

Tephrostratigraphische Zusammenhänge zwischen der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet und der Mineralführung der Terrassenschotter am unteren Mittelrhein

Von Josef Frechen und Helga Heide, Bonn

Mit 9 Tabellen und 8 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 10. 6. 1968)

Zusammenfassung

Auf Grund einer sedimentpetrographischen Untersuchung der vulkanischen Minerale in den Schottern am unteren Mittelrhein werden die verschiedenen Tätigkeitsphasen des Vulkanismus im Laacher See-Gebiet mit der pleistozänen Terrassenstratigraphie verknüpft. Die jüngeren Vulkanausbrüche lassen sich außerdem mit der würmeiszeitlichen Löss-Stratigraphie in Verbindung bringen. Aus dem Auftreten der vulkanischen Bestandteile in den Rheinschottern und Löss-Profilen ergibt sich, daß der Laacher Vulkanismus bereits vor der Aufschotterung der älteren Hauptterrasse aktiv war und bis zum Ende der Würm-Eiszeit fort dauerte.

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Einleitung	36
2. Zusammenhänge zwischen der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet und dem Auftreten vulkanischer Minerale in den Terrassenschottern am unteren Mittelrhein	38
2.1. Ältere Hauptterrasse und älteste selbergitische Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet	38
2.2. Jüngere Hauptterrasse und Vulkantätigkeit im Raum des Riedener Kessels (Selbergittuffe und ältere Basalttuffe)	43
2.3. Ältere Mittelterrasse, Ende der Vulkantätigkeit im Riedener Kessel und Übergang zur mittleren Basaltphase des Laacher See-Gebietes	49
2.3.1. Selbergitische Paragenese	51
2.3.2. Basaltische Paragenese	54
2.4. Mittlere Mittelterrasse und jüngere Tätigkeit des basaltischen Leilenskopf-Vulkans	54
2.5. Jüngere Mittelterrasse und Ende der mittleren Basaltphase des Laacher See-Gebietes	62
2.6. Niederterrassen, Ausbrüche der Wehrer und Laacher Bimssteintuffe und jüngere Basaltphase des Laacher See-Gebietes	62
2.7. Jüngere Niederterrasse	66
3. Bedeutung der vulkanischen Minerale für die Terrassenstratigraphie und Terrassenhorizontierung	66
4. Zeittafel der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet	70
Literaturverzeichnis	73

1. Einleitung

Im engeren Laacher See-Gebiet ist eine stratigraphische Einordnung der vulkanischen Förderprodukte nur möglich, soweit eindeutige Lagebeziehungen zu pleistozänen Sedimenten bestehen. Im allgemeinen trifft das allein für Vorkommen zu, die in oder zwischen Horizonte des Würm-Lösses eingeschaltet sind, wie der Wehrer Bimsstein, die jüngste Basalttephra und Basaltlava und die aus dem Meerboden-Bims, Niedermendiger Bims, Frauenkirch-Bims und Laacher Bims aufgebaute jüngste Bimssteindecke. Für die große Zahl der übrigen Tuffe und vulkanischen Gesteine besteht im Laacher See-Gebiet selbst kaum eine Möglichkeit, ihre stratigraphische Position sicher festzulegen.

v. DECHEN (1864) versuchte, die Altersstellung einzelner Lavaströme aus ihrer Lagebeziehung zu Talterrassen abzuleiten. Wegen der Problematik der Terrassenhorizontierung im Vulkangebiet ist dieses Verfahren nicht immer zuverlässig. Die Terrassenbildung ist in einigen Tälern, z. B. im Nettetal, durch vulkanische Ausfüllung oder, wie in der Pellenz und im Neuwieder Becken, durch tektonische Einwirkungen gestört worden.

In dieser Arbeit werden die Haupttätigkeitsphasen des Laacher Vulkanismus sowie die Ausbrüche einiger Einzelvulkane mit der Stratigraphie der Schotterterrassen am unteren Mittelrhein verknüpft. Dies ist möglich, weil die Lockermassen des Laacher See-Gebietes bei stark explosiven Eruptionen zum Teil unmittelbar äolisch in die Ablagerungen des Rheines gelangten und andere, die in den Tälern des Vulkangebietes niederfielen, in verhältnismäßig kurzer Zeit durch Wassertransport den Schottern des Rheines zugeführt wurden. Die Untersuchung ergab, daß die stratigraphische Festlegung der Laacher Vulkantätigkeit mit Hilfe der vulkanischen Bestandteile in den Rheinschottern (Tephrostratigraphie; Tephra altgriechisch = vulkanische Lockermassen) recht vollständig durchgeführt werden kann.

Die vulkanischen Minerale in den Schottern des unteren Mittelrheines stammen überwiegend von vulkanischen Lockermassen des Laacher See-Gebietes. Nur ein geringer, bei der Auszählung kaum hervortretender Anteil hat einen anderen Ursprung. So ist Orthopyroxen und Klinopyroxen wahrscheinlich aus dem Saar-Nahe-Gebiet (VAN DEN BOOM 1958), Klinopyroxen und Olivin möglicherweise aus dem Lahn-Dill-Gebiet, Westerwald, Vogelsberg, Kaiserstuhl und durch die Mosel aus der Westeifel (CREMER 1954) zugeführt worden. Der lange fluviatile Transport hat in der Regel eine gute Kornrundung bewirkt, so daß diese Minerale meist unschwer von den aus nächster Nähe kommenden Laacher Mineralen unterschieden werden können. Die Menge der aus den entfernteren Gebieten stammenden Bestandteile bleibt im allgemeinen konstant, während im Auftreten der Laacher Minerale in Abhängigkeit von der Vulkantätigkeit charakteristische Maxima festgestellt werden können.

Ägirinaugit und braune barkevitische Hornblende sind spezifisch für das Laacher Vulkangebiet. Sie treten in den Schotterablagerungen erst vom Neuwieder Becken an rheinabwärts auf. Eine Ausnahme machen vielleicht die Schotter der jüngeren Niederterrasse und die rezenten Rheinschotter. In ihnen könnten infolge einer südwärts bis zum Schwarzwald, Bodensee, Züricher See, Berner Oberland und Genfer See nachweisbaren äolischen Verfrachtung von allerödzeitlichen Laacher Bimstufen schon vom Hochrhein und Oberrhein an Ägirinaugit und barkevitischer Hornblende in geringer Menge auftreten.

