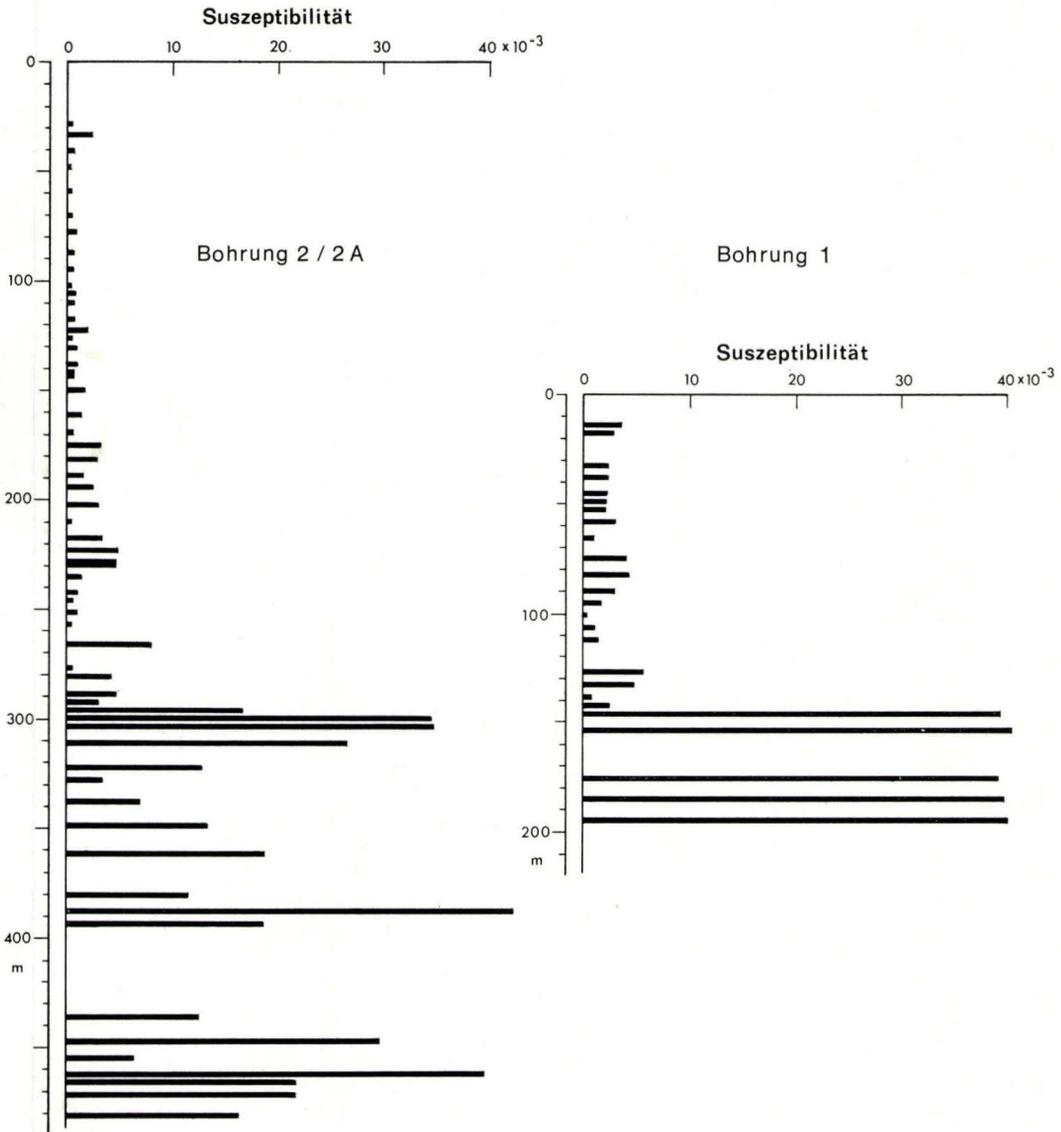


Abb. 81. Korrelation beider Bohrungen mit Hilfe der magnetischen Suszeptibilität.

Die Korrelation beider Bohrungen mit Hilfe der magnetischen Suszeptibilität bleibt als die wahrscheinlichste bestehen, da sie sowohl den K-Ar-Datierungen als auch den mineralogischen Ergebnissen nicht widerspricht. In Abb. 76 ist diese Korrelation in das paläomagnetische Umkehrungsmuster eingetragen. Falls diese Korrelation zutrifft, wäre aus Abb. 76 abzuleiten, daß unter der Annahme der Lavaförderung aus dem höher gelegenen Gebiet nahe der Flösser-Schneise in diesem Gebiet ursprünglich mindestens der Teil der Lavafolge 0 — 290 m der Brg. 2 zusätzlich vorhanden gewesen ist. So können die Trachyte beider Bohrungen zu gleicher Zeit entstanden sein.

8. Dichtebestimmungen an den Bohrkernen

(S. PLAUMANN)

8.1. Einleitung

Für die Interpretation geophysikalischer Messungen ist die Kenntnis der jeweils relevanten gesteinsphysikalischen Parameter von großer Bedeutung. Eine dieser Größen ist die Gesteinsdichte, die üblicherweise in $g \cdot cm^{-3}$ angegeben wird. Die Dichte kommt in verschiedenen „zusammengesetzten“ Parametern, z. B. der Elastizitätstheorie und der Theorie der Wärmeleitung vor. Für sich ist sie die entscheidende Materialkonstante in der Gravimetrie.

In der Regel ist man darauf angewiesen, Proben von Oberflächenaufschlüssen wie Steinbrüchen zu beschaffen. Bohrungen bieten die wertvolle Ergänzung „in die Tiefe“. Deren Kerne sind es, die einen Einblick in die Variabilität gesteinsphysikalischer Parameter auf engstem Raum über Schichtenpakete größeren Ausmaßes gestatten. Unter diesen Aspekten sollten Bohrkernuntersuchungen durchgeführt werden, wo immer es möglich ist. Die im Hohen Vogelsberg niedergebrachten Forschungsbohrungen 1 und 2/2A haben zusammengenommen annähernd 770 m Kerne von Basalten, Trachyten und deren Tuffen erbracht; sie erlauben einen guten Einblick in die Dichteverhältnisse einer sehr wechselvollen Abfolge vulkanischer Produkte.

8.2. Zur Definition der Dichte

Die Gesteinsdichte kann auf verschiedene Weise definiert werden. Viele der in der Natur vorkommenden Gesteine haben Poren- oder Klufträume. Unter Gesteinsdichte kann dann z. B. die Dichte des mineralischen Gerüsts verstanden werden, der Gesteinsmatrix. Etwas anderes ist es, wenn die Hohlräume mit berücksichtigt werden sollen. Für die Gravimetrie und auch andere Fachbereiche der Geophysik ist ein Dichtewert von Bedeutung, wie ihn das Gestein in seinem natürlichen Vorkommen hat, d. h. im sog. „bergfeuchten“ Zustand. Sofern dieser verloren gegangen ist, muß er für die Dichtebestimmung wieder hergestellt werden. Das geschieht, indem die Proben für eine gewisse Zeit in Wasser gelagert werden, in der Regel wenigstens 24 Stunden.

Die in dieser Arbeit angegebenen Dichtewerte gelten für den wassergesättigten Zustand. Der Dichtemittelwert, der hieraus — aus einer Reihe von Einzelbestimmungen — für einen größeren Gesteinskomplex abgeleitet werden kann, wird oft Blockdichte genannt.

8.3. Methode und Genauigkeit

Bei den Brg. 1 und 2/2A wurden Dichtebestimmungen an insgesamt 324 Kernstücken durchgeführt, im Durchschnitt also 1 Probe auf etwa 2,4 m. Tatsächlich ist der Abstand der Proben etwas geringer, da verschiedentlich längere Partien in den Tuffen nicht beprobt werden konnten wegen ihres schlechten Erhaltungszustandes: die Proben waren nach mehrjähriger Lagerung völlig ausgetrocknet und zerfielen oftmals bei der Wasser-

aufnahme. Desgleichen wurden keine Proben aus den quartären Deckschichten untersucht.

Die Dichtebestimmung erfolgte in der Weise, daß die Proben im Zustand der Wassersättigung in Luft und Wasser gewogen wurden. In bekannter Weise ergibt sich die Dichte D aus

$$D = G_L / (G_L - G_W)$$

mit G_L = Gewicht in Luft und G_W = Gewicht in Wasser.

Der Fehler der einzelnen Dichtebestimmungen war im wesentlichen von der Größe der Proben her bestimmt, die untersucht werden konnten, in geringerem Maße von der Dichte selbst. In den oberen Bereichen der Bohrungen hatten die Bohrkern 100 mm ϕ , weiter unten 83, 62 und zuletzt 35 mm ϕ . Zur Verfügung standen überwiegend „halbe Kerne“, indem die Kerne meist der Länge nach aufgeschnitten worden waren. Die Volumina der Proben aus den oberen Bohrmeteren waren somit am größten und erreichten Werte bis zu 450 cm³. Die kleinsten Proben hatten demgegenüber nur etwa 30 cm³. Bei einer Wägegenauigkeit von 0,1 g lagen die Fehler danach in dem Bereich zwischen 0,001 g · cm⁻³ bei den größten und 0,017 g · cm⁻³ bei den kleinsten Proben. Bei Probengrößen über 50 cm³ liegt der Fehler generell unter 0,01 g · cm⁻³. Das war bei 86 % aller Proben der Fall.

Die angegebenen Werte sind absolute Größtfehler und gelten für die Dichte 3,0 g · cm⁻³ (etwa obere Grenze der Basalt-Dichtewerte). Bei der Dichte 1,5 g · cm⁻³ (etwa untere Grenze der Tuff-Dichtewerte) sind jeweils etwa $\frac{2}{3}$ der o. g. Werte zu nehmen.

8.4. Ergebnisse

In den Abb. 82 — 84 sind die Ergebnisse der Dichtebestimmungen in einer graphischen Darstellung aller Einzelwerte wiedergegeben. Damit wird am ehesten ein vollständiger Eindruck von der Schwankungsbreite der Dichtewerte vermittelt, die ganz erheblich ist, sowohl insgesamt als auch innerhalb bestimmter Einheiten.

Die Vielfalt der Gesteinstypen wurde vereinfacht zu den drei Gruppen der Trachyte, Basalte und Tuffe zusammengefaßt, die im folgenden je für sich besprochen werden.

8.4.1. Trachyte

In der Brg. 1 sind etwa 36 m eines porphyrischen Trachyts, in den Brg. 2 und 2 A etwa 37 bzw. 24 m eines aphyrischen Trachyts erbohrt worden. Die Dichtevariationen im porphyrischen Trachyt sind relativ klein, im aphyrischen Trachyt dagegen nehmen sie einen Bereich von etwa 0,5 g · cm⁻³ ein! Da die Bohrstrecken der Brg. 2 und der von dieser abgelenkten Brg. 2 A sehr nahe beieinander liegen, werden sie für eine Mittelwertberechnung der Trachyt-Dichte zusammengefaßt. Es ergaben sich folgende Mittelwerte:

Trachyt, porphyrisch: 2,13 g · cm⁻³ (16 Proben, Einzelwerte 2,06 — 2,23)

Trachyt, aphyrisch: 2,15 g · cm⁻³ (23 Proben, Einzelwerte 1,95 — 2,47)

Bei dem weiten Schwankungsbereich ist der geringe Unterschied zwischen den Mittelwerten nicht signifikant; porphyrischer und aphyrischer Trachyt können der Dichte nach nicht unterschieden werden. Bedeutendstes Resultat ist jedoch die außerordentlich geringe (mittlere) Dichte des Trachyts.

In der Literatur werden für Trachyt Werte zwischen 2,4 und 2,8 g · cm⁻³ angegeben mit Mittelwerten von etwa 2,6 g · cm⁻³. Vermutlich ist damit die Dichte der Gesteinsmatrix

gemeint, obwohl das nicht ausdrücklich angegeben ist. Die die Trachyte im wesentlichen aufbauenden Alkalifeldspäte (vorwiegend Sanidin) haben Dichtewerte von 2,53 — 2,62 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (PHILIPSBORN 1953).

Die untersuchten Trachyte sind z. T. deutlich porig, wobei die Poren in bestimmten Laminae angereichert sein können. Diese wechselnde Porosität setzt die Dichte zwangsläufig mehr oder weniger stark herab. Geht man von der Dichte 2,60 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ für die Gesteinsmatrix aus, so folgt, wenn man als Dichte des wassergesättigten Trachyts 2,13 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ansetzt, eine Porosität von 29,4 %. Für 3 Proben aus Brg. 1 ist die Größe der Wasseraufnahme und daraus näherungsweise die Porosität bestimmt worden; die Werte liegen mit 15 — 17 % erheblich unter dem Erwartungswert 29,4 %. Diese Diskrepanz ist vorerst nicht aufklärbar, da genaue und zahlenmäßig ausreichende Porositätsbestimmungen nicht durchgeführt wurden.

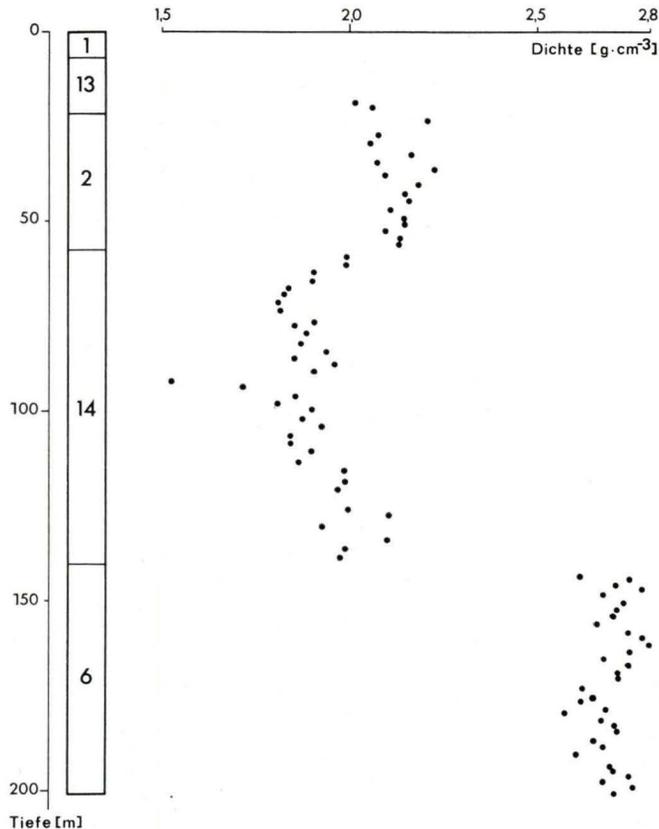


Abb. 82. Ergebnisse der Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung 1. Lithologie (Säule neben der Tiefenskala): 1: Quartäre Deckschichten; 2: Trachyt, porphyrisch; 3: Trachyt, aphyrisch; 4: Leuko-Latit; 5: Mugearit; 6: Hawaiiit; 7: Analcim-Hawaiiit; 8: K-Hawaiiit; 9: Alkali-Olivinbasalt; 10: Alkali-Olivinbasalt, analcimführend; 11: Basanit; 11 a: Alkali-Basanit; 12: Ankaramit; 13: Trachytische Tuffe; 14: Alkali-basaltische Tuffe.

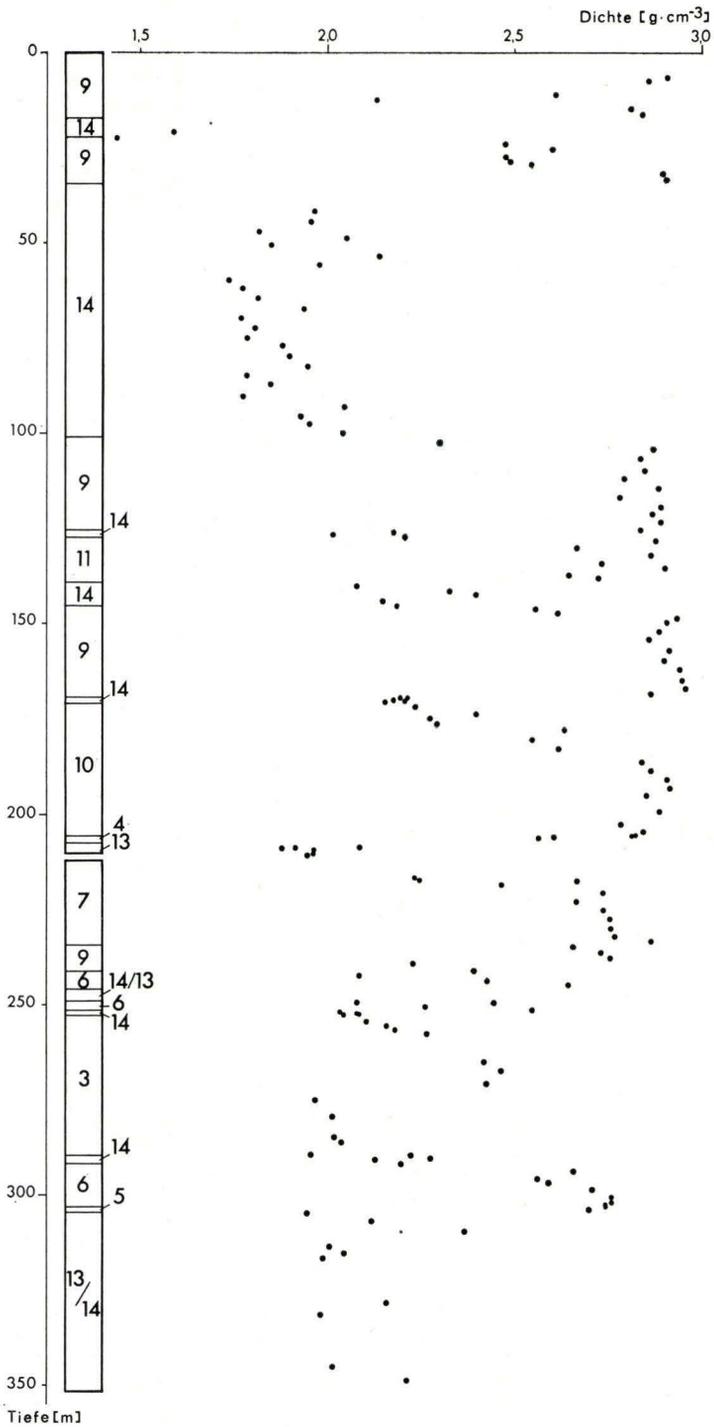


Abb. 83. Ergebnisse der Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung 2.
Angaben zur Lithologie: Siehe Legende zu Abb. 82.