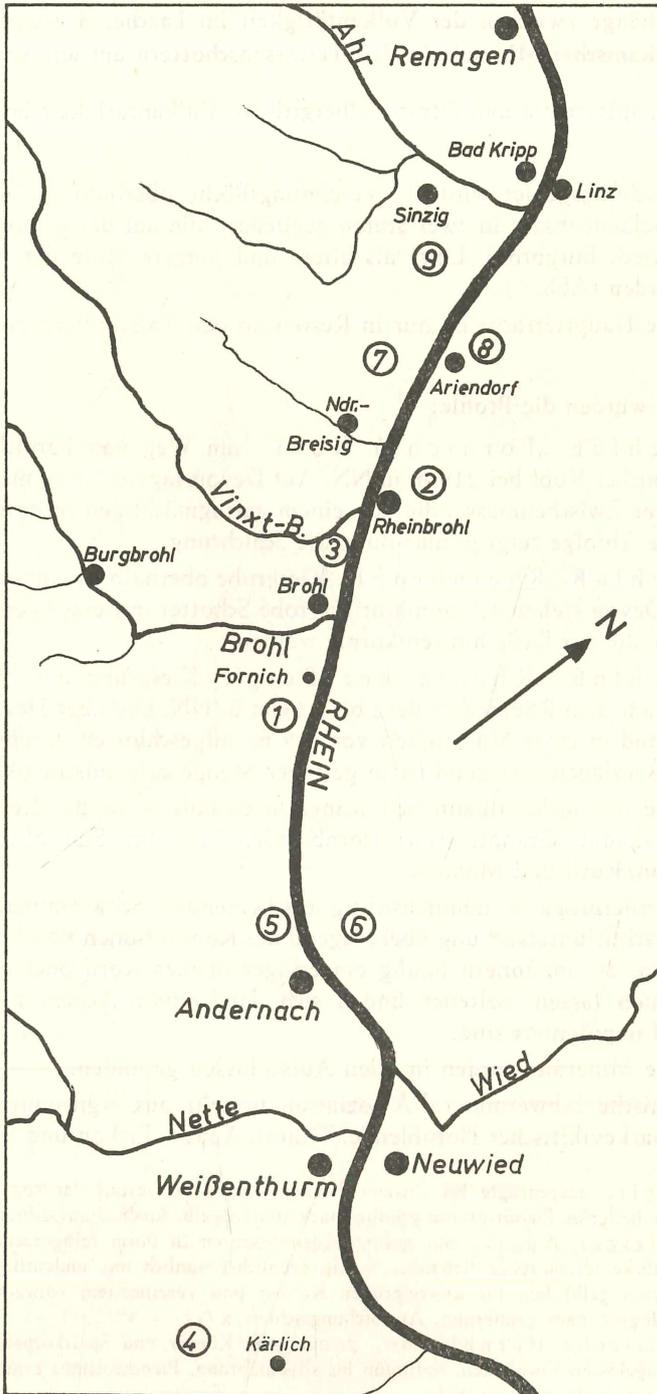


Abbildung 1. Lage der untersuchten Terrassenprofile:

- 1 Ältere Hauptterrasse „Fornicher Kopf“
- 2 Ältere Hauptterrasse „Rheinbrohl“
- 3 Ältere Hauptterrasse „Rheinecker Berg“
- 4 Jüngere Hauptterrasse „Kärlich“

- 5 Jüngere Hauptterrasse „Krahenberg“
- 6 Ältere Mittelterrasse „Hüllenberg“
- 7 Mittlere Mittelterrasse „Klein-Petersberg“
- 8 Mittlere Mittelterrasse „Ariendorf“
- 9 Ältere Niederterrasse „Sinzig“

2. Zusammenhänge zwischen der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet und dem Auftreten vulkanischer Minerale in den Terrassenschottern am unteren Mittelrhein

2.1. Ältere Hauptterrasse und älteste selbergitische Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet

Im Untersuchungsgebiet wird die Verebnungsfläche oberhalb des Rheingtales durch einen Geländeabsatz in zwei Stufen gegliedert, die auf der geologischen Karte (Blätter Neuwied, Burgbrohl, Linz) als ältere und jüngere Stufe der Hauptterrasse bezeichnet werden (Abb. 1).

Die jüngere Hauptterrasse ist nur in Resten an den Talschultern zum Engtal erhalten.

Untersucht wurden die Profile:

a) **Aufschluß „Fornicher Kopf“** am Weg von Fornich zur Hohen Buche am Fornicher Kopf bei 219 m ü. NN. Auf Devon lagern 1,5 m mächtige Schotter mit sandiger Zwischenmasse, die von einem geringmächtigen rezenten Boden bedeckt sind. Die Abfolge zeigt primär-fluviatile Schichtung.

b) **Aufschluß „Rheinbrohl“**, Kiesgrube oberhalb Rheinbrohl bei 218 m ü. NN. Über Devon stehen 1,5 m mächtige grobe Schotter mit einer geringmächtigen Lößauflage an, die zur Basis hin feinkörnig werden.

c) **Aufschluß „Rheinecker Berg“**, Kiesgrube am Nordende der Schotterdecke auf dem Rheinecker Berg bei 215 m ü. NN. Die über Devon anstehenden Schotter sind in einer Mächtigkeit von 2,5 m aufgeschlossen. Grobschotterlagen wechseln mit Kieslagen. Feinsand ist in geringer Menge beigemischt (Abb. 2).

Die Gruppe der nichtvulkanischen Minerale enthält — in der Reihenfolge der Häufigkeit — Epidot, Granat, grüne Hornblende, Turmalin, Staurolith, Andalusit, Disthen, Zirkon, Rutil und Monazit.

Die im Körnerpräparat undurchsichtig erscheinenden Schwerminerale bestehen nach der Dünnschliffuntersuchung überwiegend aus Konkretionen von konzentrischen Roteisenschalen, die im Innern häufig ein eckiges opakes Korn oder einen Quarzsplinter erkennen lassen. Seltener finden sich Sandsteinbröckchen, die völlig mit Eisenhydroxyd imprägniert sind.

Vulkanische Minerale wurden in allen Aufschlüssen gefunden.

Die vulkanische Schwermineral-Assoziation besteht aus Ägirinaugit, ägirinhaltigem Augit, barkevikitischer Hornblende, Titanit, Apatit, Zirkon und Biotit.

Ägirinaugit, ausgeprägte bis extreme Lösungsformen in Gestalt der sog. Hahnenkamm- und Reliktformen, hellgrün, Pleochroismus grünlich nach grünlichgelb, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 26^\circ$.

Ägirinhaltiger Augit, nur geringe Lösungsspuren in Form feingezackter Kornenden, zum Teil Bruchstücke idiomorpher Kristalle, fleckig grünlich-bräunlich mit undeutlich und unregelmäßig ausgebildeten gelblichen bis dunkelgrünen Kernen und vereinzelt schwachem Zonarbau, Pleochroismus gelbgrün nach grünbraun, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 37^\circ$.

Barkevikitische Hornblende, prismatische Körner und Spaltkörper mit leicht gerundeten, nicht angelösten Kornenden, tiefbraun bis schwarzbraun, Pleochroismus braun nach dunkelbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 18^\circ$.

Titanit, abgerundete, selten idiomorphe Körner mit narbiger Oberfläche.

Apatit, gerundete, kurzsäulige Kristalle.

Zirkon, abgerollte und idiomorphe Kristalle mit häufigen Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen, vereinzelt Zonarbau mit Kern aus älterem Zirkon.

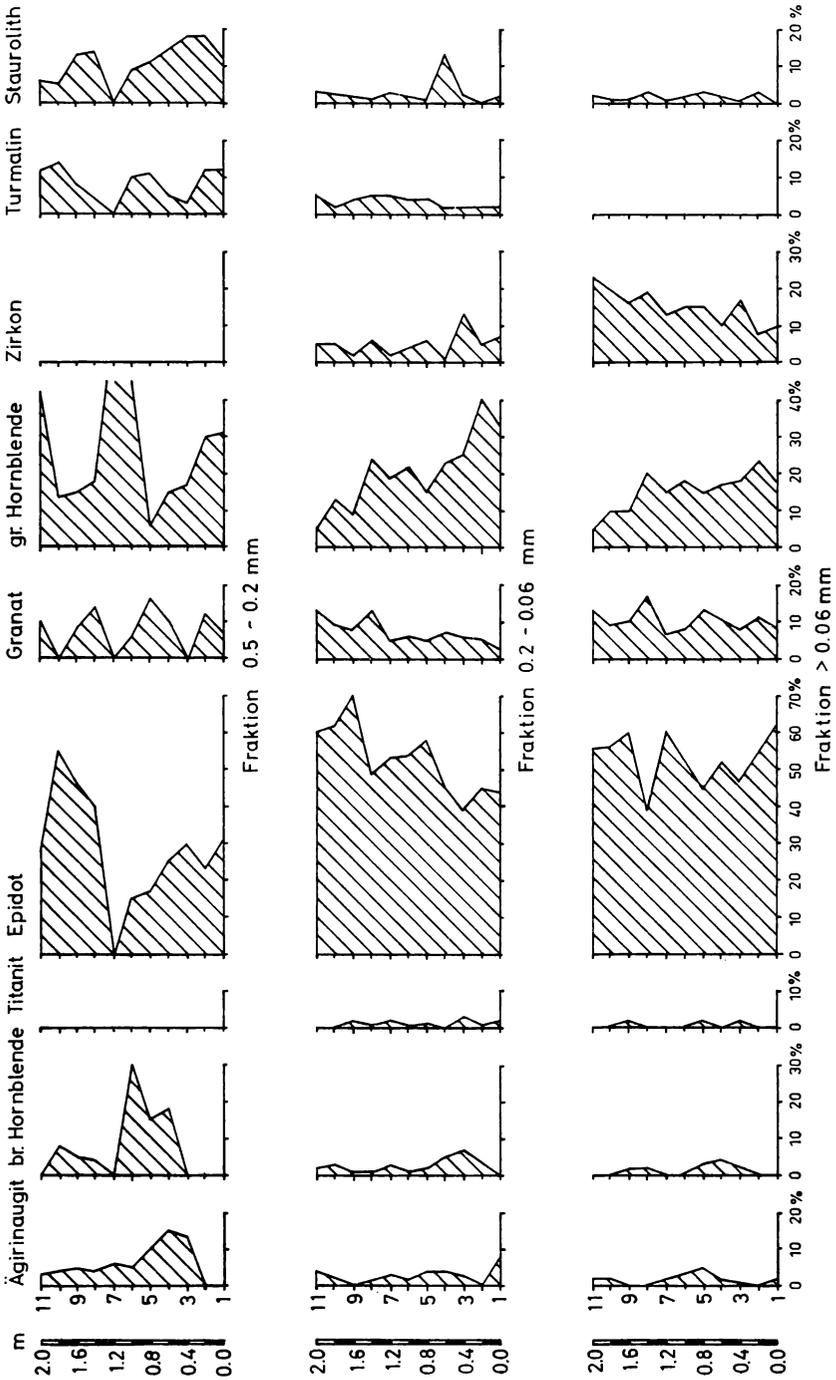


Abbildung 2. Schwermineralverteilung im Aufschluß „Rheinecker Berg“ der älteren Hauptterrasse.

Tabelle 1. Schwermineralverteilung in den Schottern der älteren Hauptterrasse in Korn-%/o

Probe	Ägrinaugit	br. Hornblende	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Zirkon	Rutil	Monazit	Opake Min.
3.1: Ältere Hauptterrasse „Fornicher Kopf“															
Fraktion < 0.06 mm															
3	41.1	28.2	2.6	—	12.8	7.2	2.6	2.6	—	—	—	—	—	2.6	78.0
2	5.9	17.6	—	—	17.6	5.9	23.5	17.6	11.7	—	—	—	—	—	89.0
1	33.3	6.7	—	—	13.3	33.3	13.3	—	—	—	—	—	—	—	89.0
Fraktion 0.5—0.2 mm															
3	20.7	16.7	—	—	27.0	21.2	4.9	2.2	1.4	—	—	3.2	1.8	0.9	60.8
2	22.9	4.3	0.9	—	28.1	26.0	8.6	2.2	1.3	—	—	3.0	1.7	0.9	51.0
1	15.8	13.1	—	—	26.3	33.6	3.3	2.0	1.3	—	—	3.0	1.3	—	65.0
Fraktion 0.2—0.06 mm															
3	23.4	2.2	2.2	0.5	35.0	5.2	11.0	5.8	—	—	—	9.6	3.7	1.5	55.0
2	22.7	1.7	0.8	0.4	43.3	7.5	11.8	2.5	—	—	—	8.4	0.8	—	48.0
1	36.3	4.5	—	0.3	31.6	4.5	—	—	—	—	—	18.2	4.5	—	65.6
3.2: Ältere Hauptterrasse „Rheinbrohl“															
Fraktion 0.5—0.2 mm															
3	38.3	44.1	2.9	—	5.9	—	8.7	—	—	—	—	—	—	—	79.3
2	30.3	50.6	—	—	6.1	3.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—	82.6
1	18.4	15.8	5.3	—	7.9	—	52.6	—	—	—	—	—	—	—	79.0
Fraktion 0.2—0.06 mm															
3	2.6	5.3	0.5	—	23.8	19.8	3.7	1.3	0.5	—	—	37.1	5.2	—	75.3
2	3.5	9.1	2.2	—	36.9	13.8	3.0	1.3	0.9	—	—	25.0	4.3	—	81.2
1	5.6	5.6	8.4	—	38.0	11.3	11.3	4.2	—	—	—	9.9	5.6	—	79.2
Fraktion < 0.06 mm															
3	—	0.9	—	0.6	50.2	0.9	2.9	0.9	—	—	—	38.6	4.8	—	66.8
2	—	1.5	2.2	0.5	43.4	10.8	1.5	0.7	—	—	—	36.0	3.5	—	86.8
1	—	—	0.7	0.6	30.0	4.0	6.7	3.4	—	—	—	51.0	3.4	—	81.2
3.3: Ältere Hauptterrasse „Rheinecker Berg“															
Fraktion 0.5—0.2 mm															
11	2.9	—	—	—	26.5	8.8	41.2	11.8	5.9	2.9	—	—	—	—	77.0
10	4.5	9.1	—	—	54.5	—	13.6	13.6	4.5	—	—	—	—	—	80.0
9	5.1	5.1	—	—	46.2	7.7	15.4	7.7	12.8	—	—	—	—	—	79.4
8	3.6	3.6	—	—	39.3	14.3	17.8	3.6	14.3	3.6	—	—	—	—	87.2

Probe	Ägirinaugit	br. Hornblende	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Zirkon	Rutil	Monazit	Opake Min.
7	6.2	—	—	—	—	—	87.5	—	—	6.2	—	—	—	—	85.1
6	5.0	15.0	—	—	15.0	5.0	40.0	10.0	10.0	—	—	—	—	—	86.4
5	11.1	27.8	—	—	16.7	16.7	5.5	11.1	11.1	—	—	—	—	—	83.0
4	15.0	15.0	—	—	25.0	10.0	15.0	5.0	15.0	—	—	—	—	—	73.0
3	12.1	18.2	—	—	30.3	—	18.2	3.0	18.2	—	—	—	—	—	68.3
2	—	—	—	—	23.6	11.8	29.4	11.8	17.6	5.9	—	—	—	—	60.5
1	—	7.7	—	—	30.8	7.7	30.8	11.5	11.5	—	—	—	—	—	57.3
Fraktion 0.2—0.06 mm															
11	2.6	1.3	—	—	59.7	13.0	5.2	5.2	3.9	—	—	5.2	3.9	—	58.0
10	1.4	1.7	0.3	—	63.2	8.8	12.7	2.1	1.7	0.3	1.0	5.3	1.4	—	41.3
9	—	1.0	1.0	—	70.0	8.0	10.0	4.0	1.0	—	—	2.0	3.0	—	73.0
8	0.6	1.3	—	—	47.8	12.7	23.6	5.1	1.3	—	0.6	5.7	1.3	—	64.2
7	2.6	1.9	0.1	—	53.2	5.1	19.2	4.5	2.6	—	0.6	2.6	7.0	—	58.5
6	1.5	0.7	—	—	53.7	5.7	22.1	3.7	2.2	2.2	1.5	4.4	2.2	—	79.0
5	3.9	1.9	1.3	—	58.0	5.8	14.8	3.9	1.3	—	—	5.2	3.9	—	71.0
4	4.0	5.0	—	—	46.0	7.0	23.0	2.0	12.0	—	—	1.0	—	—	53.0
3	2.8	5.6	2.1	—	38.5	7.0	24.4	2.1	2.1	—	—	11.9	3.5	—	47.4
2	—	2.5	0.5	—	45.0	5.0	40.0	1.5	—	—	—	4.5	1.0	—	48.7
1	8.2	—	0.8	—	43.5	3.3	32.8	1.6	0.8	—	0.8	5.7	2.5	—	55.3
Fraktion < 0.06 mm															
11	0.5	—	—	—	55.6	13.4	5.0	1.5	—	—	—	22.5	1.5	—	60.3
10	0.5	0.2	—	0.5	57.3	9.0	10.3	1.0	0.5	—	—	19.4	1.3	—	57.6
9	—	0.5	1.0	0.5	60.0	9.4	10.0	0.5	—	—	—	16.1	2.0	—	65.8
8	—	0.5	—	—	39.2	17.2	20.5	2.5	—	—	—	18.5	1.6	—	60.7
7	0.5	—	—	—	60.8	7.2	15.2	1.0	0.7	—	—	11.8	2.8	—	58.5
6	1.5	—	—	—	53.4	8.3	18.1	2.3	—	—	—	14.9	1.4	—	60.2
5	3.5	2.5	1.0	—	45.1	13.1	15.4	2.5	0.5	—	—	14.6	1.8	—	57.4
4	2.1	2.8	—	—	53.7	11.3	16.5	1.5	2.1	—	—	9.5	0.5	—	50.8
3	0.8	2.0	1.4	—	46.5	9.5	18.0	1.2	0.5	—	—	16.8	3.3	—	47.4
2	—	—	—	—	54.5	11.1	22.6	1.5	—	—	—	8.0	2.3	—	53.2
1	0.5	—	—	0.3	62.2	8.0	18.2	0.5	—	—	—	9.8	0.5	—	57.7

Die vulkanische Mineralassoziation ist in allen Aufschlüssen gleich und durchsetzt stets das gesamte Profil. Eine relative Anreicherung der vulkanischen Beimengungen ist etwa 1 m oberhalb der Schotterbasis angedeutet. Wahrscheinlich gibt das Maximum den Zeitpunkt an, an dem die Hauptmasse des vulkanischen Materials nach einem gewissen Transport die Rheinschotter erreichte.