8.4.2. Basalte

Zehn verschiedene Basalttypen sind in den Bohrprofilen ausgewiesen. Auffällig ist bei allen eine Variabilität der Dichtewerte in einem sehr weiten Bereich; die festgestellten bzw. angetroffenen Dichtewerte liegen insgesamt zwischen $2,08$ und $3,05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Die geringen Dichtewerte, unterhalb etwa $2,6$, stammen, soweit sich das vom Aussehen der Probe her beurteilen läßt, überwiegend von Proben, bei denen mehr oder weniger große Blasen Hohlräume zu erkennen waren. Die im Innern der Probe befindlichen Blasen werden, da sie völlig abgeschlossen sind, von Wasser nicht eingenommen und setzen so — gaserfüllt — die Dichte stark herab. Aus der Irregularität des Vorkommens der Blasen Hohlräume — teils die ganze Probe erfassend, dabei mit sehr unterschiedlichen Bla-

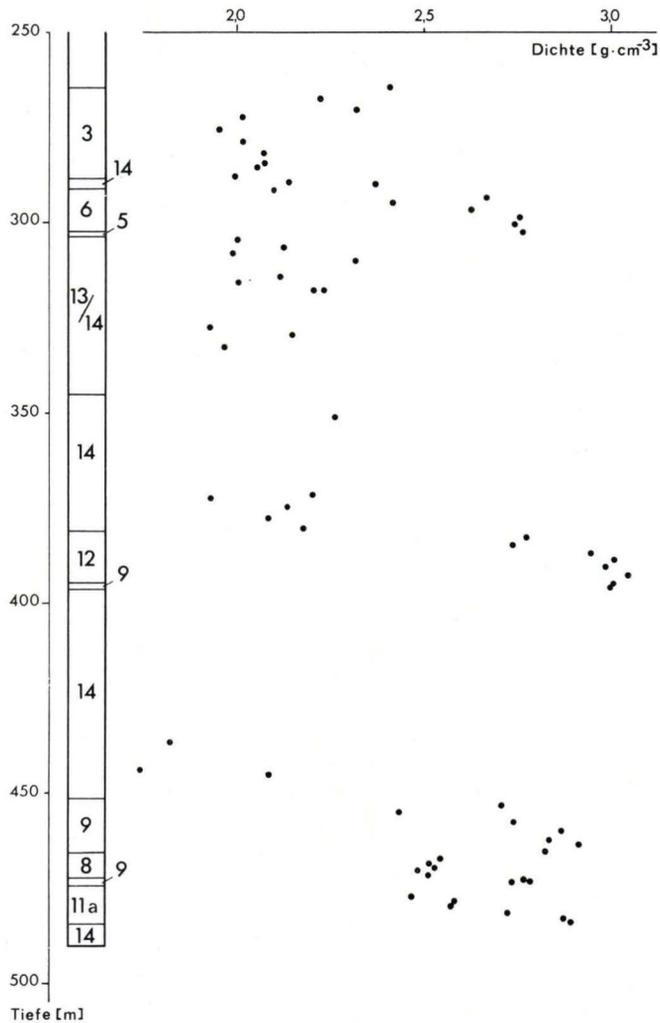


Abb. 84. Ergebnisse der Dichtebestimmungen an Kernen der Forschungsbohrung 2 A. Angaben zur Lithologie: Siehe Legende zu Abb. 82.

sengrößen, teils nur schlierig oder vereinzelt auftretend — erklärt sich die unterschiedlich starke Auswirkung auf die Dichte.

Es ist eine oft zu verzeichnende Erscheinung, daß Proben aus dem oberen Bereich einer Lage bestimmten Gesteins geringere Dichtewerte aufweisen als Proben aus den tieferen Partien derselben Lage. Ein Beispiel hierfür ist der in Brg. 2 im Bereich 171 — 205,66 m u. Gel. angetroffene analcimführende Alkali-Olivinbasalt. Der oberste Bereich von 171 — 177 m ist im Schichtenverzeichnis als schlackig ausgewiesen mit reichlich „Bolus“ (Minerale der Montmorillonit-Gruppe), was für die relativ geringen Dichtewerte ($2,24 - 2,40 \cdot \text{cm}^{-3}$) verantwortlich sein dürfte. Weitere Beispiele sind in Brg. 2 der Hawaiiit im Teufenbereich 292 — 303 m u. Gel. (die Meterzahlen sind hier wie im folgenden auf- bzw. abgerundet) und entsprechend in Brg. 2A im Bereich 291 — 302 m, ferner in Brg. 2A der Ankaramit bei 381 — 395 m, der Alkali-Olivinbasalt bei 451 — 466 m und der Analcim-Basanit bei 474 — 484 m Teufe. Sicherlich bewirkt die jeweils stärkere Blaugigkeit der oberen Partien (Dachzonen der Lavaströme) die dort anzutreffende geringere Dichte, wobei Unterschiede in der Mineralzusammensetzung jedoch hinzukommen können.

Ausschließlich abhängig von wechselnder Mineralzusammensetzung ist die Dichte im Grenzbereich Alkali-Olivinbasalt zu Leuko-Latit bei 205,66 m u. Gel. in Brg. 2. Die hier in kurzen Abständen entnommenen Proben zeigen eine systematische Veränderung der Dichte:

| | | |
|-----------------------------|-----------------|---|
| | Teufe 204,35 m: | Dichte $2,844 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ |
| Analcim-Alkali-Olivinbasalt | Teufe 205,15 m: | Dichte 2,823 |
| | Teufe 205,35 m: | Dichte 2,813 |
| | Grenze bei | 205,66 m |
| Leuko-Latit | Teufe 205,90 m: | Dichte 2,607 |
| | Teufe 206,10 m: | Dichte 2,563 |

Wegen des meist großen Variationsbereiches der Dichte erscheint es schwer, für einzelne Basalttypen repräsentative Dichtewerte anzugeben. Nur in wenigen Fällen halten sich die Dichte-Variationen in einem größeren Teufenintervall an einen bestimmten Dichte-Bereich und lassen keine oder nur eine geringe systematische Abhängigkeit von der Teufe erkennen. Am ausgeprägtesten zeigt das der Hawaiiit in Brg. 1. Mit diesem bei weitem besten Fall als Muster sind für die in der Tab. 13 angeführten Basalte Dichtemittelwerte ermittelt worden. Die Teufenangaben beziehen sich dabei auf den beprobten Bereich und sind auf volle Meter gerundet.

Tab. 13. Dichtemittelwerte einiger Basalte

| Basalttyp | Brg. | Teufe | Anzahl d. Pr. | Dichte- werte | Mittel- wert |
|---|------|---------|------------------|------------------|-----------------|
| Hawaiiit | 1 | 144-201 | 34 | 2,58-2,80 | 2,70 |
| Analcim-Hawaiiit | 2 | 221-233 | 7 | 2,67-2,87 | 2,76 |
| Alkali- Olivinbasalt | 2 | 104-125 | 10 | 2,78-2,89 | 2,85 |
| Alkali-Olivin- basalt, analcim- führend | 2 | 149-168 | 10 | 2,86-2,96 | 2,91 |
| Alkali-Olivin- basalt, analcim- führend | 2 | 186-205 | 10 | 2,78-2,92 | 2,85 |
| Basanit | 2 | 128-138 | 7 | 2,64-2,90 | 2,77 |

Bereits der Vergleich zwischen den Angaben für Hawaiiit und Analcim-Hawaiiit zeigt jedoch, daß repräsentative Werte vielleicht nicht immer gewonnen worden sind, wobei es allerdings auch die Frage ist, wie ein repräsentatives Gestein vom Mineralbestand her definiert wäre. Die Dichtevariationen übertreffen den Fehler der einzelnen Dichtebestimmung bei weitem, um das Zehn- und Zwanzigfache und mehr. Die Dichteunterschiede sind also keine Streuung der Dichtebestimmung, sondern liegen im Gestein selbst begründet.

8.4.3. Tuffe

Einen weiten Dichtebereich überstreichen auch die im Vogelsberg erbohrten Tuffe; als Extremwerte ergaben sich $1,44$ und $2,40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Es läßt sich kein signifikanter Dichteunterschied zwischen den beiden Typen Trachyttuff und Basalttuff erkennen.

In den Tufflagen gab es mehrfach Partien, die nicht beprobt werden konnten. Die Veränderung durch Austrocknung war dort seit dem Gewinnen der Kerne so weit fortgeschritten, daß eine Wasseraufnahme zum Zerfall der Proben führte. In den Brg. 2 und 2A stellen die Proben in den Teufenbereichen unterhalb 305 bzw. zwischen 306 und 380 m sicherlich eine einseitige Auswahl (nämlich aus den am besten erhaltenen Proben) dar.

Lückenlos beproben ließen sich in den Brg. 1 und 2 die Teufenbereiche 59 — 139 bzw. 42 — 100 m, beide Male in basaltischen Tuffen. Die jeweiligen Dichtemittelwerte sind

in Bohrung 1 (36 Proben): $1,90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,

in Bohrung 2 (24 Proben): $1,89 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Das ist eine gute Übereinstimmung, obwohl die Einzelwerte (wenn man von einer weit herausfallenden Probe absieht) in einem Intervall von etwa $0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ variieren. $1,90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ darf als Blockdichte dieser Lagen basaltischer Tuffe angesehen werden.

9. Die terrestrische Wärmestromdichte im Gebiet des Vogelsberges

(K. GRUBBE)

9.1. Einleitung

Temperatur und Wärmestromdichte sind wesentliche Parameter für die physikalische Beschreibung von vulkanischen, plutonischen und tektonischen Vorgängen in der Erdkruste. Der durch Wärmeleitung aus dem Erdinneren bedingte Betrag der terrestrischen Wärmestromdichte q ergibt sich als das Produkt aus der Wärmeleitfähigkeit λ und dem Betrag des Gradienten der Temperatur grad T:

$$q = \lambda \cdot \text{grad T}$$

Es müssen also beide Faktoren in der gleichen Tiefe gemessen werden, um einen Wert für q zu gewinnen. Da noch keine allgemein verwendbare Methode zur Messung der Wärmeleitfähigkeit in einem Bohrloch verfügbar ist, ist man auf die Laboruntersuchungen von Bohrkernen angewiesen.

Nicht nur die terrestrische Wärmestromdichte bestimmt die Temperaturen in einer Bohrung, sondern es treten weitere Einflüsse hinzu, die nur ungenau zu erfassen sind. Bis in ca. 15 m Tiefe führt die jahreszeitliche Veränderung der Oberflächentemperatur zu Schwankungen von mehr als $0,1^\circ\text{C}$ (KAPPELMEYER & HAENEL 1974). Außerdem erzeugt vertikal strömendes Wasser im Nebengestein oder im Bohrloch starke Störungen des Temperaturfeldes (KAPPELMEYER & HAENEL 1974, KAPPELMEYER 1979). Durch den Bohrvorgang selbst, insbesondere durch die Zirkulation der Spülung wird das Temperaturfeld

lokal so stark verändert, daß erst nach einer Zeitspanne, die der Dauer der Bohrarbeiten entspricht, frühestens jedoch nach 4 Wochen (eigene Erfahrungswerte) ungestörte Verhältnisse zu erwarten sind.

Für die sichere Bestimmung der terrestrischen Wärmestromdichte in Bohrungen müssen also folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Verfügbarkeit von Kernen aus den wichtigsten petrographischen Einheiten,
- Mindesttiefe 30 m,
- Standzeit gleich Bohrzeit, aber mindestens 4 Wochen, und
- keine (offensichtlichen) vertikalen Grundwasserströmungen.

9.2. Temperaturmessungen in Bohrungen im Vogelsberg

Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung erhielt die Möglichkeit, in den Brg. 1 und 2/2 A Temperaturmessungen durchzuführen. In der Brg. 1 erfolgte die Messung einen Tag nach Abschluß der Bohrarbeiten, am 28. 3. 1973. Aufgrund der starken Störung durch den Bohrvorgang sind die Temperaturwerte nicht repräsentativ für das Temperaturfeld im Untergrund und sollen hier nicht weiter diskutiert werden.

In der Brg. 2/2 A wurden die Temperaturen in der Zeit vom 19. 7. 73 — 30. 8. 73, also in einer Zeitspanne von 6 Wochen nach Bohrende insgesamt 6 mal gemessen. In der Abb. 85 sind die Temperaturprofile vom 19. 7. 73 und vom 30. 8. 73 aufgetragen. Deutlich ist die Änderung der Temperaturen zu erkennen, besonders in dem Bereich von 300 — 400 m, in dem starke Spülverluste auftraten. Auffallend sind außerdem der geringe Temperaturanstieg bis in 215 m Tiefe und der Temperatursprung von 4°C an dieser Stelle. Diese Temperaturverteilung ist darauf zurückzuführen, daß Wasser aus einem oberflächennahen Grundwasserstock durch das Bohrloch in klüftige, wasserungesättigte Basalte in 215 m Tiefe abfloß, wie am Bohrlochmund deutlich zu hören war. Die Auskühlung durch dieses Wasser setzt sich bis in ca. 360 m Tiefe fort, so daß erst der Bereich darunter für eine Auswertung geeignet ist.

Da die Temperaturmessungen in beiden Forschungsbohrungen unsicher sind, soll diese Darstellung durch die Wiedergabe von Meßergebnissen in anderen Bohrungen ergänzt werden, um eine bessere Aussage über die Wärmestromdichte im Vogelsberg zu ermöglichen. In folgenden Wasser- und Untersuchungsbohrungen wurden Messungen ausgeführt:

| | TK 25 | R | H | Datum |
|--------------------|----------------|--------|--------|------------|
| Hirzenhain B 85 | 5620 Ortenberg | 350936 | 558381 | 5. 6. 68 |
| Böß-Gesäß | 5621 Wenings | 351909 | 558247 | 22. 5. 70 |
| Laubach B 4 | 5419 Laubach | 349933 | 560251 | 25. 7. 72 |
| Laubach-Wetterfeld | 5419 Laubach | 349693 | 560055 | 25. 7. 72 |
| Grünberg B 2 | 5419 Laubach | 349718 | 560466 | 22. 11. 73 |

Bei allen Bohrungen war ein ausreichender Zeitraum nach Abschluß der Bohrarbeiten verstrichen. In der Brg. Hirzenhain B 85 (Abb. 86) ist das Temperaturprofil bis in 90 m Tiefe durch fließendes Wasser gestört. Der Knick des Temperaturprofils bei 170 m ist mit dem Wechsel von vulkanischem Material zu Sandstein, also einer Änderung der Wärmeleitfähigkeit (s. u.) verknüpft. Auch das Profil in der Brg. Böß-Gesäß (Abb. 87) ist bis auf die obersten und untersten Meter allein durch petrographische Wechsel bestimmt. Die Brg. Grünberg (Abb. 88) zeigt einen gleichmäßigen, fast linearen Verlauf der Temperatur, während in den nahegelegenen Brg. Laubach B 4 und Laubach-Wetterfeld (Abb. 88) die ab 100 m Tiefe zu beobachtende, sehr geringe Temperaturzunahme auf abfließendes Wasser aus diesem Niveau hinweist.

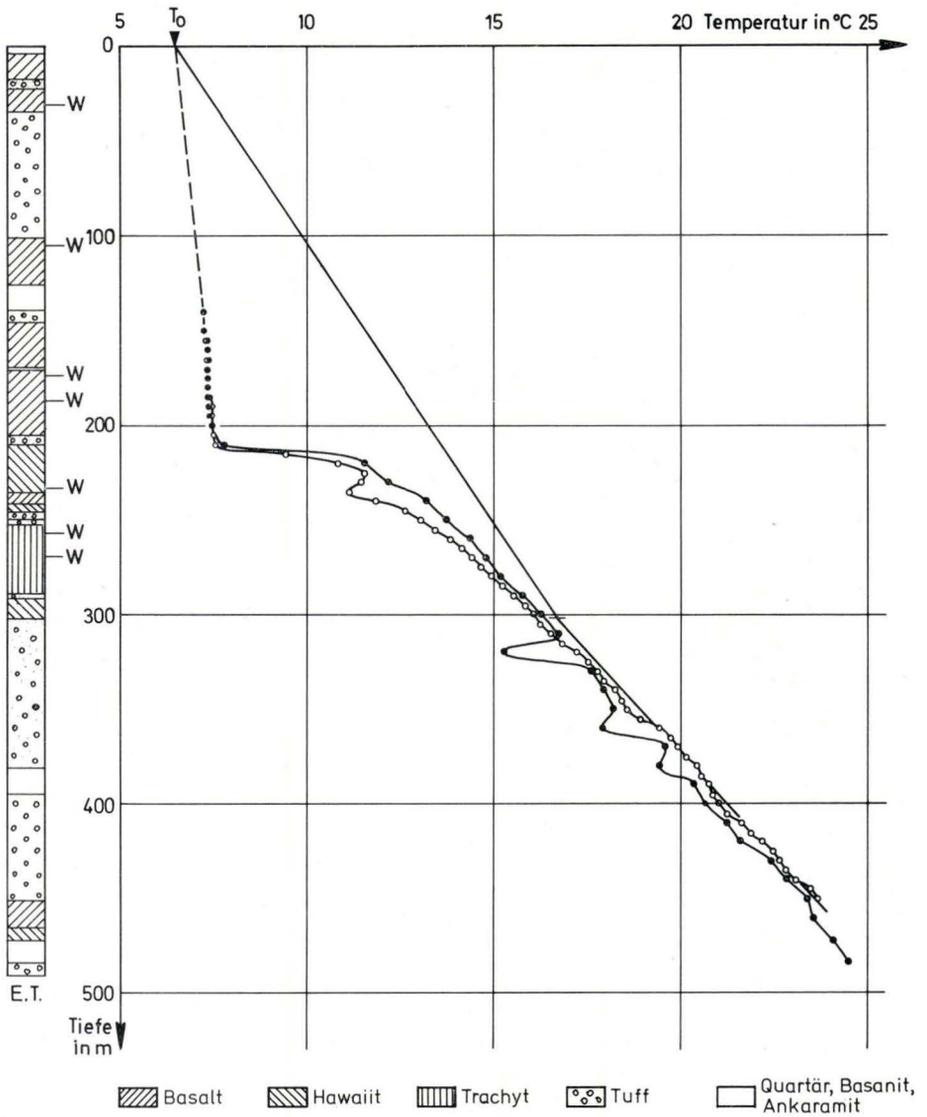


Abb. 85. Temperaturprofile und Petrographie in der Brg. 2/2 A.