Wenn man die Herkunft der vulkanischen Minerale in den Terrassenschottern im einzelnen genauer ermitteln will, sind neben der Mineralparagenese auch die physikalischen Alter der verschiedenen Tuffvorkommen zu berücksichtigen. Das Alter der älteren Hauptterrasse ist durch das Alter des Leilenkopf-Vulkans bei Niederlützingen (ca. 400 000 J.) und das Alter der Basistuffe in der Riedener Tuffdecke (ca. 420 000 Jahre) festgelegt (FRECHEN u. LIPPOLT 1965). Die Aufschotterung der älteren Hauptterrasse war sicher vor 400 000 Jahren und wahrscheinlich vor 420 000 Jahren beendet, weil die Lockermassen des Leilenkopf über den Schottern und dem ihnen aufliegenden Günz-Löß abgelagert wurden und Minerale aus den Basistuffen von Rieden in den Schottern noch nicht auftreten. Von den Tuffvorkommen mit der Mineralassoziation Ägirinaugit + braune barkevikitische Hornblende müssen der Perlerkopf und der Engelder Kopf, die beide ein Alter von 320 000 Jahren besitzen, als Lieferanten der vulkanischen Minerale der älteren Hauptterrasse ausscheiden. Dagegen kann der Schellkopf mit einem Alter von 570 000 Jahren als möglicher Herkunftsort in Betracht gezogen werden.

Die Fördertätigkeit des Schellkopf bei Brenk im oberen Brohltal begann mit Tuffereptionen, gefolgt vom Aufdringen zusammenhängender Schmelze, die zu dichtem porphyrischem Selbergit erstarrte. Die ursprüngliche Verbreitung der Tuffe ist nicht bekannt. Heute sind nur noch die sog. Grenztuffe am Kontakt der Selbergitkuppe mit dem devonischen Nebengestein, sowie taschenartig im Selbergit eingeschlossene Tuffreste erhalten. Den verfestigten Grenztuffen wurden Proben entnommen, deren Schwermineralgehalt in der Tab. 9 wiedergegeben ist.

Die opaken Körner sind überwiegend Erzpartikel, zum Teil idiomorpher Magnetit. Die im Körnerpräparat trüb erscheinenden Körner wurden im Dünnschliff als devonische Sandsteinfragmente, zum Teil mit Serizit-reichen Partien, bestimmt.

Als vulkanische Minerale enthält der Grenztuff:

Ägirinaugit, angelöst und unregelmäßig begrenzt, hellgrün, Pleochroismus grünlich nach grünlichgelb, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 26^\circ$.

Ägirinhaltigen Augit, prismatisch, gelegentlich idiomorph, grünlichbraun, zum Teil mit gelbgrünem Kern, Pleochroismus gelbgrün nach grünbraun, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 34^\circ$ bis 37° .

Braune Hornblende, barkevikitisch-hastingsitisch, wahrscheinlich Titan-reich, Pleochroismus hellbraun nach dunkelrotbraun bis olivgrünbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 17^\circ - 20^\circ$.

Olivin, stark angelöst, Lichtbrechung $n_x = 1,657$ (Fo 90).

Titanit, unregelmäßige Körner mit glatter Oberfläche, vereinzelt in idiomorpher Briefcouvert-Form.

Apatit, prismatisch mit länglichen Poren und opaken Einschlüssen.

Zirkon, idiomorph und gerundet mit Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen.

Der Ägirinaugit und ägirinhaltige Augit, sowie die barkevikitische Hornblende des Schellkopf stimmen in ihren optischen Eigenschaften mit den entsprechenden Mineralen der älteren Hauptterrasse überein. Die Kornformen, zum Teil auch der Erhaltungszustand, z. B. die Lösungsformen an Pyroxenen, sind nahezu identisch.

Der Olivin ist bereits im Tuff sehr stark angegriffen. Er ist in den Schottern nicht mehr nachzuweisen. Wahrscheinlich wurden die skelettartigen Körner während des Transportes zerkleinert und nach der Sedimentation vollständig aufgelöst.

In den Schottern ist der Titanitgehalt wesentlich höher (z. B. in Rheinbrohl max. 18 %) als im Schellkopf-Tuff. Aus der unterschiedlichen Ausbildung der Körner (xenomorphe glatte Körner und idiomorphe, narbige Körner mit Zirkon- und Rutil-einschlüssen) kann man auf verschiedene Ausgangsgesteine schließen. Während die erstgenannte Kornform im Tuff des Schellkopf beobachtet wird, entspricht die letztere den von FRECHEN u. VILLWOCK (1959) beschriebenen Titanitkörnern aus tertiären Trachyttuffen, die im Neuwieder Becken und seiner Umgebung ehemals eine weitere Verbreitung hatten. Es dürfte danach eine Einarbeitung dieses tertiären Materials in die Schotter stattgefunden haben. Auch VAN DEN BOOM (1958) zieht diese Möglichkeit zur Erklärung eines Titanitmaximums von 28 % an der Basis der Hauptterrassenschotter von Kärlich in Betracht.

Das Korngrößenspektrum der vulkanischen Minerale stimmt in der älteren Hauptterrasse und den Tuffen des Schellkopf im ganzen überein. Augit und Hornblende sind in der Fraktion 0,5–0,2 mm angereichert. Dies weist auf fluviatilen Transport hin. Wahrscheinlich bildete die Ur-Brohl für die Schellkopf-Tuffe eine direkte Verbindung zum Rhein.

Die Verschiebung des Verhältnisses Augit : Hornblende von 80 : 20 am Schellkopf zu 54 : 46 in der älteren Hauptterrasse, also zu Gunsten der Hornblende, wie man es in allen Terrassen gegenüber den Tuffen beobachten kann, ist auf die gute Spaltbarkeit der Hornblende nach dem Prisma zurückzuführen. Selbst bei geringem Transport zeigt die Hornblende höhere Gehalte als im Ausgangsgestein, ohne daß eine Verschiebung zu kleineren Korngrößen hin stattgefunden hat. Ihre Kornzahl ist gestiegen durch Spaltung in dünnere Spaltkörper gleicher Länge. Erst nach längerem Transportweg werden die Körner durch Abnutzung kleiner und zeigen dann Zurrundung und Bruchformen.

Nach den aufgezeigten Zusammenhängen wird man annehmen können, daß die vulkanischen Minerale in der älteren Hauptterrasse vom Fornicher Kopf, von Rheinbrohl und vom Rheinecker Berg mit Ausnahme eines Teiles des Titanits aus den Lockermassen des Schellkopf zugeführt worden sind.

2.2. Jüngere Hauptterrasse und Vulkantätigkeit im Raum des Riedener Kessels (Selbergittuffe und ältere Basalttuffe)

Untersucht wurden die Vorkommen:

a) **Aufschluß „Kärlich“**, Tagebau der Tongrube Kärlich auf der Kettiger Höhe bei 165 m ü. NN. Die Schotter lagern in einer Mächtigkeit von 7 m über altpleistozänen Kiesen, Sanden und Letten der sog. Knubb-Serie (FRECHEN u. VILLWOCK, 1959), vertonten tertiären Trachyttuffen und sedimentärem Ton. Sie werden überdeckt von 25 m mächtigen Lössen mit fossilen Böden und Einschaltungen von jüngeren Tuffen. Durch die Bedeckung ist das Profil weitgehend vor Abtragung und Umlagerung geschützt worden (Abb. 3) (Tab. 2).

In den Schottern wechseln gelbbraune Lagen mit grünlichen, rötlichen, grauen und braunen ab. Neben Grobschottern kommen nahezu geröllfreie Feinsandschichten vor.

b) Aufschluß „Krahenberg“, gelbrötliche 1,5–2,0 m mächtige Schotter auf Devon an der Kante des Rhein-Engtales nördlich des Gasthauses „Krahenberg“ oberhalb Andernach bei 200 m ü. NN.

Die Schotter der jüngeren Hauptterrasse unterscheiden sich in der Schwermineralführung von denjenigen der älteren Hauptterrasse durch eine Zunahme von Granat, Epidot und grüner Hornblende gegenüber Staurolith, Disthen und Andalusit, sowie durch die größere Menge vulkanischer Minerale.

Die undurchsichtigen Körner bestehen wieder überwiegend aus Roteisenbröckchen und Sandsteinfragmenten, die mit Eisen imprägniert sind.

Die vulkanische Schwermineral-Assoziation enthält:

Ägirinaugit, grobgezähnt, hellgrün, Pleochroismus grün nach gelbgrün, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 21^\circ - 29^\circ$.

Ägirinhaltigen Augit, grob gezähnt, grünlichbraun, Pleochroismus gelbgrünlich nach grünbraun, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 31^\circ - 37^\circ$.

Basaltischen Augit, grob gezackt, bräunlich, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 40^\circ - 45^\circ$.

Braune Hornblende, barkevikitisch, kantengerundet, braun bis olivgrünbraun und scharfkantig begrenzt, langprismatisch, tiefbraun mit Apatiteinschlüssen. Pleochroismus braun nach olivgrünbraun, braun nach dunkelbraun bis rotbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 17^\circ - 22^\circ$.

Titanit, flächenreiche idiomorphe Kristalle, zum Teil mit Rutil- und Zirkoneinschlüssen.

Biotit, dunkelrotbraun, idiomorphe Kristalle mit Kornausbrüchen in der Form von Olivinkristallen. Offenbar sind die Olivine beim Aufblättern der Glimmer herausgedrückt worden.

Zirkon, mit nadelartigen Einschlüssen, seltenem Zonarbau oder Zirkonalbestand als Innenkern.

In der jüngeren Hauptterrasse erscheint neben der selbergitischen Paragenese Ägirinaugit + Hornblende erstmalig auch basaltischer Augit. Da diese Minerale schon an der Basis der Schotter in zunächst gleichbleibender Menge auftreten, stammen sie mindestens in diesem Bereich von Tuffen, die schon vor dem Beginn der Aufschotterung der jüngeren Hauptterrasse gefördert worden waren. Ferner müssen sie wenigstens anfangs durch Wassertransport zugeführt worden sein. Vom selbergitischen Schellkopf besteht keine fluviatile Verbindung nach Kärlich und der rheinabwärts gelegene basaltische Leilenkopf kann als Lieferant wohl ebenfalls außer Betracht bleiben. Im Einzugsgebiet der Nette, die das vulkanische Material in den Raum Kärlich gebracht haben dürfte, besitzen nur die Tuffe im Raume des Riedener Kessels ein so hohes Alter, daß sie als Lieferanten der Minerale in der jüngeren Hauptterrasse in Frage kommen. Dort kann man an zahlreichen Stellen, besonders gut am nördlichen Ortsende von Volkesfeld beobachten, daß Basalttuffe in einer Mächtigkeit von mehreren Metern das Liegende der Selbergittuffe bilden.

Der selbergitische Basistuff innerhalb des Riedener Kessels, in dem Basalttuffe bisher nicht erschlossen sind, besitzt ein Alter von ungefähr 420 000 Jahren. Diese Tuffe sind wahrscheinlich noch in der Günz-Zeit gefördert worden. Sie können aber jünger sein als die am Anfang dieser Kaltzeit sedimentierten Schotter der älteren Hauptterrasse, in denen Minerale aus dem Riedener Kessel noch nicht nachgewiesen werden konnten.

Die in der Umrandung des Riedener Kessels über den liegenden Basalttuffen folgenden Selbergittuffe entsprechen nach ihrer Ausbildung den mittleren Tuffen im Profil des Riedener Kessels. Die heutigen obersten Tuffe bei Rieden ergaben ein K-Ar-Alter von 350 000 Jahren. Die randlichen Basalttuffe des Riedener Kessels können mit großer Wahrscheinlichkeit zwischen 420 000 und 350 000 eingeordnet

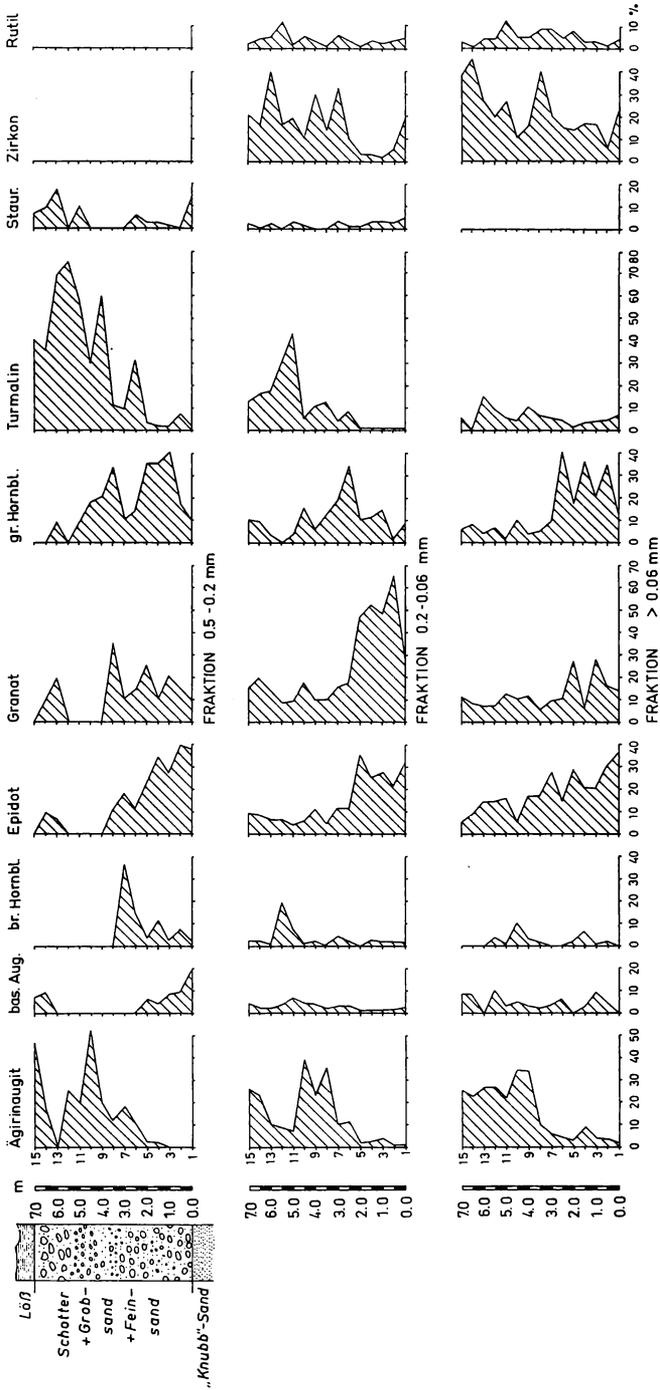


Abbildung 3. Schwermineralverteilung im Aufschluß „Kärlich“ der jüngeren Hauptterrasse.