W: Wärmeleitfähigkeitsmessung, T_0 : mittlere Bodentemperatur, —●—●—●—: Temperaturen am 19. 7. 1973, —○—○—○—: Temperaturen am 30. 8. 1973, —: Ausgleichsgeraden für die Auswertung.

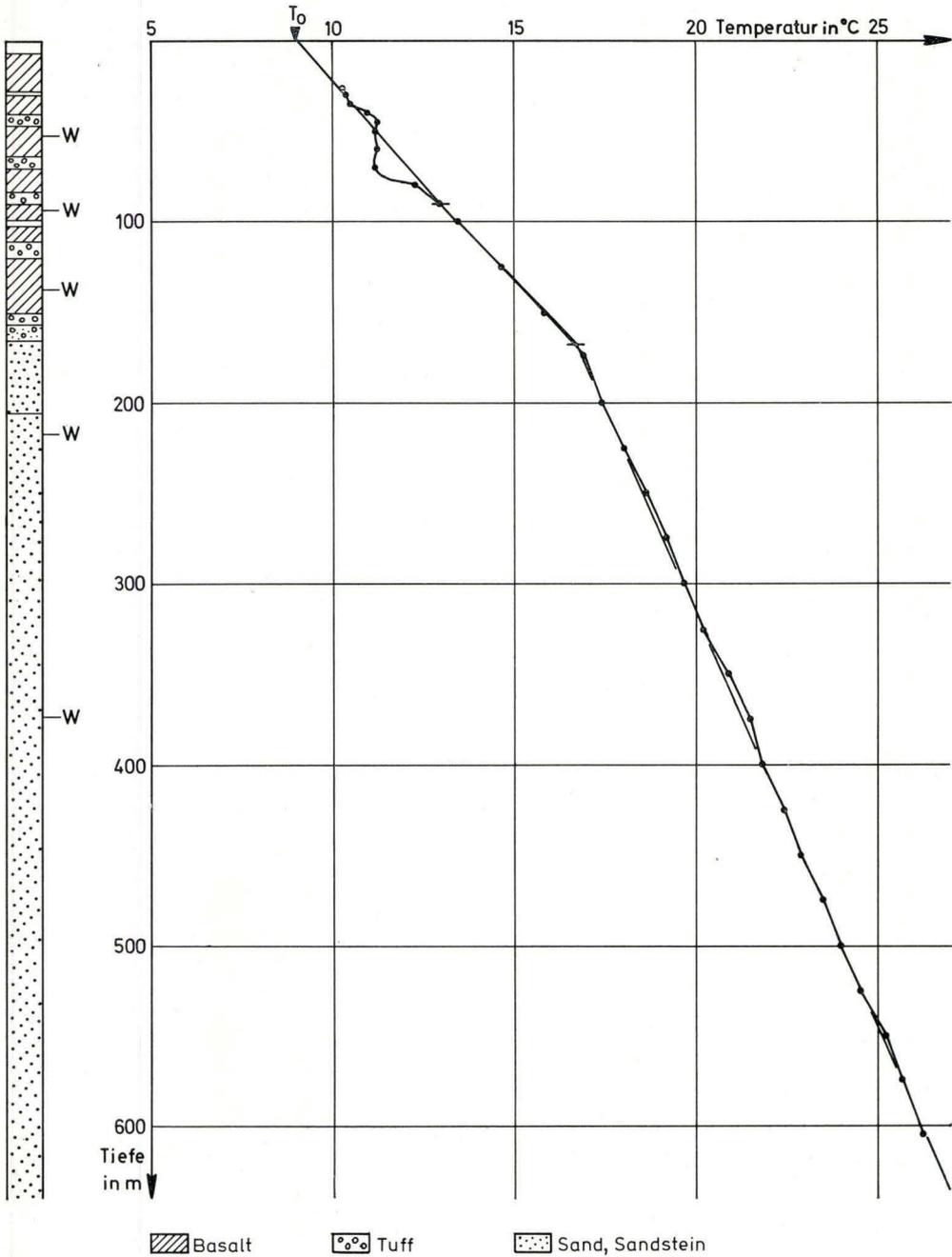


Abb. 86. Temperaturprofil und Petrographie in der Brg. Hirzenhain B 85.

W: Wärmeleitfähigkeitsmessung, T_0 : mittlere Bodentemperatur, —••••—: Temperaturen am 5. 6. 1968, ————: Ausgleichsgeraden für die Auswertung.

Für alle Temperaturmessungen wurde eine elektrische Bohrlochsonde mit einem Thermistor benutzt. Ihr Meßfehler von $\pm 0,05^\circ\text{C}$ ist gegenüber den realen Temperaturvariationen zu vernachlässigen.

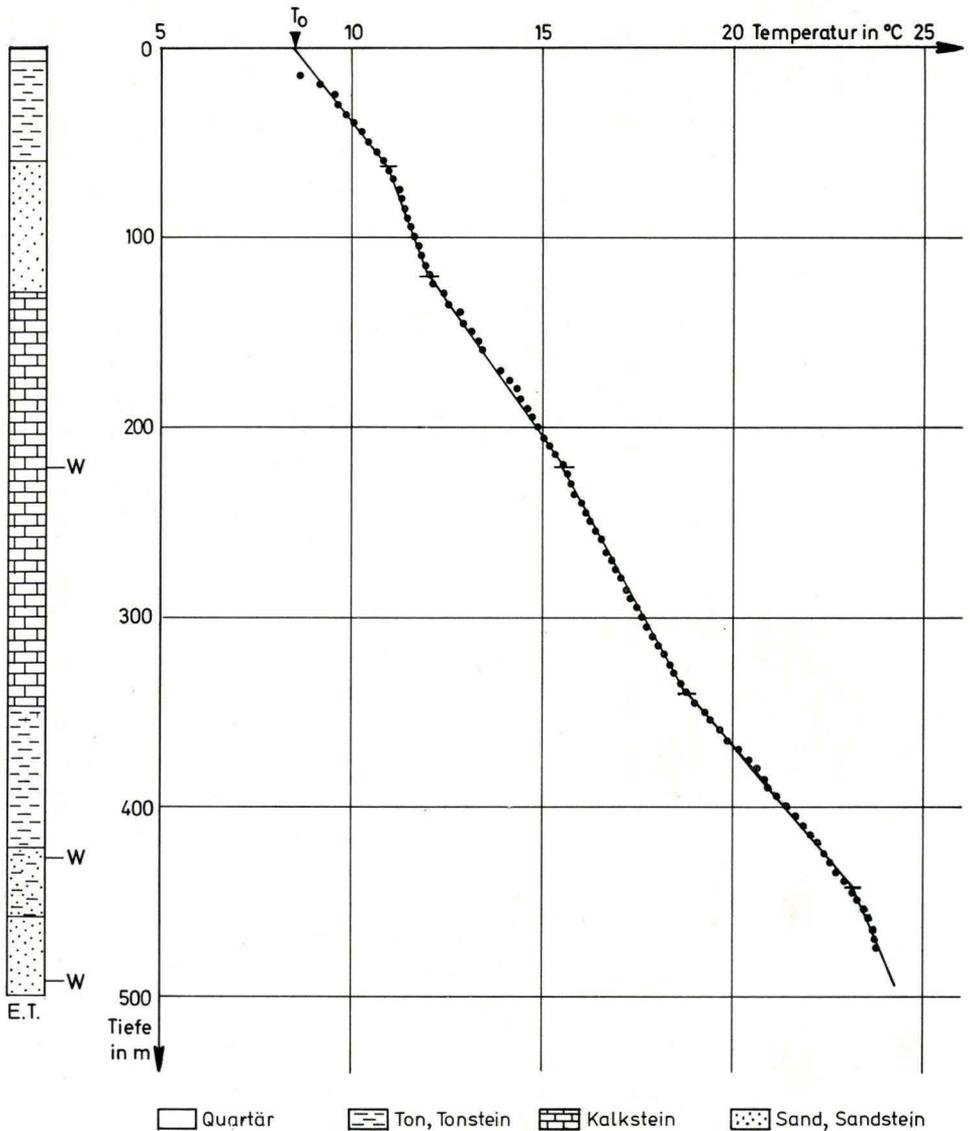


Abb. 87. Temperaturprofil und Petrographie in der Brg. Böß-Gesäß. Wärmeleitfähigkeitsmessung, T_0 : mittlere Bodentemperatur, ••••: Temperaturen am 22. 5. 1970, — — — —: Ausgleichsgeraden für die Auswertung.

9.3. Wärmeleitfähigkeitsmessungen

Für alle Bohrungen, außer Brg. 1 und Laubach-Wetterfeld, wurden Wärmeleitfähigkeitsmessungen an Kernen durchgeführt. Dazu wurde das absolute Einplattenverfahren (CREUTZBURG 1964) verwendet. Die Genauigkeit beträgt bei diesem Verfahren $\pm 10\%$. Die Ergebnisse wurden in Berichten des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung dargestellt und sind in Tab. 14 zusammengefaßt. In den Abb. 85 — 88 sind die Entnahmestellen der Kerne mit „W“ an den petrographischen Profilen gekennzeichnet.

9.4. Berechnung der Wärmestromdichte

Die Wärmestromdichte errechnet sich aus Temperaturgradient und Wärmeleitfähigkeit des gleichen Tiefenbereiches. Zunächst wurden daher für die linearen Abschnitte der Temperaturprofile die Gradienten durch Ausgleichsrechnung bestimmt, um kleinräumige Schwankungen zu eliminieren.

Die Ausgleichsgeraden sind in den Abb. 85 — 88 eingezeichnet. Für den obersten Abschnitt jeder Bohrung kann die mittlere Bodentemperatur T_0 als zusätzlicher Bezugs-

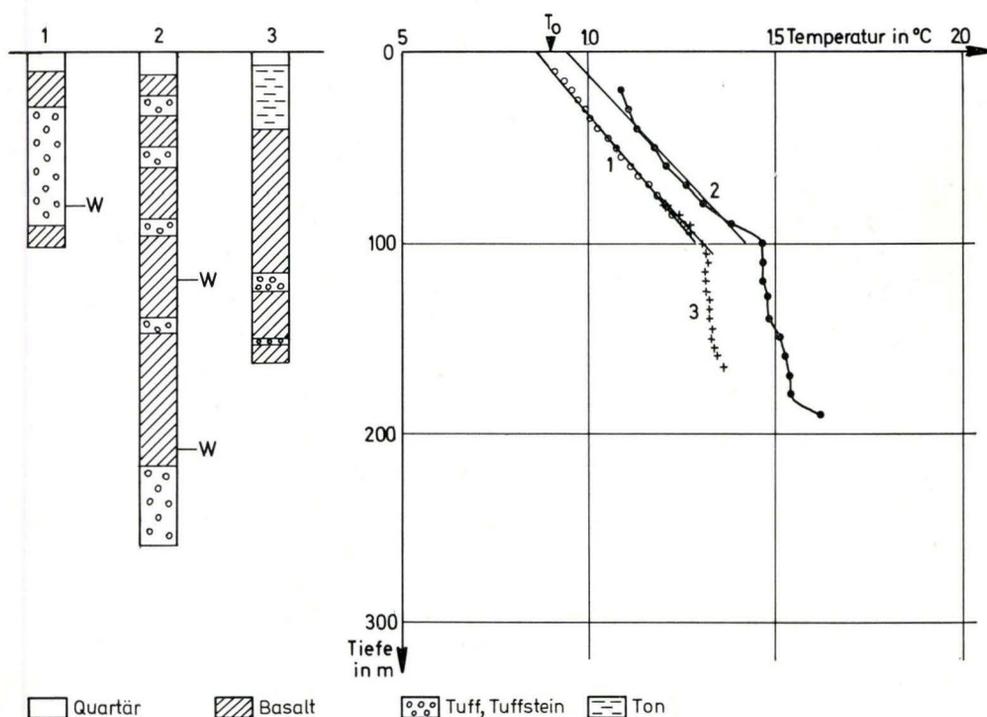


Abb. 88. Temperaturprofile und Petrographie in den Brg. Grünberg B 2 (1), Laubach B 4 (2) und Laubach-Wetterfeld (3).

Zeiten der Messungen: 1. — 22. 11. 1973, 2. — 25. 7. 1972, 3. — 25. 7. 1972.

W: Wärmeleitfähigkeitsmessung, T_0 : mittlere Bodentemperatur, —: Ausgleichsgeraden für die Auswertung.

punkt benutzt werden. Die mittlere Bodentemperatur liegt um ca. 1°C über der mittleren Lufttemperatur, die den Klimaatlant zu entnehmen ist, und zwar mit einer Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$ (KAPPELMEYER & HAENEL 1974). Die mittleren Gradienten wurden bezüglich der Topographie mit der Methode von BULLARD (KAPPELMEYER & HAENEL 1974) korrigiert. Die korrigierten Werte sind in Tab. 15 aufgeführt.

Falls der Gradientenabschnitt in einer petrographischen Einheit liegt, aus der Wärmeleitfähigkeitsmessungen mit wenig streuenden Werten vorhanden sind, wird der Mittelwert dieser Messungen benutzt. Besteht der Abschnitt jedoch aus mehreren Schichten unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit, so muß die Gesamtleitfähigkeit λ_s gemäß einer von KAPPELMEYER & HAENEL (1974) angegebenen Formel errechnet werden.

$$\frac{100}{\lambda_s} = \frac{p_1}{\lambda_1} + \frac{p_2}{\lambda_2} + \frac{p_3}{\lambda_3} + \dots$$

Dabei sind p_1, p_2, p_3, \dots die prozentualen Anteile der einzelnen Komponenten, die dem Schichtenverzeichnis zu entnehmen sind, und $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$ die Wärmeleitfähigkeiten dieser Komponenten. Die so ermittelten Werte sind in Tab. 15 durch einen Stern gekennzeichnet.

Tab. 14. Wärmeleitfähigkeiten aus Bohrungen im Vogelsberg

| Bohrung | Tiefe in m | Petrographie | Wlf.* | Literatur |
|----------------------|---------------|--------------------------------|-------|-------------|
| Hasselborn (2/2A) | 31,7 | Alkali-Olivinbasalt | 2,03 | HAENEL 1974 |
| | 105,2 | " | 1,80 | |
| | 173,2 | " | 1,26? | |
| | 187,0 | " | 1,96 | |
| | 233,2 | Hawaïit | 1,87 | |
| | 257,8 | Trachyt | 0,99? | |
| Hirzenhain (B 85) | 269,3 | " | 1,43 | HAENEL 1969 |
| | 52 | Alkali-Olivinbasalt | 1,73 | |
| | 93 | Olivinbasalt | 1,61 | |
| | 137 | Alkali-Olivinbasalt | 1,70 | |
| | 217 | Sandstein (Hardeggen-F.) | 3,42 | |
| BöB-Gesäß | 373 | Sandstein (Volprieh.-F.) | 3,42 | HAENEL 1972 |
| | 221 | Kalkstein (Mittl. Muschelkalk) | 2,75 | |
| | 427 | Sandstein (Röt) | 3,07 | |
| Laubach (B 4) | 492 | Sandstein (Hardeggen-F.) | 2,79 | HAENEL 1974 |
| | 119,5 | Basalt | 2,51 | |
| Grünberg (B 2) | 208,0 | " | 1,71 | HAENEL 1974 |
| | 80,5 | Tuffstein | 1,27 | |

* Wlf. = Wärmeleitfähigkeit in $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, Fehler: $\pm 10\%$

Aus der Brg. 2/2 A liegen keine Wärmeleitfähigkeitsmessungen für die Tuffanteile vor. Hier wurde der Wert für Tuffstein aus der Brg. Grünberg B2 gewählt. Für die Brg. Grünberg B2 und Laubach-Wetterfeld mußten wiederum für die Basaltanteile die Messungen aus der Brg. Laubach B4 benutzt werden.

Die resultierenden Wärmestromdichten (Tab. 15) liegen zwischen $61 \pm 7 \text{ mW m}^{-2}$ (Grünberg) und $93 \pm 21 \text{ mW m}^{-2}$ (Laubach-Wetterfeld). Der Mittelwert aller Messungen beträgt $70 \pm 13 \text{ mW m}^{-2}$. BECK (1977) hat gezeigt, daß bis in Tiefen von 100 m der Wärmestrom in starkem Maße von der Auskühlung durch die Würmeiszeit beeinflusst ist. Daher sollen diese Werte aus Tiefen unter 100 m bei einer Mittelung für die terrestrische Wärmestromdichte ausgeschlossen werden. Es ergibt sich aus der Brg. Hasselborn (2/2 A), Hirzenhain B85 und Böß-Gesäß der Wert von $67 \pm 10 \text{ mW m}^{-2}$.

Dieser Wert liegt geringfügig, nämlich um ca. 3 mW m^{-2} , unter den Mittelwerten für den Vogelsberg, die den Wärmestromdichtekarten für Deutschland (BRAM 1979) und Mitteleuropa (HAENEL 1980) zu entnehmen sind. Der neue Wert bestätigt, daß im Vogelsberg keine Anomalie im regionalen Verlauf der Wärmestromdichte vorliegt.