Tabelle 2. Schwermineralverteilung in den Schottern der jüngeren Hauptterrasse in Korn-%

Probe	Ägirinaugit	bas. Augit	br. Hornblende	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
4.1: Jüngere Hauptterrasse „Kärlich“																
Fraktion 0.5—0.2 mm																
15	46.7	6.6	—	—	—	—	—	—	40.0	6.6	—	—	—	—	—	95.0
14	18.2	9.1	—	—	—	9.1	18.2	—	36.4	9.1	—	—	—	—	—	96.0
13	—	—	—	—	—	7.7	—	7.7	69.2	15.4	—	—	—	—	—	96.4
12	25.0	—	—	—	—	—	—	—	75.0	—	—	—	—	—	—	96.8
11	20.0	—	—	—	—	—	—	10.0	60.0	10.0	—	—	—	—	—	93.5
10	52.0	—	—	—	—	—	—	18.0	30.0	—	—	—	—	—	—	96.8
9	20.0	—	—	—	—	—	—	20.0	60.0	—	—	—	—	—	—	95.0
8	11.1	—	—	—	—	11.1	33.3	33.3	11.1	—	—	—	—	—	—	87.5
7	18.2	—	36.4	—	—	18.2	9.1	9.1	9.1	—	—	—	—	—	—	90.1
6	11.5	—	13.5	—	—	11.5	13.5	13.5	30.8	5.7	—	—	—	—	—	72.8
5	1.5	5.8	2.9	—	—	23.2	24.6	34.8	2.9	2.9	—	—	—	—	1.5	44.6
4	1.4	4.3	11.4	—	—	34.2	10.0	34.3	1.4	2.8	—	—	—	—	—	48.0
3	—	7.6	1.5	—	—	27.3	19.7	39.4	1.5	1.5	—	1.5	—	—	—	39.5
2	—	9.7	6.8	—	—	39.9	14.5	22.4	6.8	—	—	—	—	—	—	36.0
1	—	19.0	2.4	—	—	38.1	9.5	11.9	2.4	14.3	—	—	—	—	2.4	49.2
Fraktion 0.2—0.06 mm																
15	25.3	3.8	1.9	—	—	8.8	14.5	9.5	12.2	1.2	—	—	0.7	20.8	1.2	89.9
14	23.0	2.0	2.0	—	—	7.0	20.0	9.0	16.0	—	—	—	0.5	15.5	4.0	92.5
13	10.0	1.6	1.6	—	—	6.0	12.8	2.4	17.2	1.6	—	—	0.3	39.3	4.8	90.0
12	8.1	2.7	18.9	—	—	5.4	8.1	—	29.8	—	—	—	—	16.2	10.8	97.4
11	7.0	5.6	7.0	—	—	4.2	8.4	1.4	42.2	2.8	—	—	—	19.7	1.4	93.2
10	38.4	3.7	1.1	—	—	5.3	16.3	14.7	4.2	1.6	—	—	—	10.0	4.7	84.0
9	23.0	4.3	1.6	—	—	9.8	9.8	6.0	10.9	—	—	0.8	—	28.7	3.8	91.0
8	44.5	1.9	—	—	—	3.9	9.8	11.8	13.1	—	—	—	—	13.7	0.6	83.0
7	9.5	2.4	3.6	—	—	10.7	14.3	17.9	4.8	1.2	—	—	—	31.0	4.8	90.5
6	10.3	2.9	1.7	—	0.4	10.9	17.2	32.6	8.6	0.7	0.4	—	—	10.3	2.3	62.0
5	1.6	1.4	0.4	—	0.5	35.0	45.4	9.7	1.2	0.7	0.3	—	—	2.6	1.1	32.0
4	1.8	1.5	0.9	—	0.3	24.8	51.9	11.4	0.8	1.2	—	—	—	2.1	2.7	32.3
3	2.2	1.7	1.2	—	—	27.1	47.5	13.1	0.5	1.7	—	0.5	—	1.2	1.9	23.8
2	0.5	0.2	0.6	—	0.5	22.6	61.2	2.7	0.8	1.7	—	0.3	0.3	4.5	2.6	29.6
1	1.4	0.9	1.1	—	0.5	30.3	29.5	7.3	0.9	3.7	—	0.3	0.3	18.4	3.7	46.7

Probe	Ägirinaugit	bas. Augit	br. Hornblende	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
	Fraktion < 0.06 mm															
15	25.4	7.5	—	—	—	4.4	10.4	5.9	5.9	—	—	—	—	37.3	2.9	75.3
14	23.1	7.7	—	—	—	7.7	7.7	—	—	—	—	—	—	46.2	—	77.8
13	26.7	—	—	—	—	13.3	6.7	3.3	16.7	—	—	—	—	26.7	3.3	82.4
12	26.7	10.0	3.3	—	—	13.3	6.7	6.7	10.0	—	—	—	—	20.0	3.3	86.4
11	21.7	3.0	1.2	—	—	15.6	12.0	1.2	6.6	—	—	—	—	26.5	12.0	83.0
10	35.0	5.0	10.0	—	—	5.0	10.0	10.0	5.0	—	—	—	5.0	10.0	5.0	74.1
9	34.0	2.3	2.3	—	—	15.9	11.3	2.3	11.3	—	—	—	—	15.9	4.6	79.3
8	10.0	3.3	1.6	3.3	—	16.6	5.0	5.0	6.6	—	—	—	—	40.0	8.6	72.5
7	5.9	5.9	—	—	—	26.5	8.8	8.8	5.9	—	—	—	8.8	20.6	8.8	79.0
6	5.0	—	—	5.0	0.4	15.0	10.0	40.0	5.0	—	—	—	—	15.0	5.0	44.8
5	3.0	1.5	1.5	—	0.3	27.3	27.3	16.7	1.5	—	—	—	—	13.6	7.6	56.7
4	8.6	8.6	5.7	—	0.6	21.3	5.7	34.3	2.9	—	—	—	—	17.1	2.8	63.2
3	4.2	4.2	0.8	—	0.5	20.0	27.5	20.0	4.2	—	—	—	—	16.7	2.5	48.0
2	4.1	2.7	1.4	—	0.5	30.1	16.4	34.2	4.1	—	—	—	—	5.5	1.4	42.6
1	2.2	3.3	—	—	0.3	35.9	14.1	14.1	5.4	—	—	—	—	20.6	4.4	57.4

4.2: Jüngere Hauptterrasse „Krahenberg“

	Fraktion 0.5—0.2 mm															
4	27.3	4.5	—	—	—	36.4	—	18.2	4.5	4.5	—	4.5	—	—	—	94.3
3	22.7	4.5	9.1	18.2	—	31.8	4.5	4.5	—	4.5	—	—	—	—	—	93.6
2	16.3	11.5	16.8	7.4	—	15.8	10.5	4.2	4.2	2.1	—	—	—	—	—	78.5
1	9.6	15.4	5.8	5.8	—	28.9	11.5	15.4	3.8	3.8	—	—	—	—	—	83.7
	Fraktion 0.2—0.06 mm															
4	5.1	1.9	1.9	—	—	38.4	38.4	4.8	2.2	1.9	—	0.3	—	4.2	0.9	67.0
3	8.3	7.0	8.9	1.9	—	44.7	14.0	5.1	2.5	0.6	—	0.7	—	4.5	1.9	63.6
2	8.4	2.7	6.0	1.3	0.3	46.7	15.0	8.4	1.7	2.7	—	0.6	—	4.0	2.3	66.0
1	4.3	3.3	6.1	1.3	0.3	55.9	9.5	6.2	2.7	1.7	—	0.6	—	5.0	3.3	62.8
	Fraktion < 0.06 mm															
4	13.3	—	3.3	3.3	—	38.3	13.3	13.3	6.7	—	—	—	—	6.7	1.7	76.0
3	18.2	—	11.3	2.3	—	35.3	6.8	5.7	5.7	—	—	—	—	13.6	1.1	67.7
2	12.0	—	8.8	1.6	0.3	36.0	10.4	12.5	2.4	—	—	—	—	12.8	2.5	73.7
1	3.2	1.1	4.3	1.1	0.3	38.3	6.4	10.3	4.3	—	—	—	—	26.6	4.3	58.8

werden. Sie sind mit Sicherheit älter als die am Nettetal gelegenen Basalttuffe des Sulzbusch (340 000 J.), Hochsimmer (300 000 J.) und Hochstein (260 000 J.). Als Ausgangsgesteine der vulkanischen Minerale der jüngeren Hauptterrasse können paragenetisch und zeitlich somit die verschiedenen Tuffe im Raume des Riedener Kessels angesehen werden.