Mit Hilfe der von MUNDY (1968) angegebenen Formeln läßt sich errechnen, daß eine zylinderförmige Intrusion von 1 km ϕ nach 300 000 Jahren auf 1 % der ursprünglichen Temperaturdifferenz gegen das Nebengestein abgekühlt ist. Nach 15 Mio. Jahren weist selbst eine Intrusion dieser Dimensionen nur noch 0,02 % der ursprünglichen Tempera-

Tab. 15. Ergebnisse der Wärmestromdichtemessungen im Vogelsberg

| Bohrung | Tiefenber. in m | Temperaturgradient in 10^{-3} K m^{-1} | | | Wlf. * errechnet | Wärmestrom- dichte in mW m^{-2} |
|------------------------|--------------------|---|------|-------------|-----------------------------|--|
| | | gem. | kor. | Fehler | | |
| Hasselborn (2/2A) | 0 - 302 | 33,8 | 33,8 | $\pm 10 \%$ | 1,56* | 53 ± 11 |
| | 302 - 450 | 46,3 | 46,2 | $\pm 2 \%$ | 1,27 (Grünberg) | 59 ± 8 |
| Hirzenhain (B 85) | 0 - 90 | 43,1 | 39,7 | $\pm 28 \%$ | 1,55* | (62 ± 25) |
| | 90 - 150 | 49,4 | 47,6 | $\pm 2 \%$ | 1,57* | 75 ± 9 |
| | 175 - 605 | 21,8 | 21,2 | $\pm 1 \%$ | 3,42 | 73 ± 8 |
| Böß-Gesäß | 0 - 60 | 41,7 | 40,7 | $\pm 7 \%$ | - | - |
| | 75 - 125 | 18,0 | 17,2 | $\pm 2 \%$ | - | - |
| | 130 - 220 | 35,0 | 34,2 | $\pm 2 \%$ | - | - |
| | 225 - 340 | 27,2 | 26,4 | $\pm 1 \%$ | 2,75 | 73 ± 8 |
| | 345 - 430 | 42,4 | 41,9 | $\pm 1 \%$ | - | - |
| | 460 - 465 | 24,0 | 23,5 | $\pm 10 \%$ | 2,93 (Mittel) | 69 ± 14 |
| Laubach (B 4) | 20 - 100 | 47,1 | 45,0 | $\pm 8 \%$ | 1,84* | (83 ± 15) |
| Laubach- Wetterfeld | 80 - 100 | 46,0 | 44,0 | $\pm 13 \%$ | 2,11 (Mittel) | (93 ± 21) |
| Grünberg (B 85) | 10 - 95 | 42,0 | 39,2 | $\pm 1 \%$ | 1,55* | (61 ± 7) |
| Mittelwerte | | | | | Gesamt ohne Werte in () | 70 ± 13 67 ± 10 |

gem. = gemessen, kor. = korrigiert, Wlf. = Wärmeleitfähigkeit in $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, Fehler: $\pm 10 \%$

turdifferenz auf. Die Erwärmung durch den miozänen Vulkanismus muß folglich heute abgeklungen sein. Die Meßwerte bestätigen die Ergebnisse der theoretischen Berechnungen.

9.5. Zusammenfassung

In den Brg. 1 und 2/2A wurden 1973 Temperaturmessungen durch das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung ausgeführt. Da bei beiden Bohrungen die Voraussetzungen für sichere Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsmessungen nicht gegeben waren, wurden fünf weitere Bohrungen im Vogelsberggebiet für die Ermittlung der regionalen Wärmestromdichte mit herangezogen. Unter Berücksichtigung der petrographischen Gegebenheiten ergab sich ein Mittelwert von $67 \pm 10 \text{ mW m}^{-2}$ für den Vogelsberg. Damit ist erwiesen, daß im Vogelsberg keine geothermische Anomalie vorliegt und die Erwärmung durch den Vulkanismus vollständig abgeklungen ist.

Tab. 16. Datierete Proben der Bohrungen 1 und 2/2A mit Angabe der Gesteinsmerkmale, die evtl. die K-Ar-Datierung beeinflussen

| Brg. | Proben-Nr. | Entnahmetiefe m u. Gal. | Gesteinstyp Gefüge | Hohlräume u. Hohlraumfüllungen (wie Blasen, Poren, Risse, Mandeln, Drusen, Gängchen) | Mineralumwandlungen/Einschlüsse |
|------|------------|----------------------------|---|--|---|
| 1 | 12199 | 55,35-55,75 | Trachyt, porphyrisch | bis auf ganz vereinzelte Einschlüsse von Blims <u>frei</u> davon | Feldspäte z.T. ganz schwach kaolinisiert |
| 1 | 12317 | 147,70-148,05 | Hawaiiit, porphyrisch | <u>intensiv</u> durchzogen von unregelmäßigen Rissen, die mit Chloriten, z.T. auch teleskopartig im Kern mit Zeolithen gefüllt sind; einzelne gleichartig gefüllte Poren | Olivine weitgehend in Serpentin umgebildet |
| 2 | 12054 | 118,45-118,75 | Alkali-Olivinbasalt, porphyrisch | ganz vereinzelte zeolith- und karbonatgefüllte, flache (- 2,5 cm) Blasen | Olivin-Einsprenglinge randlich, Grundmasse-Olivine auch vollständig serpentinisiert u./o. iddingsitisiert. Mikrokristalline Mesostasis z.T. serpentinisiert |
| 2 | 12068 | 158,15-158,55 | Alkali-Olivinbasalt, porphyrisch | ganz vereinzelte zeolithgefüllte Poren | Olivin-Einsprenglinge randlich, Grundmasse-Olivine vollständig iddingsitisiert; etwas chloritisierte Mesostasis |
| 2 | 12081 | 186,25-186,55 | Alkali-Olivinbasalt, anacimführend, porphyrisch | ganz vereinzelte zeolithgefüllte Poren | Olivin-Einsprenglinge randlich iddingsitisiert |
| 2 | 12082 | 192,15-192,65 | Alkali-Olivinbasalt, anacimführend, porphyrisch | ohne | wie 12081 |
| 2A | 12143 | 267,75-268,20 | Trachyt, aphyrisch | einzelne <u>+</u> gefüllte Poren | Feldspäte und Mesostasis ganz vereinzelt schwach fleckig kaolinisiert und karbonatisiert |
| 2A | 12145 | 269,85-270,30 | Trachyt, aphyrisch | wie 12143 | wie 12143 |
| 2 | 12117 | 303,60-303,75 | Mugearit, porphyrisch | ohne | Hornblende meist randlich opacitisiert; einzelne Quarzkorn-Einschlüsse |
| 2A | 12161 | 387,10-387,50 | Ankaramit, grob-porphyrisch | ohne | Olivin-Einsprenglinge meist maschenförmig, Grundmasse-Olivine meist vollständig serpentinisiert; vereinzelt Karbonatflecken in der Mesostasis |

10. K-Ar-Datierungen an den Vulkaniten

(K.-H. EHRENBERG, W. HARRE & H. KREUZER)

10.1. Einführung

Um die Basalt/Trachytabfolge der Forschungsbohrungen in zeitliche Beziehung zu den rein basaltischen Folgen etwa der Brg. 31, Rainrod I (KREUZER et al. 1974)¹¹ zu setzen, wurden aus den Forschungsbohrungen drei Trachytproben sowie sechs Basaltproben aus dem Hangenden und Liegenden der Trachytlaven zur K-Ar-Datierung ausgewählt. Da in Abschn. 4.1. sowohl die makroskopischen als auch die mikroskopischen Merkmale und in Abschn. 4.3. auch der zugehörige Hauptelementchemismus der durchteuften Vulkanite eingehend erläutert sind, werden bei den in der Tab. 16 zusammengestellten Proben nur Hinweise zu sekundären Umwandlungen und zu dem Auftreten von Poren, Blasen und Rissen sowie deren Füllungen aufgeführt, da diese für die Deutung der K-Ar-Modellalter bedeutend sind.

Tab. 17. K-Ar-Analysen

Konstanten nach STEIGER & JÄGER (1977). Allgemeine analytische Kurzzeit-Präzision wird durch die Proben 12143 und 12145 aus derselben Trachytlage demonstriert. In Klammern die Differenz zwischen den einzelnen Werten einer Doppelbestimmung, bzw. 2 σ -Fehler bei Dreifach-Analysen. In der ersten Zeile einer Probe Fraktion 630 - 400 μ , in der zweiten 400 - 250 μ . Altersfehler errechnet aus den 95 %-Vertrauensintervallen der analytischen Werte, d.h. ohne Abschätzung materialbedingter Verfälschungen. In der Diskussion als geologisch irrelevant erklärte Daten sind eingeklammert

| Proben-Nr. | Gestein | Tiefe (m) | Atmosphär. Argon (10 ⁻⁹ Ncm ³ /g) | Radiogenes Argon (10 ⁻⁹ Ncm ³ /g) | Kalium (Gew.-%) | K-Ar-Datum (Ma) | Mittel der K-Ar-Daten (Ma) |
|---|--|--------------------|---|---|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Bohrung 1 | | | | | | | |
| 12199 | Trachyt, porphyrisch | 55,35 - 55,75 | 100 (44) 83,7 (2,0) | 3156 (30) 3241 (80) | 4,675 (30) 4,805 | 17,29 \pm 0,35 17,28 \pm 0,53 | 17,3 \pm 0,3 |
| 12317 | Hawaiiit, porphyrisch | 147,70 - 148,05 | 328 (7) 348 | 642 (9) 625 | 1,073 (6) 1,062 | 15,32 \pm 0,31 15,08 \pm 0,40 | (15,2 \pm 0,25) |
| Bohrung 2/2A | | | | | | | |
| 12054 | Alkali-Olivinbasalt, porphyrisch | 118,45 - 118,75 | 388 (19) 430 (25) | 638 (6) 588 (7) | 0,951 (13) 0,849 | 17,18 \pm 0,32 17,72 \pm 0,31 | 17,7 (?) |
| 12068 | Alkali-Olivinbasalt, porphyrisch | 158,15 - 158,55 | 446 578 | 378 357 | 0,544 (12) 0,521 | 17,78 \pm 0,62 17,55 \pm 0,62 | 17,65 \pm 0,45 |
| 12081 | Alkali-Olivinbasalt, an- alcimführend, porphyr. | 186,25 - 186,55 | 97 (14) 114 (10) | 776 (8) 735 (17) | 1,206 (5) 1,174 | 16,48 \pm 0,30 16,03 \pm 0,49 | (16,25 \pm 0,45) |
| 12082 | Alkali-Olivinbasalt, an- alcimführend, porphyr. | 192,15 - 192,65 | 831 408 | 646 630 | 0,957 (6) 0,941 | 17,29 \pm 0,37 17,14 \pm 0,42 | (17,2 \pm 0,3) |
| 12143 | Trachyt, aphyrisch | 267,75 - 268,20 | 252 237 | 2537 2580 | 3,71 (1) 3,765 | 17,51 \pm 0,33 17,55 \pm 0,39 | 17,5 \pm 0,2 |
| 12145 | Trachyt, aphyrisch | 269,85 - 270,30 | 246 256 | 2529 2558 | 3,70 (4) 3,745 | 17,50 \pm 0,33 17,49 \pm 0,40 | |
| 12117 | Mugearit, porphyrisch | 303,60 - 303,75 | 131 (21) 148 (13) | 1652 (13) 1619 (2) | 2,395 (1) 2,375 | 17,66 \pm 0,32 17,46 \pm 0,40 | 17,55 \pm 0,25 |
| 12161 | Ankaramit, grobporphyrisch | 387,1 - 387,5 | 640 650 | 310 297 (12) | 0,430 (3) 0,405 | 18,45 \pm 0,7 18,85 \pm 0,9 | |
| Magnetischer Anteil der vorstehenden Gesamtgesteins-Fractionen, der weitgehend frei ist von Pyroxen- und Olivin-Einsprenglingen: | | | | | | | |
| | | | 346 (60) | 401 (2) | 0,567 | 18,11 \pm 0,39 | 18,15 \pm 0,3 |
| | | | 398 (30) | 443 (1) | 0,623 | 18,20 \pm 0,43 | |

¹¹ Durch die neue Konvention über die Zerfallskonstanten und Isotopenzusammensetzungen (STEIGER & JÄGER 1977) sind frühere K-Ar-Daten, die mit den Konstanten der „Phanerozoic Time-scala 1964“ (HARLAND et al. 1964) gerechnet waren, um 2,5 % zu erhöhen.

10.2. Analysenverfahren und mögliche Verfälschungen der Datierungen

Je zwei Siebfraktionen des geschroteten Gesamtgesteins wurden nach den üblichen Methoden (z. B. SEIDEL et al. 1977) analysiert. Alle durchteuften Gesteine zeigen mehr oder weniger starke sekundäre Veränderungen (Zeolithe, Serpentin, Karbonate, Montmorillonitminerale) und unterschiedliches Auftreten an Poren, Blasen, Mandeln, Drusen, Trümchen und Rissen.

Sowohl sekundäre Mineral-Um- und -Neubildungen — vor allem Zeolithisierungen (HARRE et al. 1975) — als auch gefüllte Poren und Risse (ERNST 1977) werden für Argonverluste und damit für Erniedrigungen der Modellalter verantwortlich gemacht.

Als Beispiel für Argonverluste im Zusammenhang mit stärkerer Zeolithführung seien von Bl. 5319 Londorf zwei K-Ar-Daten aus einem Olivinbasalt-Lavastrom des Steinbruchs DIEHL an der Straße Londorf—Geilshausen angeführt (HARRE et al. 1975). Die stark zeolithführende Probe ergab ein um $2,35 \pm 0,4$ Ma niedrigeres Scheinalter als die weitgehend zeolithfreie Varietät.

10.3. Diskussion der Ergebnisse

Nach den petrographischen Befunden stammen alle datierten Gesteine der Forschungsbohrungen sehr wahrscheinlich aus effusiven Laven. Danach sollte man gleiche oder mit der Teufe zunehmende Daten erwarten. In beiden Bohrungen ergeben sich Widersprüche (Tab. 17 u. Abb. 89).

Widersprüchlich sind die beiden Daten der Brg. 1. Die unterste Lava (Pr. 12317, ca. 148 m u. Gel.; aus einer mächtigen Hawaiiitlava) erbrachte mit $15,2 + 0,25$ Ma ein um 2 Ma jüngerer K-Ar-Modellalter als die fast 100 m höher gelegene porphyrische Trachytlava mit $17,3 \pm 0,3$ Ma (Pr. 12199, ca. 55 m u. Gel.) — ein Datum, das fast gleich ist mit dem der petrographisch leicht abweichenden aphyrischen Trachytlava der Brg. 2/2 A (Pr. 12143 u. 12145).

Die Effusivnatur der liegenden Hawaiiitlava kann u. a. nach der deutlich entwickelten Dachsclacke als auch deren Überlagerung durch mächtige, subaerisch gebildete Tuffe als sehr wahrscheinlich gelten. Da diese Lava aber einen auffälligen knolligen Zerfall infolge starker Durchsetzung mit gefüllten (Chlorite, Zeolithe; z. T. teleskopartig ineinander) Rissen aufweist, ist das niedrige Scheinalter wohl auf Argonverluste zurückzuführen.

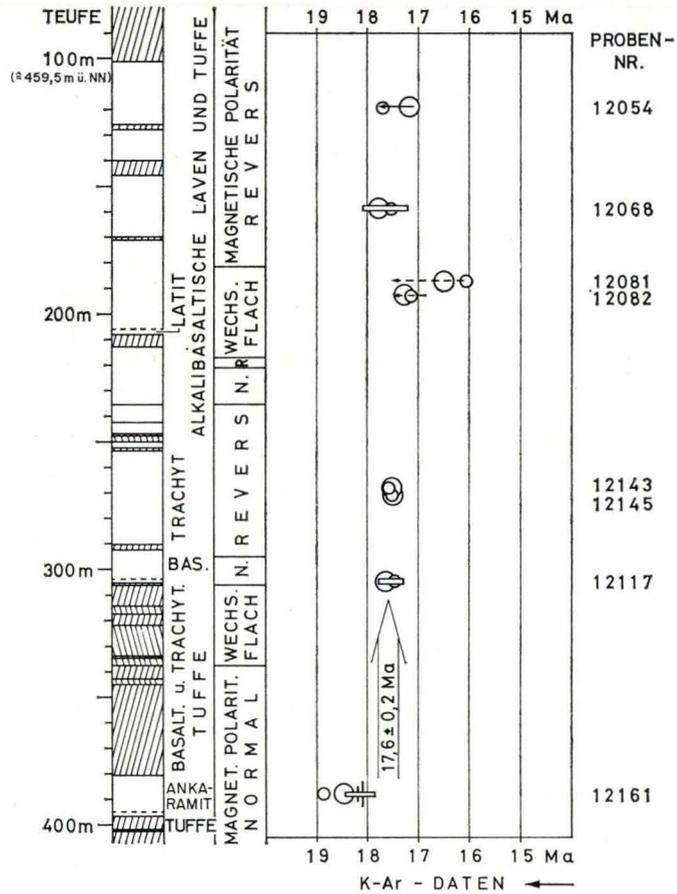
In der Brg. 2/2 A ergeben die beiden analysierten Siebfraktionen der obersten Basaltprobe (12054) leicht diskordante Daten. Aus der Vorstellung heraus, daß die Daten für

Abb. 89. Schematisierte Teilprofile mit Magnetisierung und K-Ar-Daten für die Brg. 2/2 A (Hasselborn) und die Brg. 31 (Rainrod I).

Brg. 31 nach KREUZER et al. (1974), ergänzt durch Analysen am magnetischen Anteil einiger Gesteinsschrot-Fractionen. In der magnetischen Fraktion ist die Grundmasse an- und sind die Pyroxen- und Olivineinsprenglinge abgereichert. Notwendige Voraussetzung für die Annahme eines ungestörten Systems ist die Übereinstimmung der Modellalter aller Teilfraktionen eines Gesteins. Alle K-Ar-Alter wurden mit den Konstanten der Konvention von Sydney (STEIGER & JÄGER 1977) berechnet. Magnetisierung in der Brg. 2/2 A entsprechend Kap. 7.

Nach den paläomagnetischen Ergebnissen parallelisieren wir den obersten Teil des Teilprofils der Brg. 2/2 A mit dem untersten des Teilprofils der Brg. 31.

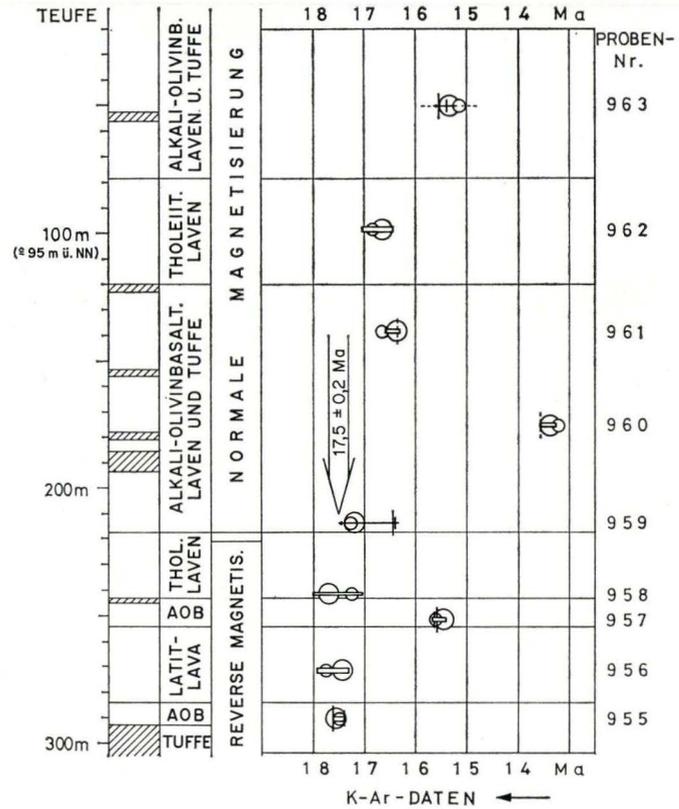
Brg. 2/2A (HASSELBORN)



Alkalibasalt. Tuffe
 Trachyt. Tuffe

Lage der Modell-Alter von grober und feiner Fraktion des Gesteins-Schrotes,
 desgleichen für die magnetischen Teil-Fractionen.

Brg. 31 (RAINROD I)



Analytische Unsicherheit des Mittelwertes
 Richtung der vermuteten Korrektur bei diskrepan- ten Einzelergebnissen einer Gesteinsprobe

Abb. 89. (Text siehe Seite 160)

die durchwegs nicht völlig unveränderten Gesteine in der Regel als Mindestalter zu deuten sind, halten wir das höhere Datum als Förderalter für wahrscheinlicher.

Schließlich stehen die Daten der Alkali-Olivinbasalt-Proben 12081 und 12082 im Widerspruch, sowohl zueinander als auch zur Gesamtfolge der Daten der Brg. 2/2 A. Nach Petrographie und Magnetik gehören beide Proben der gleichen Lage an, wenngleich in den Mg- und K-Konzentrationen merkliche Unterschiede bestehen. Ob das deutlich jüngere Alter der Pr. 12081 mit $16,25 \pm 0,45$ Ma gegenüber der Pr. 12082 mit $17,2 \pm 0,3$ Ma auf die etwas reichlicher zu beobachtenden zeolithgefüllten Poren und Risse zurückgeführt werden kann, ist nicht sicher zu belegen. Aber auch das höhere Modellalter der Pr. 12082 scheint nach dem Profilaufbau noch etwas verjüngt zu sein.

Zur weiteren Betrachtung verbleiben sechs Datierungen aus der Brg. 2/2 A. Vier von diesen stimmen innerhalb der analytischen Unsicherheiten überein. Sie lassen erkennen, daß vor etwa $17,6 \pm 0,2$ Ma in einem nicht auflösbar kurzen Intervall alkali-olivinbasaltische und trachytische Tuffe und Laven im Wechsel gefördert wurden, nur wenig früher, evtl. sogar zur gleichen Zeit, als z. B. außerhalb des Hohen Vogelsberges im Niddatal [Brg. 31, Rainrod I (KREUZER et al. 1974; ERNST 1977; ERNST et al. 1970)] im Wechsel alkali-olivinbasaltische und tholeiitische Förderstätigkeit herrschte (Abb. 89 u. Taf. 3). Auch der Trachyt der Brg. 1 wurde mit $17,3 \pm 0,3$ Ma innerhalb der analytischen Unsicherheiten zur gleichen Zeit gebildet.

Etwas höhere (ältere) Modellalter haben wir an den Fraktionen der tiefsten Probe (12161), einem extrem porphyrischen Ankaramit, mit einem hohen Gehalt an Einsprenglingen von Klinopyroxen (ca. 35 Vol.-%) und Olivin (ca. 15 Vol.-%) bestimmt. In Anlehnung an Erfahrungen bei den K-Ar-Datierungen von Bl. 5721 Gelnhausen (EHRENBERG et al. 1977) halten wir Überschußargon in den Pyroxen- und Olivineinsprenglingen für möglich. Wir geben den Daten der von Einsprenglingen weitgehend freien magnetischen Teilfraktionen den Vorzug.

11. Schriftenverzeichnis

- Aeromagnetische Karte der Bundesrepublik Deutschland, 1 : 500 000; Hannover 1976.
- BECK, A. E. (1977): Climatically perturbed temperature gradients and their effect on regional and continental heat-flow means. — *Tectonophysics*, **41**: 17—39; Amsterdam, Oxford, New York.
- BLANCKENHORN, M. (1930): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Amöneburg — Homberg a. d. Ohm. — Lfg. **299**, 83 S.; Berlin.
- BRAM, K. (1979): Heat flow measurements in the Federal Republic of Germany. — In: ČERMAK, V., & RYBACH, L. (ed.): *Terrestrial heat flow in Europe*: 191—196; Berlin, Heidelberg, New York.
- BRINKMANN, R. (1968): Gefüge und Vulkanotektonik im Vogelsberg (Niederrhessen). — *Geol. Rdsch.*, **57**: 148—165; Stuttgart.
- COOMBS, D. S., & WILKINSON, J. F. G. (1969): Lineages and Fractionation Trends in Undersaturated Volcanic Rocks from the East Otago Volcanic Province (New Zealand) and Related Rocks. — *J. Petrol.*, **10**: 440—501; Oxford.
- CREUTZBURG, H. (1964): Untersuchungen über den Wärmestrom der Erde in Westdeutschland. — *Kali u. Steinsalz*, **4**: 73—108; Essen.
- DUDA, A., & SCHMINCKE, H.-U. (1978): Quaternary Basanites, Melilite Nephelinites and Tephrites from the Laacher See Area (Germany). — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **132**, 1: 1—33; Stuttgart.

- EHRENBERG, K.-H. (1971): Vulkanische Gesteine. — Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5623 Schlüchtern: 85—128, 10 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- (1977): Vulkanische Gesteine. — Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5721 Gelnhausen: 70—110, 10 Abb., 6 Tab.; Wiesbaden.
- HARRE, W., & KREUZER, H. (1977): Datierungen nach der K/Ar-Methode. — Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5721 Gelnhausen: 107—110, 1 Tab.; Wiesbaden.
- & HICKETHIER, H. (1971): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5623 Schlüchtern, 2. Aufl., 298 S., 46 Abb., 16 Tab., 1 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- (1978): Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5620 Ortenberg, 351 S., 44 Abb., 13 Tab., 2 Taf., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- REUL, K., & WIEGAND, K. (in Vorbereitung): Tektonische Strukturen im Vogelsberg. — Geol. Abh. Hessen; Wiesbaden.
- ERNST, T. (1977): Petrographisch ermittelte Altersfolge der Basaltergüsse von Rainrod I (Vogelsberg) im Gegensatz zur radioaktiven Altersbestimmung. — N. Jb. Mineral., Abh., **129**, 1: 75—99, 15 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- KOHLER, H., SCHÜTZ, D., & SCHWAB, R. (1970): The Volcanism of the Vogelsberg (Hessen) in the North of the Rhinegraben Rift System. — Graben Problems, International Upper Mantle Project., Sci. Rep. No. 27: 143—146, 2 Abb.; Stuttgart.
- & MÖRTEL, H. (1969): Die Restausscheidung tholeiitischer Basalte des „Maintrapps“. — N. Jb. Mineral. Mh., 8: 362—379, 11 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- & SCHORER, G. (1969): Die Pyroxene des „Maintrapps“, einer Gruppe tholeiitischer Basalte des Vogelsberges. — N. Jb. Mineral. Mh., 3: 108—130, 7 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- FISHER, R. V., & WATERS, A. C. (1970): Base surge bed forms in maar volcanoes. — Am. J. Sci., **268**: 157—180; New Haven.
- FLATHE, H., & HOMILIUS, J. (1973): Geoelektrik in der Wassererschließung. — Abschn. 4.1 in: H. SCHNEIDER (Hrsg.): Die Wassererschließung: 201—277; Essen (Vulkan).
- HAENEL, R. (1969): Geothermische Messungen in der Bohrung Hirzenhain 85. — Ber. Arch. NLFb, Nr. 6691; Hannover.
- (1972): Bericht über geothermische Messungen in der Bohrung Böß-Gesäß. — Ber. Arch. NLFb, Nr. 7482; Hannover.
- (1974): Bericht über Temperaturmessungen in den Vogelsberg-Bohrungen. — Ber. Arch. NLFb, Nr. 58595; Hannover.
- (1980): Atlas of subsurface temperatures in the European Community. — 36 S., 43 Kt.; Hannover.
- HARLAND, W. B., SMITH, A. G., & WILCOCK, B. (1964): The Phanerozoic time-scala. — Q. J. geol. Soc. Lond., **120 Suppl.**: 260—262.
- HARRE, W., KREUZER, H., MÜLLER, P., PUCHER, R., & SCHRICKE, W. (1975): Datierungen nach der K/Ar-Methode und Paläomagnetik. — Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5319 Londorf: 67—73, 1 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
- HEIKEN, G. H. (1971): Tuff Rings: Examples from the Fort Rock-Christmas Lake Valley, South-Central Oregon. — J. Geophys. Res., **76**: 5615—5626.
- HEITZLER, J. R., DICKSON, G. O., HERRON, E. M., PITMAN, W. C., & LE PICHON, X. (1968): Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals, and motions of the ocean floor and continents. — J. Geophys. Res., **73**: 6: 2119—2136; Washington.
- HENTSCHEL, H. (1971): Das Basaltprofil aus der Bohrung Ludwigsegen 1, bei Merlau im Vogelsberg. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **99**: 269—285, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1976): Geologischer Schnitt durch den Vogelsberggrund. — In: Trinkwasser aus dem Vogelsberg: 23, Abb. 12; Darmstadt (Reg.-Präs.).
- (1977): Beispiel Vogelsberg. — In: Hessisches Landesamt für Bodenforschung im Dienst der Daseinsvorsorge, Faltblatt; Wiesbaden (Hess. Min. Wirtsch. u. Technik).
- HEWERS, W., & STENGLIN, R. (1973): ALGOL Program for the Computation of the RITTMANN Norm. — In: RITTMANN, A.: Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks: 217—223; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).

- HÖLTING, B. (1979): Neue Mineralwasservorkommen in Hessen. — Heilbad u. Kurort, **31** (4): 84—93, 9 Abb.; Gütersloh (Flöttmann).
- HUCKENHOLZ, H. G. (1965): Der petrogenetische Werdegang der Klinopyroxene in tertiären Vulkaniten der Hoheifel. I. Die Klinopyroxene der Alkaliolivinbasalt-Trachyt-Assoziation. — Beitr. Mineral. Petr., **11**: 138—195; Berlin, Heidelberg, New York.
- (1966): Der petrogenetische Werdegang der Klinopyroxene in den tertiären Vulkaniten der Hoheifel. III. Die Klinopyroxene der Pikritbasalte (Ankaramite). — Contr. Mineral. Petrol., **12**: 73—95; Berlin, Heidelberg, New York.
- HUMMEL, K. (1929): Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön). — Fortschr. Geol., Palaeont., **8**, 24: I—VIII + 1—233, 12 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- KAPPELMEYER, O. (1979): Implications of heat flow studies for geothermal energy prospects. — In: ČERMAK, V., & RYBACH, L. (ed.): Terrestrial heat flow in Europe: 126—135; Berlin, Heidelberg, New York.
- & HAENEL, R. (1974): Geothermics with special reference to application. — 238 S., 123 Abb.; Berlin, Stuttgart.
- KLÜPFEL, W. (1955): Die Stadien des Tektonisch-Magmatischen Einheitszyklus im westdeutschen Perm und ihre methodische Auswertung zur Analyse eines Gebirges. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**: 131—152; Wiesbaden.
- KREUZER, H., BESANG, C., HARRE, W., MÜLLER, P., ULRICH, H.-J., & VINKEN, R. (1973): K/Ar-Datierungen an jungtertiären Basalten aus dem Vogelsberg und aus dem Raum zwischen Kassel und Göttingen. — Fortschr. Mineral., **50**, Beih., 3: 10—11; Stuttgart.
- KUNZ, K., MÜLLER, P. & SCHENK, E. (1974): Petrologie und Kalium/Argon-Daten einiger Basalte aus der Bohrung 31, Rainrod I (Vogelsberg). — Geol. Jb., D **9**: 67—84, 6 Abb., 4 Tab., Hannover.
- LE MAITRE, R. W. (1976): Some Problems of the Projection of Chemical Data into Mineralogical Classifications. — Contr. Mineral. Petrol., **56**: 181—189; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- LORENZ, V. (1974): Vesiculated tuffs and associated features. — Sedimentology, **21**: 273—291; Oxford, London, Edinburgh, Melbourne.
- MACDONALD, G. A. (1949): Hawaiian petrographic province. — Bull. Geol. Soc. Am., **60**: 1541—1596; New York.
- & KATSURA, T. (1964): Chemical Composition of Hawaiian Lavas. — J. Petrol., **5**: 82—133, 8 Abb., 10. Tab.; Oxford.
- MOORE, J. G., & PECK, D. L. (1962): Accretionary Lapilli in Volcanic Rocks of the Western Continental United States. — J. Geol., **70**: 182—193; Chicago.
- MUNDRY, E. (1968): Über die Abkühlung magmatischer Körper. — Geol. Jb., **85**: 755—766, 6 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- NÖRING, F. (1974): Tätigkeitsbericht des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung für das Geschäftsjahr 1973 (1. 1. — 31. 12. 1973). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 335—355; Wiesbaden.
- OOSTEROM, M. S. (1963): The ultramafites and layered gabbro sequences. — Leidse Geol. Meded., **28**: 177—296.
- PHILIPSBORN, H. v. (1953): Tafeln zum Bestimmen der Minerale nach äußeren Kennzeichen. — 244 S.; Stuttgart.
- POLDERVAART, A., & HESS, H. H. (1951): Pyroxenes in the crystallization of basaltic magma. — J. Geol., **59**: 472—489; Chicago.
- PUCHER, R. (1977): Methode und Möglichkeiten paläomagnetischer Untersuchungen in der Archäologie. — Nachr. nieders. Urgesch., **46**: 127—145; Hildesheim.
- RITTMANN, A. (1973): Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks. — 262 S., 85 Abb.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- SCHENK, E. (1953): Die hydrogeologischen Verhältnisse in Wetterau und Vogelsberg. — Z. dt. geol. Ges., **104**: 194—195; Hannover.

- (1964): Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **46**, 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf.; Wiesbaden.
- (1965): Das Alter der Lateritdecken und Eisenerzlagerstätten im Vogelsberg. — *Z. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen*, **18**, 7: 352—353, 3 Abb.; Stuttgart.
- (1968): Über den Wasserhaushalt des basaltischen Paläovulkans Vogelsberg in Hessen. — *Steir. Beitr. Hydrogeol.*, **20**: 23—50, 11 Abb.; Graz.
- (1970): Zur Problematik der Deutung paläomagnetischer Meßergebnisse auf Grund von Untersuchungen an Basalten des Paläovulkans Vogelsberg in Hessen. — *Z. Geophys.*, **36**, 3: 359—385; Würzburg.
- 1974): Die Fortsetzung des Rheingrabens durch Hessen. — In: *Approaches to Taphrogenesis*, Inter-Union Commission on Geodynamics, *Sci. Rep.*, **8**: 286—302; Stuttgart.
- SCHMINCKE, H.-U. (1970): Base-surge-Ablagerungen des Laacher-See-Vulkans. — *Aufschluß*, **21**: 359—364; Heidelberg.
- (1977): Phreatomagmatische Phasen in quartären Vulkanen der Osteifel. — *Geol. Jb.*, **A 39**: 3—45, 24 Abb.; Hannover.
- FISHER, R. V., & WATERS, A. C. (1973): Antidune and chute and pool structures in the base surge deposits of the Laacher See area, Germany. — *Sedimentology*, **20**: 553—574; Oxford.
- SCHORER, G. (1970): Die Pyroxene tertiärer Vulkanite des Vogelsberges. — *Chem. d. Erde*, **29**: 70—138, 24 Abb.; Jena.
- SCHOTTLER, W. (1931 a): Der Bau des Vogelsberges, erläutert an einem geologischen Querschnitt durch den Vogelsberg und einer Karte der vulkanischen Durchbrüche des Hohen Vogelsberges im Maßstab 1 : 100 000 (Tafel 2). — *Notizbl. hess. geol. L.-Anst.*, (V) **13**: 16—61; Darmstadt.
- (1931 b): *Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000*, Bl. Ulrichstein und Erl., 107 S.; Darmstadt.
- (1932): Die Bedeutung der Spalten für den Aufbau des vulkanischen Vogelsberges und seine Ausgestaltung als Schollengebirge. — *N. Jb. Mineral., Geol., Paläont.*, **64**: 739—759; Stuttgart.
- (1937): Der Vogelsberg. — *Notizbl. hess. geol. L.-Anst.*, (V) **18**: 3—86, 2 Abb., 2 Taf.; Darmstadt.
- SCHRICKE, W. (1975): *Geol. Kt. Hessen 1 : 25 000*, Bl. 5319 Londorf; m. Erl. — 192 S., 30 Abb., 26 Tab., 1 Beibl.; Wiesbaden.
- SEIDEL, E., SCHLIESTEDT, M., KREUZER, H., & HARRE, W. (1977): Metamorphic rocks of Late Jurassic age as components of the ophiolitic mélange on Gavdos and Crete (Greece). — *Geol. Jb.*, **B 28**: 3—21, 7 Abb., 5 Tab.; Hannover.
- STEGEMANN, W. (1964): Paläontologie und Stratigraphie einiger Sedimentvorkommen im Vogelsberg. — *Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilkde. Gießen, N. F., naturwiss. Abt.*, **33**, 4: 251—279, 18 Abb.; Gießen.
- STEIGER, R., & JÄGER, E. (1977): Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. — *Earth planet. Sci. Lett.*, **36**: 359—362; Amsterdam.
- STRECKEISEN, A. (1967): Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **107**: 144—214, 22 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- (1978): Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks. Recommendations and Suggestions. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **134**, 1: 1—14; Stuttgart.
- THORTON, C. P., & TUTTLE, O. F. (1960): Chemistry of Igneous Rocks. I. Differentiation Index. — *Amer. J. Sci.*, **258**: 664—684; New Haven.
- VIETEN, K. (1972): Über die Heteromorphie-Beziehungen in der Vulkanit-Assoziation des Siebengebirges und ihre petrogenetische Bedeutung. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **117**, 3: 282—323; Stuttgart.
- The minerals of the rock association of the Siebengebirge. I. Clinopyroxenes. 1. Variation of chemical composition of Ca-rich clinopyroxenes (salites) in dependence of the degree of magma differentiation. — *N. Jb. Mineral., Abh.*, **135**, 3: 270—286; Stuttgart.