Die im Randbereich des Riedener Kessels unter dem Selbergittuff vorkommenden Basalttuffe werden von mehreren Eruptionen stammen. Bei Volkesfeld in der Nähe des Nettetales enthalten sie basaltischen Augit, basaltische Hornblende, Olivin, Titanit, Apatit und Magnetit.

Qualitativ und quantitativ ist die Mineralzusammensetzung der Selbergittuffe im Raume des Riedener Kessels relativ einheitlich, so daß ihre petrographische Untergliederung sich als schwierig erweist. Alle Tuffe enthalten neben Glaspartikeln und Bimsstein die Minerale Sanidin, Leucit, Nosean, Ägirinaugit, braune Hornblende, Titanit, Apatit, Biotit und Magnetit (\pm Melanit). Eine Unterscheidung einzelner Förderungen ist durch die örtlich unterschiedliche Beschaffenheit der Gesteinsauswürflinge möglich, die auf verschiedene Eruptionszentren hinweist.

Aus der Schichtfolge innerhalb des Kessels wurden folgende Proben untersucht:

1. Verfestigter Tuff, Straße Rieden — Volkesfeld, Jagen 410.
2. Verfestigter Tuff, Ortseingang Rieden, Jagen 390, 3.
3. Lockerer Tuff, Straße Rieden — „Stumpfes Kreuz“.
4. Verfestigter Tuff, Sohle des Steinbruchs „Hohe Ley“.
5. Lockerer grauer Tuff, Hohlweg „Stumpfes Kreuz“ — „Beller Wald“, Jagen 515.

Der opake Anteil besteht aus unregelmäßig geformten Erzkörnern.

Den durchsichtigen Anteil der Schwerefraktion bilden die Minerale Ägirinaugit, ägirinhaltiger Augit, braune Hornblende, Olivin, Titanit, Apatit, Zirkon und Biotit.

Ägirinaugit, langprismatisch-idiomorph, häufig Gas- oder Flüssigkeitseinschlüsse, intensiv grün, Pleochroismus grün nach gelbgrün, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 23^\circ - 31^\circ$.

Ägirinhaltiger Augit, meist Bruchstücke idiomorpher Kristalle, zum Teil schwacher Zonarbau, zum Teil fleckig grüne Kerne, grünbraun, gelbbraun und gelbgrün, Pleochroismus grünbraun nach grüngelb, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 31^\circ - 40^\circ$.

Braune Hornblende, barkevikitisch, Titan-haltig, langprismatisch, in der Regel einschlußfrei, braun, Pleochroismus braun nach dunkelbraun bis olivbraun und rotbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 12^\circ - 18^\circ$.

Titanit, Bruchstücke und flächenreiche idiomorphe Kristalle.

Apatit, langprismatisch mit länglichen Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen.

Biotit, in den oberen Profillagen zum Teil Kornausbrüche, die auf ehemalige Olivineinschlüsse deuten.

Zirkon, gerundete Kornformen und Bruchstücke idiomorpher Kristalle mit Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen.

Im Tuffprofil nimmt die Menge der Pyroxene von unten nach oben ab, die der Hornblende, sowie von Titanit und Apatit zu. Der Ägiringehalt der Augite ist in den oberen Lagen höher.

Die vulkanische Mineralparagenese der jüngeren Hauptterrasse läßt sich nach den Mineralarten und der Zusammensetzung und Ausbildung der Minerale ohne Schwierigkeiten von den Tuffen im Raum des Riedener Kessels ableiten. In dem am vollständigsten erhaltenen Profil von Kärlich bleibt die Menge des basaltischen Augits mit Ausnahme der Fraktion 0,5—0,2 mm von unten nach oben nahezu konstant. Die Minerale werden daher überwiegend von den präexistierenden Basalt-

tuffen im Liegenden der Selbergittuffe stammen. Vereinzelt geringe Einschaltungen von Basalttuff in den höheren Teilen der Selbergittuffe, z. B. zwischen dem unteren „Ettringer Tuff“ und dem oberen Bimssteintuff in der Grube „In der Erle“ bei Bell. dürften kaum von Einfluß auf den Anteil des basaltischen Augits in der jüngeren Hauptterrasse gewesen sein.

Anders verhält sich der selbergitische Ägirinaugit. Sein Anteil steigt zunächst langsam, im oberen Teil des Profils stark an. Besonders deutlich ist eine sprunghafte Zunahme in der Fraktion $< 0,06$ mm zu beobachten. Verbunden mit dem Auftreten idiomorpher nadeliger Kristalle ist dies ein Hinweis auf stärkere äolische Zufuhr im oberen Bereich der jüngeren Hauptterrasse. Demgegenüber geht der Anteil der größeren Körner beim Ägirinaugit stellenweise, bei der Hornblende und beim basaltischen Augit deutlich zurück. Die fluviatile Zufuhr scheint hier zeitweilig hinter der äolischen zurückgeblieben zu sein.

Unterhalb von Brohl sind in den Schottern der jüngeren Hauptterrasse neben den Mineralen aus dem Raum des Riedener Kessels auch Bestandteile aus den älteren Basalttuffen des Leilenkopf, vor allem basaltischer Augit, zu erwarten.

2.3. Ältere Mittelterrasse, Ende der Vulkantätigkeit im Riedener Kessel und Übergang zur mittleren Basaltphase des Laacher See-Gebietes

Die Terrassenreste an den Steilhängen des Rheintales bilden die Gruppe der Mittelterrassen. Sie lassen sich am Mittel- und Niederrhein in die ältere, mittlere und jüngere Mittelterrasse gliedern. Während die Mächtigkeit der Mittelterrassen-Schotter, vor allem die der beiden jüngeren Stufen, recht beträchtlich sein kann, ist ihre flächenhafte Verbreitung am Mittelrhein naturgemäß gering. Die Schotter der älteren Mittelterrasse sind wegen ihrer exponierten Lage im oberen Drittel des Rheintal-Steilhanges weitgehend erodiert und Aufschlüsse daher selten.

Im Untersuchungsgebiet stellt das Vorkommen westlich Hüllenberg bei 145 m ü. NN. den einzigen Aufschluß in der älteren Mittelterrasse dar, der primär geschichtete Schotter enthält. Ihre Mächtigkeit beträgt 0,5–1,0 m.

Wegen der geringen Schichtmächtigkeit wurden die Proben an verschiedenen Stellen des Vorkommens entnommen; sie stellen Punkte dar, an denen die Lagerung ungestört erschien, nicht aber ein Vertikalprofil. Aus diesem Grund wurden die Mengenverhältnisse der Schwerminerale nur in einer Tabelle zusammengestellt (Tab. 3).

Der Anteil der undurchsichtigen Körner an der Schwerefraktion ist geringer als in den Hauptterrassen. Er setzt sich überwiegend aus abgerundeten Roteisenkörnern mit schaligem Aufbau zusammen.

In der Gruppe der nichtvulkanischen Minerale geht der Anteil an Staurolith und Turmalin stark zurück.

Die ältere Mittelterrasse enthält größere Anteile vulkanischer Beimengungen als die Hauptterrassen. Sie sind gleichmäßig in den Schottern verteilt. Braune Hornblende bildet den Hauptbestandteil neben Ägirinaugit, ägirinhaltigem Augit, basaltischem Augit, Olivin, Titanit, Apatit und Biotit.

Braune Hornblende, barkevikitisch, Spaltkörper mit Lösungsformen, braun bis tiefbraun und olivgrünbraun, vereinzelt Apatiteinschlüsse, Pleochroismus braun nach dunkelbraun und olivgrünbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 18^\circ - 20^\circ$.