- WIEGAND, K. (1977): Die geologischen, hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse des Vogelsberges (Hessen). — Geo. Jb. Hessen, **105**: 177—184, 5 Abb.; Wiesbaden.
- ZSCHAU, H. J. (1972): Geoelektrische Untersuchungen bei Lanzenhain/Vogelsberg. — Ber. Arch. NLFb, Nr. 5983; Hannover.

Anschriften der Autoren

- Dr. K.-H. EHRENBERG, Dr. G. HENTSCHEL, Dr. B. HÖLTING, Dr. S. HOLTZ, Prof. Dr. S. MEISL,
G. STRECKER, M. SUŠIĆ
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden
- K. FROMM, Dr. S. PLAUMANN, Dr. R. PUCHER, H.-J. ZSCHAU
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51
- Dr. W. HARRE, H. KREUZER
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 3000 Hannover 51
- H. GRUBBE, Mobil Oil AG, Postfach 110, 3100 Celle
- Prof. Dr. F. NÖRING, Sonnenberger Str. 23, 6200 Wiesbaden

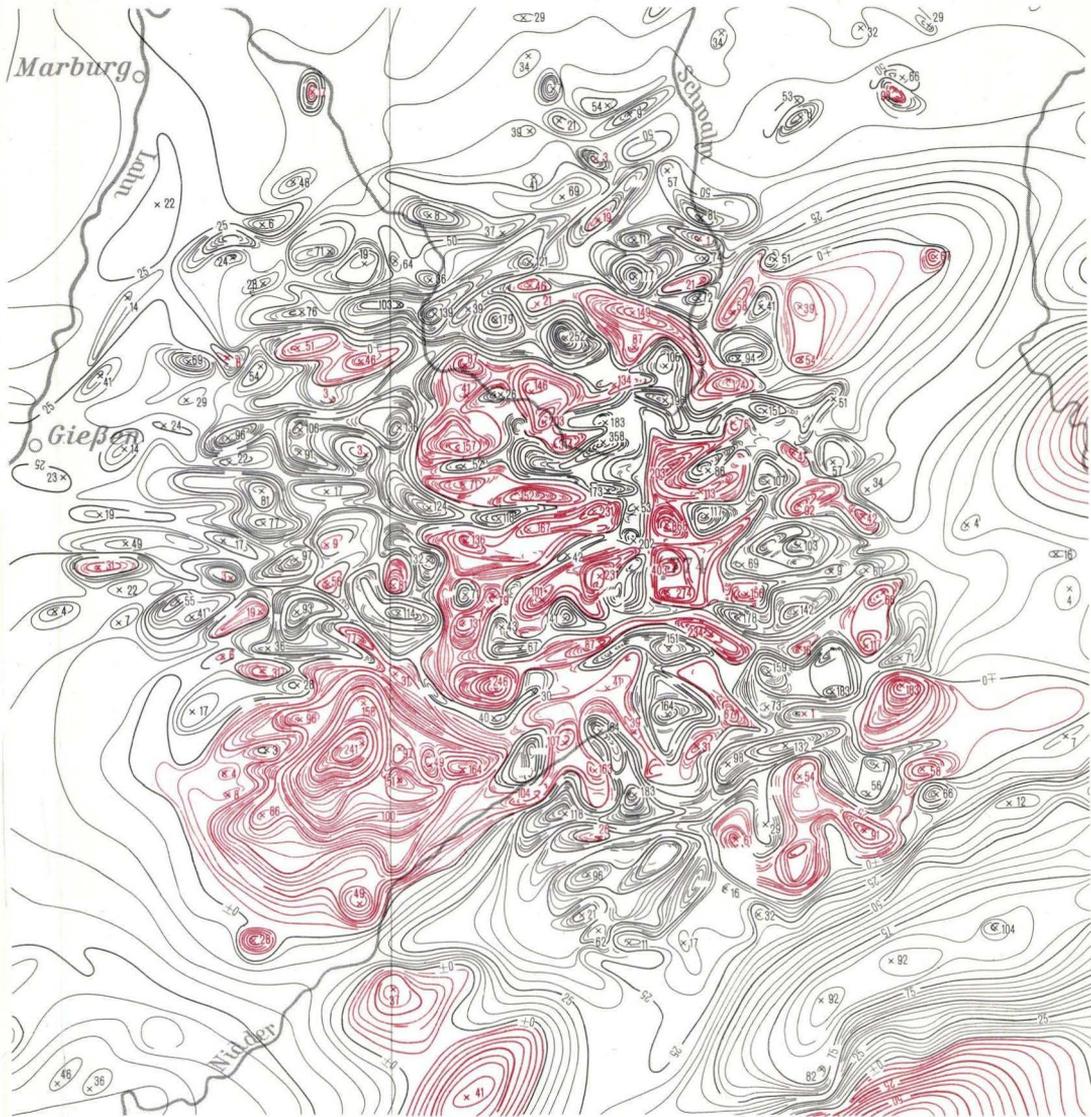
Fehlerberichtigung

Tafel 3: Brg. 106 R 34 99 16 H 55 83 98

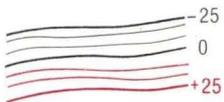
Brg. 81 R 34 99 66 H 55 84 44

Brg. 84 R 34 99 82 H 55 84 68

OVAG = Oberhessische Versorgungsbetriebe AG



Linien gleicher Abweichung ΔT
 der erdmagnetischen Totalintensität
 von einem Referenzfeld
 sowie relative Extremwerte in nT
 ($1\gamma \approx 1\text{ nT}$)



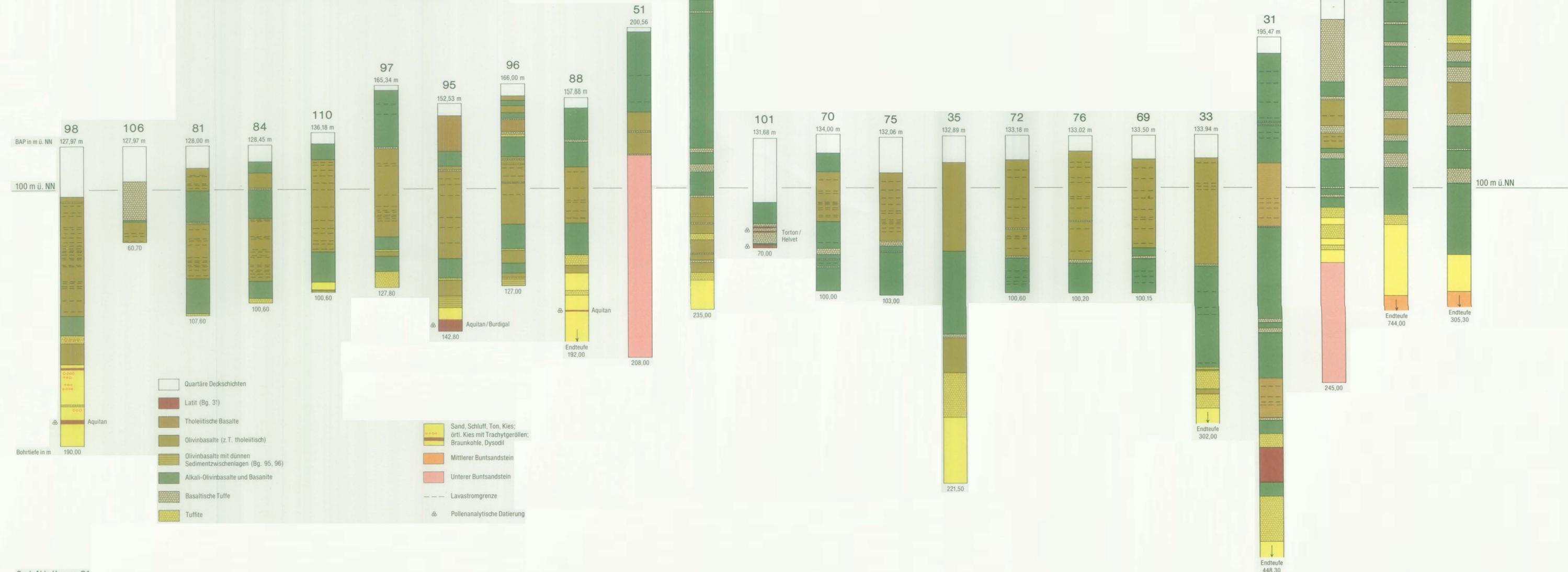
Ausschnitt aus
 Karte der Anomalien der Totalintensität
 des erdmagnetischen Feldes
 in der Bundesrepublik Deutschland
 1: 500 000

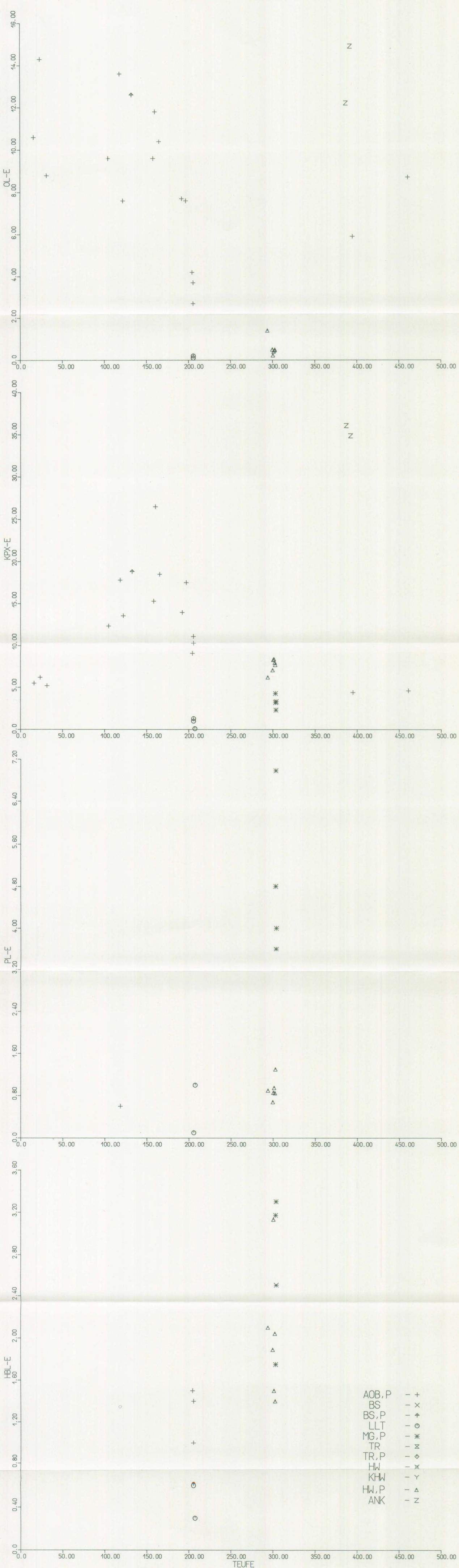
Flughöhe über NN: 700, 1000, 1500 m
 Flughöhe über Grund: 300-8000 m
 Abstand der Meßprofile: 2,2 km

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
 Hannover 1976

Ausgewählte Kernbohrungen im Vogelsberg Bohrungen der Oberhessischen Versorgungs AG (OVAG)

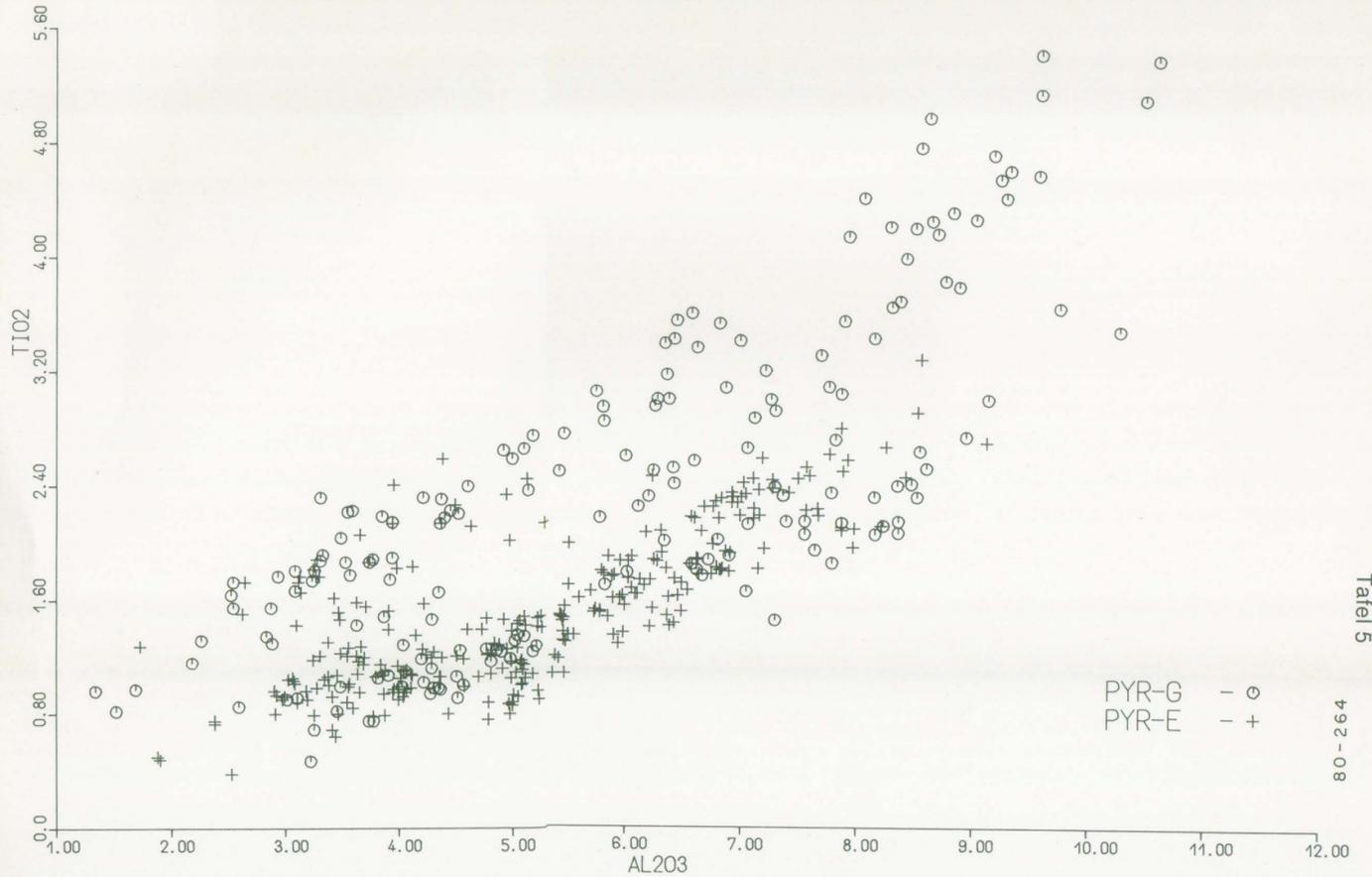
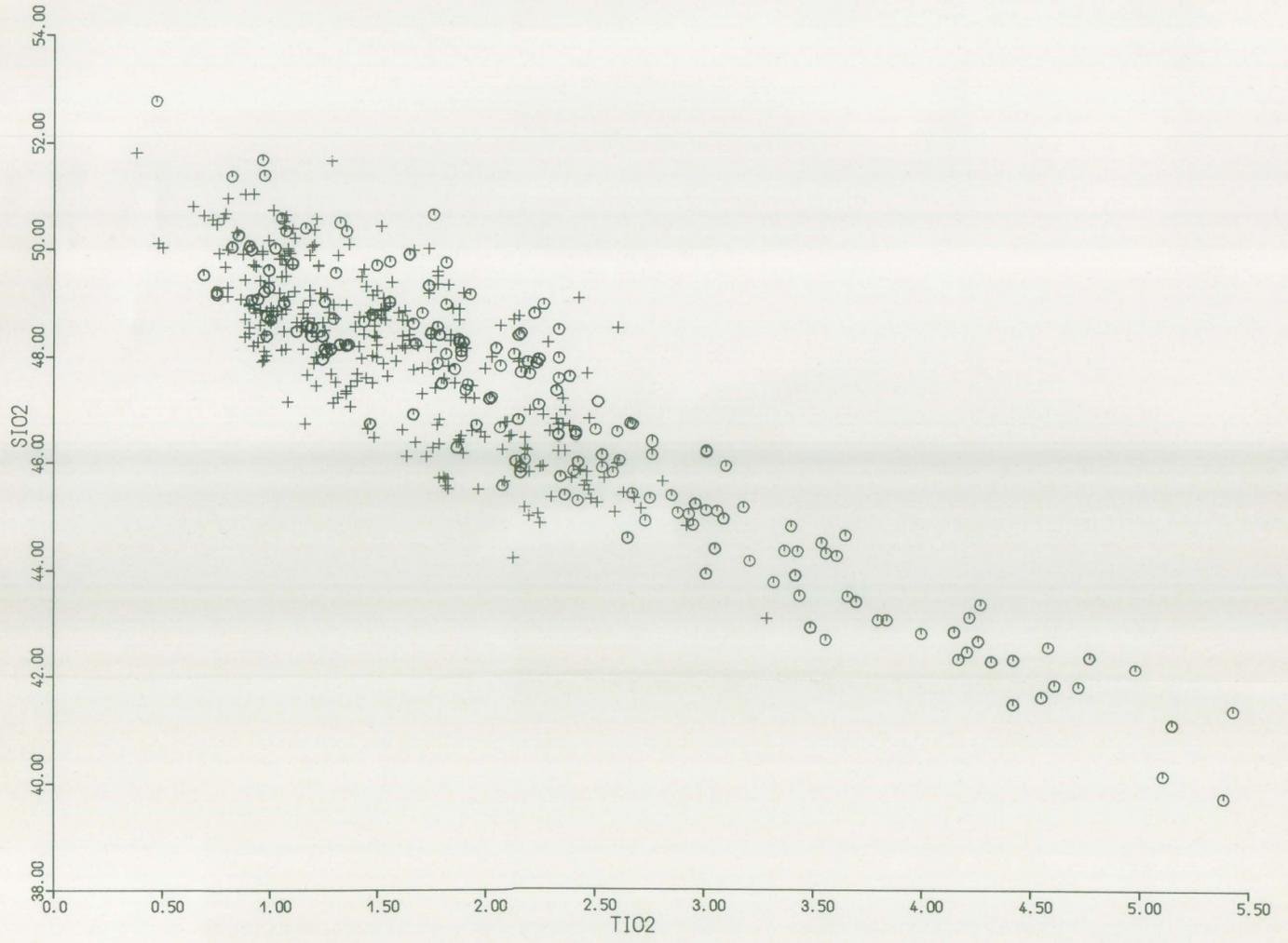
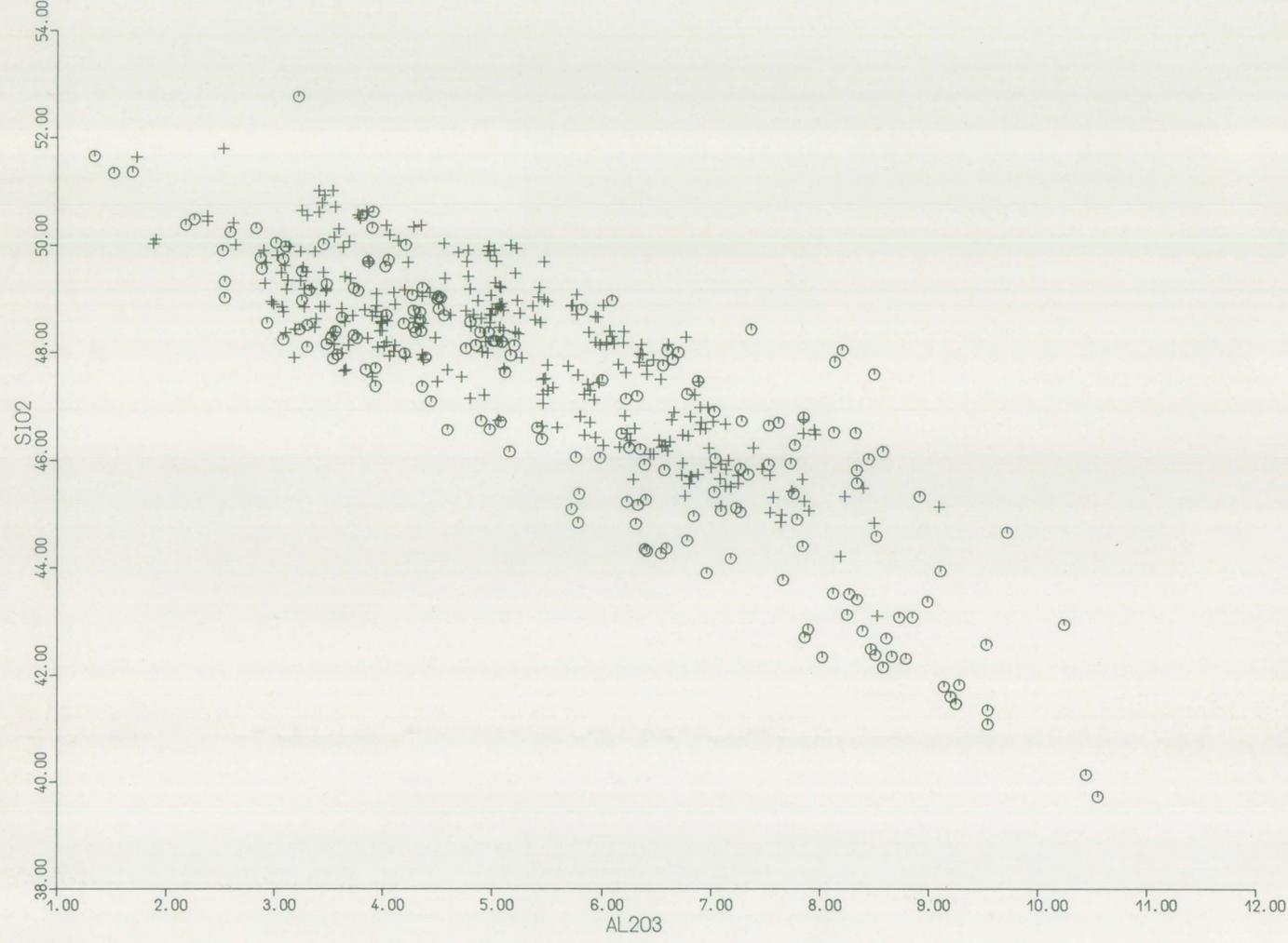
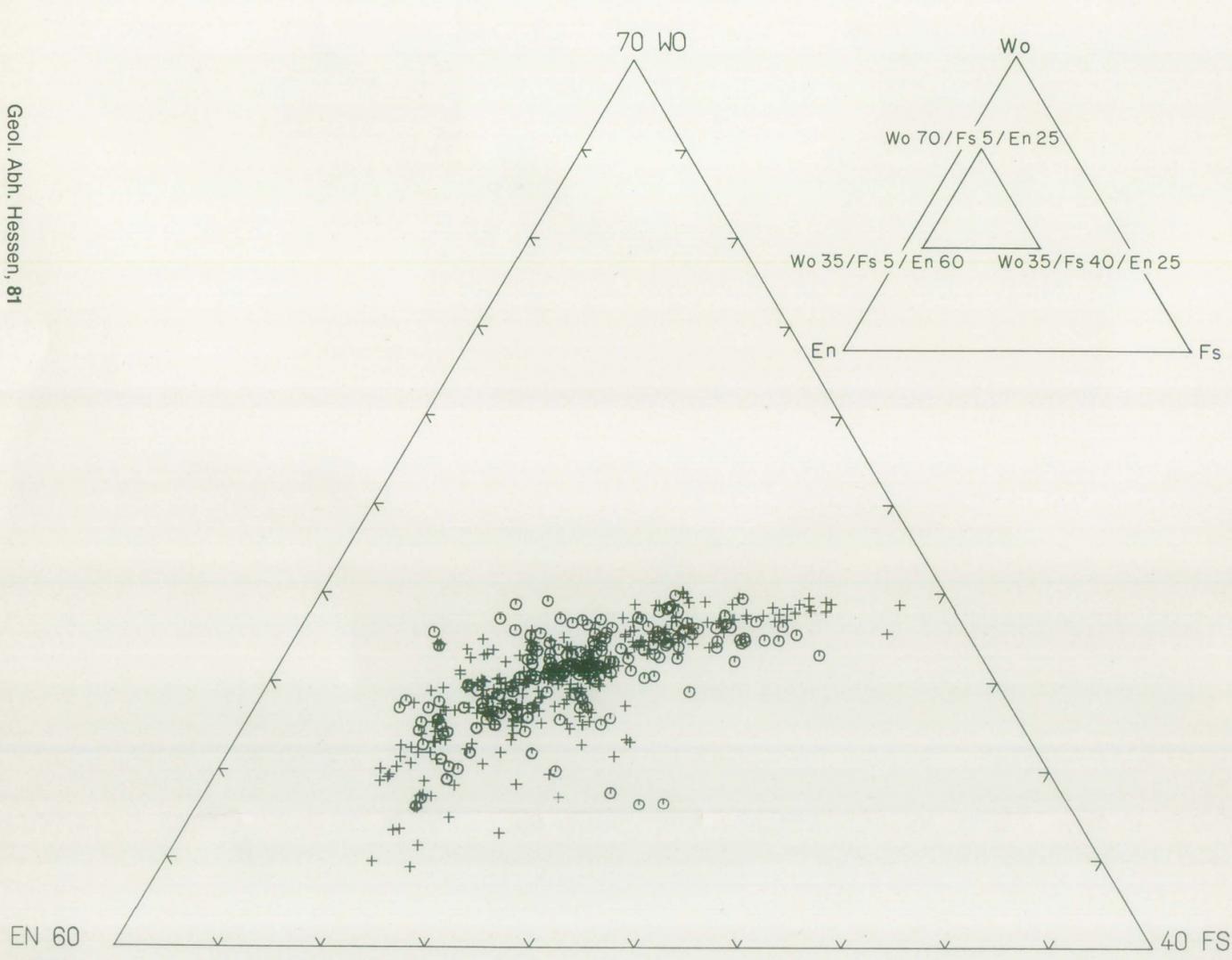
| Nr. OVAG | Gemarkung | TK 25 Nr. | Name | R | H | Bearbeiter der Vulkanitanteile Bearbeiter der Sedimentanteile in () Ältere Aufnahmen durch in () | Veröffentlichung |
|----------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|---|--|
| | | | | | | | |
| 98 | Nidda | 5619 | Staden | 34 98 96 | 55 84 09 | EHRENBERG | - |
| 106 | " | 5619 | " | 34 99 07 | 55 83 94 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 81 | " | 5619 | " | 34 99 50 | 55 84 30 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 84 | " | 5619 | " | 34 99 90 | 55 84 70 | EHRENBERG (DIEDERICH & WIEGAND) | - |
| 110 | Wallernhausen | 5619 | " | 34 98 97 | 55 82 95 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 97 | " | 5619 | " | 34 99 72 | 55 83 13 | EHRENBERG | - |
| 95 | " | 5619 | " | 34 99 44 | 55 83 50 | EHRENBERG | - |
| 96 | " | 5619 | " | 34 99 91 | 55 83 42 | EHRENBERG | - |
| 88 | " | 5620 | Ortenberg | 35 00 49 | 55 83 66 | EHRENBERG (HICKETHIER, WIEGAND) | EHRENBERG et al. 1978 |
| 51 | " | 5620 | " | 35 02 54 | 55 84 61 | EHRENBERG /SCHENK_7 (DIEDERICH) | " " " " |
| 54 | Fauerbach | 5520 | Nidda | 35 05 62 | 55 85 64 | EHRENBERG | - |
| 101 | Kohden | 5520 | " | 35 01 23 | 55 87 91 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 70 | " | 5520 | " | 35 01 80 | 55 87 88 | EHRENBERG | - |
| 75 | " | 5520 | " | 35 01 75 | 55 88 14 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 72 | " | 5520 | " | 35 01 57 | 55 88 33 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 76 | " | 5520 | " | 35 01 55 | 55 88 34 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 69 | " | 5520 | " | 35 01 60 | 55 88 37 | EHRENBERG | - |
| 33 | " | 5520 | " | 35 01 60 | 55 88 50 | Deutung EHRENBERG /SCHENK_7 | - |
| 31 | Rainrod | 5520 | " | 35 06 18 | 55 93 20 | ERNST et al. 1970 /SCHENK_7 | ERNST et al. 1970 KREUZER et al. 1973 ERNST 1977 |
| 1 | Hirzenhain | 5620 | Ortenberg | 35 08 68 | 55 83 46 | EHRENBERG /SCHENK_7 (HICKETHIER) | EHRENBERG et al. 1978 |
| 5 | " | 5620 | " | 35 09 36 | 55 83 81 | EHRENBERG /SCHENK_7 (DIEDERICH, HICKETHIER & WIEGAND) | " " " " |
| 2 | Merkenfritz | 5521 | Gedern | 35 12 52 | 55 86 02 | EHRENBERG /SCHENK_7 | - |





| | |
|--------|------------|
| AOB, P | - + |
| BS | - x |
| BS, P | - circle |
| LLT | - circle |
| MG, P | - triangle |
| TR | - x |
| TR, P | - diamond |
| HW | - asterisk |
| KHW | - Y |
| HW, P | - triangle |
| ANK | - Z |

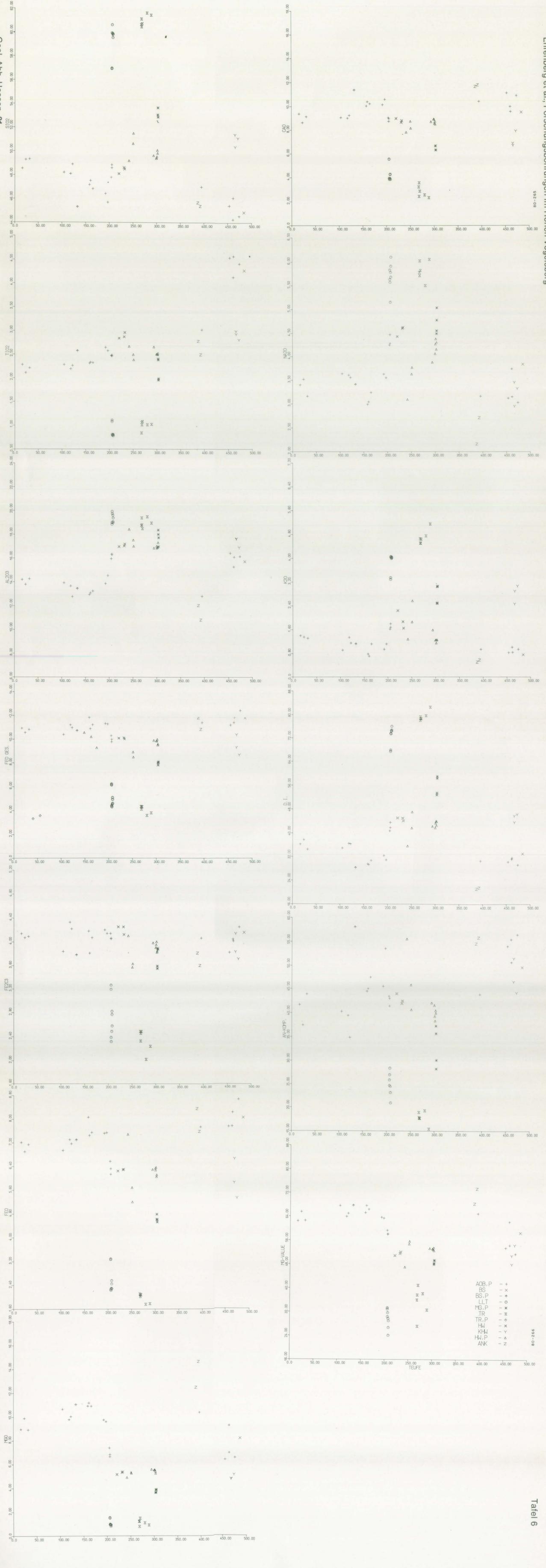
Modale Einsprenglingsphasen (Vol.-%) von porphyrischen Vulkaniten der Brg. 2/2 A (Tab. 7); aufgetragen gegen die Bohrteufe.



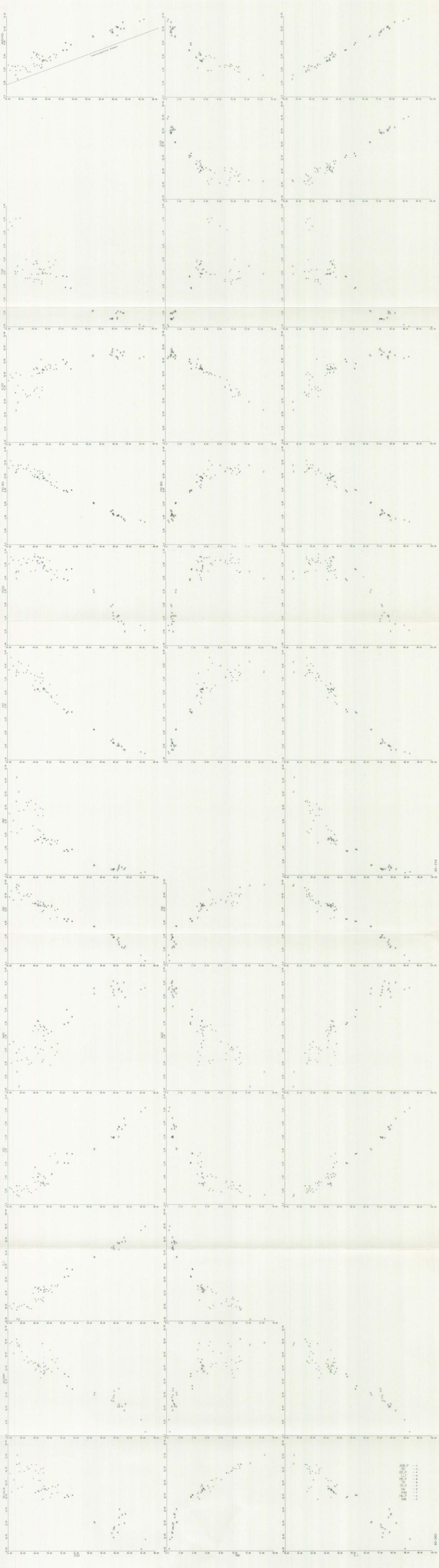
PYR-G - ○
 PYR-E - +

Tafel 5
 80-264

456 EM-Analysen von 122 Klinopyroxen-Kristallen (in Tab. 2 zugehörige Durchschnittsanalysen) aus unterschiedlichen Vulkaniten der Brg. 1 und 2/2 A; dargestellt in einem Ausschnitt des Variationsdiagramms Mol.-%-Wo-En-Fs [nur die Aegirinaugite des porphyrischen Trachyts der Brg. 1 (Pr. 12199; Tab. 2) liegen außerhalb des gewählten Ausschnittes] und in den Oxid(Gew.-%)-Verteilungsdiagrammen TiO_2/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 und SiO_2/TiO_2 .



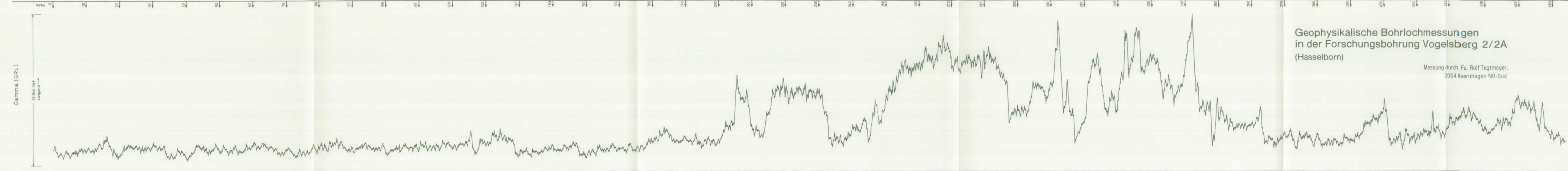
Oxid-Gehalte (Gew.-%) und D.I., An- und Ng-Werte der analysierten Vulkanite der Brg. 2/2 A (Tab. 8); aufgetragen gegen die Bohrteufe.

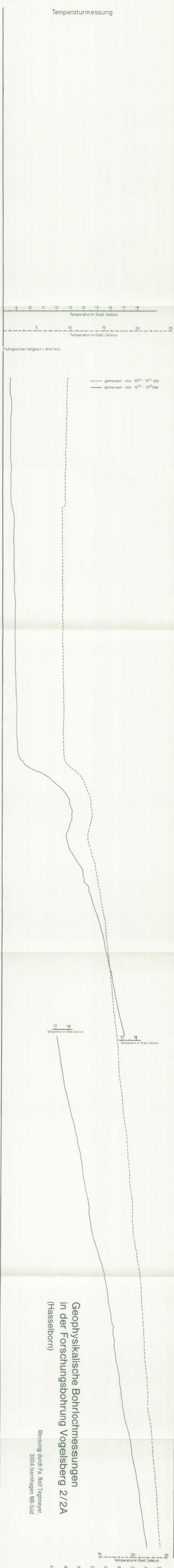
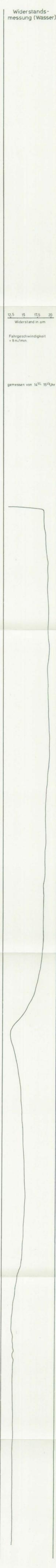
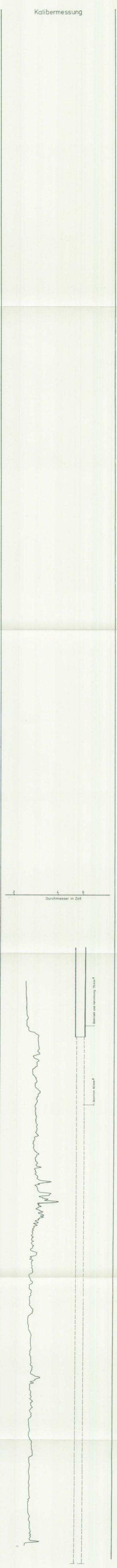
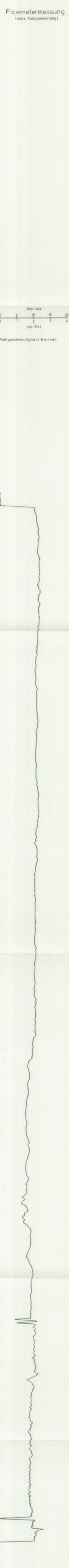


SiO₂, MgO- und D.I.-Variationsdiagramme der analysierten Vulkanite der Brg. 1 und 2/2 A; im Alkali/SiO₂-Diagramm ist die Trennlinie zwischen der tholeiitischen und der alkalibasaltischen Gesteinsserie auf Hawaii (nach MACDONALD & KATSURA 1964) eingezeichnet.

Geophysikalische Bohrlochmessungen
in der Forschungsbohrung Vogelsberg 2/2A
(Hasselborn)

Messung durch Fa. Rolf Tegtmeyer,
3004 Isernhagen NB-Süd





Geophysikalische Bohrlochmessungen
in der Forschungsbohrung Vogelsberg 2/2A
(Hasselborn)

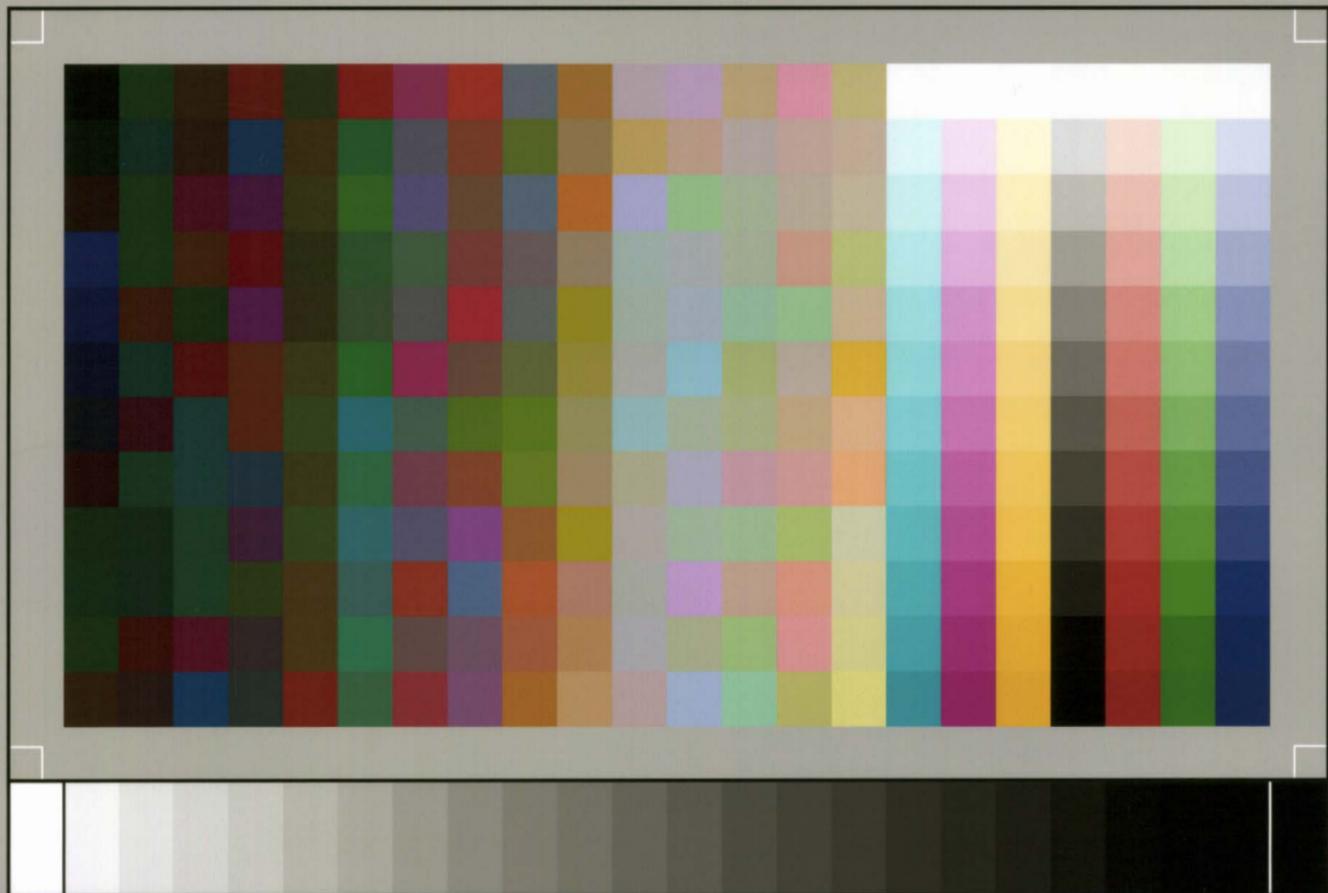
Messung durch Fa. Rolf Tegtmeyer,
3004 Isernhagen NB-Süd

- 29: BAUER, G., u. a.: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. 1960. 363 S., 85 Abb., 10 Tab., 22 Taf., DM 36,-.
- 30: BURR, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf., DM 8,60.
- 31: RÖDER, D. H.: Ulmen-Gruppe in sandiger Fazies (Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge). 1960. 66 S., 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf., DM 8,-.
- 32: ZAKOSEK, H.: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. 1960. 63 S., 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf., DM 11,-.
- 33: KREBS, W.: Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzenhain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1960. 119 S., 21 Abb., 7 Tab., 11 Taf., DM 14,80.
- 34: STOPPEL, D.: Geologie des südlichen Kellerwaldgebirges. 1961. 114 S., 21 Abb., 2 Tab., 4 Taf., DM 14,-.
- 35: MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. 1961. 85 S., 3 Abb., 31 Tab., DM 7,60.
- 36: STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus-Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). 1961. 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf., DM 9,-.
- 37: ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. 1962. 46 S., 1 Abb., 19 Tab., DM 6,80.
- 38: ZIEGLER, W.: Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. 1962. 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf., DM 22,60.
- 39: MEISCHNER, KL.-D.: Rhenaer Kalk und Posidonienkalk im Kulm des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges und der Kohlenkalk von Schreufa (Eder). 1962. 47 S., 15 Abb., 2 Tab., 7 Taf., DM 11,60.
- 40: HOLTZ, S.: Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. 1962. 46 S., 1 Abb., 6 Taf., DM 9,-.
- 41: WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. 1964. 106 S., 10 Abb., 2 Tab., 32 Taf., DM 12,-.
- 42: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge, Hefte 1—20, erschienen 1916—1939. 1963. 58 S., 1 Taf., DM 7,60.
- 43: EINSELE, G.: Über Art und Richtung der Sedimentation im klastischen rheinischen Oberdevon (Famenne). 1963. 60 S., 8 Abb., 7 Tab., 5 Taf., DM 7,60.
- 44: JACOBSHAGEN, E., HUCKRIEDE, R. & JACOBSHAGEN, V.: Eine Faunenfolge aus dem jungpleistozänen Löß bei Bad Wildungen. 1963. 105 S., 9 Abb., 2 Tab., 14 Taf., DM 12,-.
- 45: KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). 1963. 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf., DM 9,40.
- 46: SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. 1964. 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf., DM 7,60.
- 47: HÖLTING, B. & STENGER-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. 1964. 37 S., 2 Taf., DM 5,60.
- 48: DIEDERICH, G., LAEMMLEN, M. & VILLWOCK, R.: Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. 1964. 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte., DM 7,20.
- 49: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 4. Folge, Hefte 1—35, erschienen 1880—1914. 1965. 56 S., 1 Taf., DM 6,60.
- 50: ZAKOSEK, H., u. a.: Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. 1967. 82 S., 1 Abb., 17 Tab., 1 Atlas, DM 10,-.
- 51: MATTHES, G.: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. 1966. 87 S., 11 Abb., 10 Tab., DM 10,-.
- 52: BERG, D. E.: Die Krokodile, insbesondere *Asiatosuchus* und aff. *Sebecus*?, aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. 1966. 105 S., 11 Abb., 6 Taf., DM 11,20.
- 53: HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). 1966. 59 S., 7 Abb., 9 Tab., DM 7,-.
- 54: SOLLE, G.: Hederelloidea (Cyclostomata) und einige etenostome Bryozoen aus dem Rheinischen Devon. 1968. 40 S., 1 Tab., 5 Taf., DM 5,-.
- 55: SCHNEIDER, J.: Das Ober-Devon des nördlichen Kellerwaldes (Rheinisches Schiefergebirge). 1969. 124 S., 24 Abb., 1 Taf., DM 15,-.
- 56: HORST-FALKE-Festschrift. 1970. 228 S., 71 Abb., 10 Tab., 23 Taf., 1 Bild, DM 14,-.
- 57: MEISL, S.: Petrologische Studien im Grenzbereich Diagenese-Metamorphose. 1970. 93 S., 70 Abb., 2 Tab., DM 11,-.

- 58: MATTHESS, G.: Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. 1970. 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf., DM 12,-.
- 59: SOLLE, G.: *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. 1971. 163 S., 1 Diagr., 20 Taf., DM 30,-.
- 60: HEINZ-TOBIEN-Festschrift. 1971. 308 S., 58 Abb., 12 Tab., 32 Taf., 1 Bild, DM 24,-.
- 61: WIRTZ, R.: Beitrag zur Kenntnis der Paläosoile im Vogelsberg. 1972. 159 S., 2 Abb., 21 Tab., DM 19,-.
- 62: BUGGISCH, W.: Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). 1972. 68 S., 19 Abb., 6 Tab., 13 Taf., DM 16,-.
- 63: THEWS, J.-D.: Zur Typologie der Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und Taunusvorland. 1972. 42 S., 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf., DM 12,-.
- 64: STEPHAN-HARTL, R.: Die altmiozäne Säugetierfauna des Nordbassin und der Niederräder Schleusen-kammer (Frankfurt/M., Hessen) und ihre stratigraphische Stellung. 1972. 97 S., 16 Abb., 11 Tab., 24 Taf., DM 21,-.
- 65: BOY, J. A.: Die Branchiosaurier (Amphibia) des saarpfälzischen Rotliegenden (Perm, SW-Deutschland). 1972. 137 S., 70 Abb., 2 Tab., 2 Taf., DM 17,-.
- 66: BARTH, H.: Petrologische Untersuchungen im Felsberg-Zug (Bergsträßer Odenwald). 1972. 85 S., 16 Abb., 11 Tab., 8 Taf., DM 12,-.
- 67: KUSTER-WENDENBURG, E.: Die Gastropoden aus dem Meeressand (Rupelium) des Mainzer Tertiärbeckens. 1973. 170 S., 8 Taf., DM 21,-.
- 68: NEUFFER, FR. O.: Die Bivalven des Unteren Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Becken. 1973. 113 S., 13 Taf., DM 25,-.
- 69: WALTER, H.: Hydrogeologie und Wasserhaushalt im oberen Horlofftal (westlicher Vogelsberg). 1974. 104 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf., DM 25,-.
- 70: AZIMI, M. A., HILALI, E.-A., HUSCHMAND, A., KRÜGER, H., PICKEL, H.-J., SCHARPFF, H.-J., SCHEWE, L., WAGNER, H.-R.: Beiträge zur Hydrogeologie von Hessen. 1974. 198 S., 60 Abb., 37 Tab., 2 Taf., DM 35,-.
- 71: BAHLO, E.: Die Nagetierfauna von Heimersheim bei Alzey (Rheinessen, Westdeutschland) aus dem Grenzbereich Mittel-/Oberoligozän und ihre stratigraphische Stellung. 1975. 182 S., 43 Abb., 11 Tab., DM 25,-.
- 72: MATHEIS, J.: Kartographische Bearbeitung geologischer und bodenkundlicher Karten. Von der Manuskriptkarte zur Druckvorlage. 1975. 68 S., 22 Abb., 3 Taf., 5 Beil., DM 24,-.
- 73: GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATTHESS, G., SCHNEIDER, W., WALLHÄUSSER, K. H.: Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe. 1976. 131 S., 23 Abb., 34 Tab., 2 Taf., DM 20,-.

Geologische Abhandlungen Hessen

- 74: SOLLE, G.: Oberes Unter- und unteres Mitteldevon einer typischen Geosynklinal-Folge im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. Die Olkenbacher Mulde. 1976. 264 S., 11 Abb., 2 Taf., 1 Kt., DM 45,-.
- 75: BOENIGK, W., et al.: Jungtertiär und Quartär im Horloff-Graben/Vogelsberg. 1977. 80 S., 17 Abb., 6 Tab., 8 Taf., DM 16,-.
- 76: MOAYEDPOUR, E.: Geologie und Paläontologie des tertiären „Braunkohlenlagers“ von Theobaldshof/Rhön (Miozän, Hessen). 1977. 135 S., 7 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 32,-.
- 77: SOBOTHA, E.: Lang- und kurzperiodische Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit und der Quellschüttung während 20jähriger Beobachtungen in der Frankenberger Bucht (Hessen). 1978. 39 S., 17 Abb., 5 Tab., 6 Taf., DM 9,-.
- 78: JANSSEN, R.: Revision der Bivalvia des Oberoligozäns (Chattium, Kasseler Meeressand). 1979. 181 S., 1 Abb., 4 Taf., DM 33,-.
- 79: HOMRIGHAUSEN, R.: Petrographische Untersuchungen an sandigen Gesteinen der Hörre-Zone (Rheinisches Schiefergebirge, Oberdevon—Unterkarbon). 1979. 84 S., 16 Abb., 5 Tab., 13 Taf., DM 27,-.
- 80: WITTEN, W.: Stratigraphie, Sedimentologie und Paläogeographie der Kieselkalke im Unterkarbon II γ / δ bis III α des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. 1979. 132 S., 26 Abb., 12 Tab., 4 Taf., DM 23,-.



SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0