Tabelle 3. Schwermineralverteilung in den Schottern der älteren Mittelterrasse in Korn-%

Probe	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
Ältere Mittelterrasse „Hüllenberg“															
Fraktion 0.5—0.2 mm															
5	30.5	48.8	0.6	3.9	—	6.5	1.9	7.1	0.6	—	—	—	—	—	58.0
4	13.6	68.0	1.8	6.8	—	4.9	0.9	3.2	0.5	0.5	—	—	—	—	60.0
3	20.3	58.1	—	12.2	—	2.7	2.7	4.0	—	—	—	—	—	—	82.5
2	6.5	59.7	2.6	13.0	—	5.2	3.9	3.9	2.6	—	—	2.6	—	—	78.7
1	11.1	65.0	1.7	11.1	—	3.4	—	6.8	0.9	—	—	—	—	—	82.0
Fraktion 0.2—0.06 mm															
5	3.5	9.2	—	2.7	0.1	28.2	24.2	14.8	1.1	0.9	—	—	13.5	1.7	60.5
4	2.8	5.0	—	3.5	0.2	21.2	33.1	7.8	0.9	0.5	—	—	23.6	1.4	56.8
3	3.6	4.5	—	3.8	0.2	33.7	19.1	7.7	1.5	0.5	—	—	22.5	2.7	56.4
2	2.5	7.4	—	3.5	0.2	34.7	21.6	7.7	0.2	0.5	—	—	19.8	2.0	64.3
1	1.5	12.9	—	3.0	—	32.9	17.4	13.8	3.0	0.4	0.6	—	11.4	1.2	66.5
Fraktion < 0.06 mm															
5	4.0	2.9	—	1.1	—	28.8	17.2	20.1	1.1	—	—	—	23.0	1.7	63.3
4	1.6	0.8	—	0.8	—	15.7	15.7	7.8	0.8	—	—	—	54.3	2.3	65.2
3	1.6	—	—	2.1	—	21.2	10.6	7.9	1.1	—	—	—	53.0	2.6	56.0
2	3.4	0.6	—	1.4	—	20.8	13.9	6.1	1.1	—	—	—	48.7	4.2	62.5
1	1.3	1.3	—	2.6	—	26.0	10.4	19.5	1.3	—	—	—	35.0	2.6	70.0

Ägirinaugit, stark angelöst, zum Teil Reliktformen, grünlich, Pleochroismus von grün nach gelbgrün, vereinzelt mit gelbgrünem Kern, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 26^\circ - 30^\circ$.

Ägirinhaltiger Augit, grob gezähnt, grünbraun, Pleochroismus grünbraun nach gelbgrün, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 31^\circ - 37^\circ$.

Basaltischer Augit, keine Lösungsspuren, in der Fraktion 0,5—0,2 mm unregelmäßige Kornformen, in den Fraktionen < 0,2 mm langprismatische, zum Teil idiomorphe Säulchen, vereinzelt aggregierte nadelige Individuen, licht-bräunlich, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 43^\circ - 47^\circ$.

Titanit, farblos und gelblichgrün, glatte und narbige Oberflächen, meist gerundet, zum Teil mit scharfkantigen Flächen und Briefcouvert-Form, häufig nadelartige Einschlüsse, Poren und Korrosionshöhlen, seltener Rutil- und Zirkoneinschlüsse.

Apatit, klar durchsichtig mit Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen.

Olivin, stark angelöst, hahnenkammartige Lösungsformen.

Zirkon, zum Teil idiomorph mit Gas- oder Flüssigkeitseinschlüssen.

Im Vorkommen von Hüllenberg deutet der unterschiedliche Erhaltungszustand von Ägirinaugit, Hornblende und Olivin einerseits, sowie basaltischem Augit andererseits, darauf hin, daß offenbar zwei verschiedene vulkanische Paragenesen nebeneinander vorliegen.

Betrachtet man die Korngrößenverteilung dieser Minerale, so liegt das Maximum des Ägirinaugits, der Hornblende, des Titanits und des Olivins in der Fraktion 0,5—0,2 mm, das des basaltischen Augits dagegen in den Fraktionen 0,2—0,06 mm und < 0,06 mm. Die Kornformen des basaltischen Augits, langprismatische Kristalle

und unzerstörte spießige Aggregate, sprechen ebenso wie die Korngröße für eine Sedimentation aus der Luft. Bei den übrigen Mineralen gibt die grobe Körnung einen Hinweis auf fluviatilen Transport.

In der älteren Mittelterrasse tritt neben einer selbergitischen Paragenese wieder eine basaltische Paragenese auf.

2,31. Selbergitische Paragenese

Die selbergitische Paragenese enthält Ägirinaugit ($x \wedge c$ bis 37°), barkevikitische Hornblende ($z \wedge c = 18^\circ$) mit Apatiteinschlüssen, Titanit und Apatit in der gleichen Ausbildung wie in den Riedener Tuffen.

Abweichend verhält sich jedoch der hohe Hornblendegehalt der Schotter, der maximal 68 % erreicht. So hohe Gehalte kommen weder in den anstehenden Riedener Tuffen noch in anderen selbergitischen Tuffvorkommen wie am Engelder Kopf, Perlerkopf und an den Rodderhöfen vor (Tab. 9). Sie sind auch nicht mit einer Anreicherung während des Transportes zu erklären.

Wenn man berücksichtigt, daß der Hornblendegehalt in den Riedener Tuffen vom Beginn der Eruptionstätigkeit an kontinuierlich gestiegen ist, müßte man die vulkanischen Minerale in der älteren Mittelterrasse einer sehr späten Förderphase zurechnen (Abb. 4).

Bei Volkesfeld befinden sich über dem oberen weißen Bimssteintuff mit einem Hornblendegehalt, wie er im Profil des Riedener Kessels auftritt, an einigen Stellen noch stark gekappte Schichtlagen eines dunkleren Selbergittuffes, in dem der Hornblendegehalt bis über 20 % ansteigt. Man kann danach annehmen, daß über dem heutigen oberen Bimssteintuff ursprünglich basischere Selbergittuffe mit höheren Gehalten an Hornblende lagerten, die später größtenteils abgetragen worden sind.

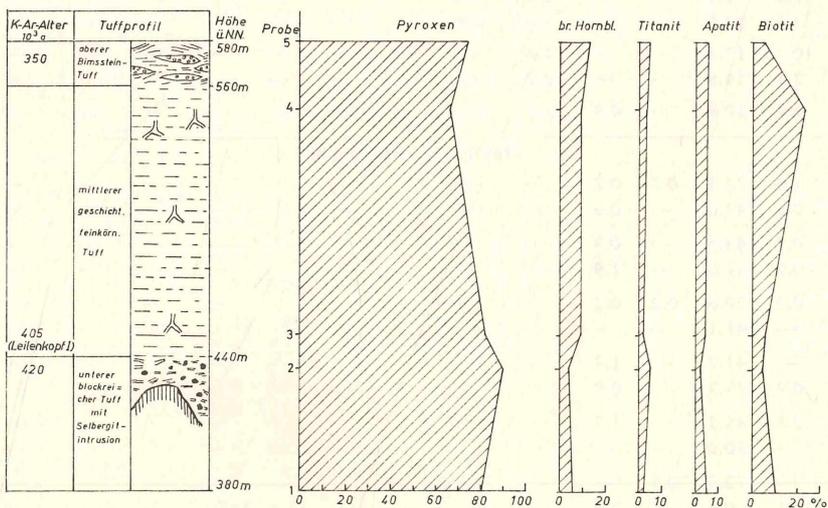


Abbildung 4. Profil der Selbergittuffe im Riedener Kessel mit Schwermineralverteilung (Fraktion 0,5—0,2 mm).

Probe	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
13	89.8	4.7	1.6	1.6	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.8
12	39.4	4.6	—	—	0.7	23.0	18.4	6.6	—	0.7	—	—	—	5.3	1.3	47.6
11	80.1	2.6	9.5	—	—	6.9	—	0.9	—	—	—	—	—	—	—	30.6
10	81.3	3.8	5.0	—	—	1.2	2.5	5.0	—	1.2	—	—	—	—	—	58.0
9	83.4	3.1	6.2	—	—	2.1	1.0	4.2	—	—	—	—	—	—	—	38.2
8	60.8	5.8	6.9	0.5	—	10.6	9.0	4.8	0.5	1.1	—	—	—	—	—	35.8
7	48.2	6.0	6.0	—	1.8	15.1	15.1	6.0	—	0.6	—	0.6	—	—	0.6	37.6
6	34.1	3.8	3.5	0.7	1.4	18.5	23.8	12.4	1.1	0.6	—	—	—	—	—	46.2
5	48.0	1.5	5.0	—	1.0	20.0	12.5	10.0	—	0.7	—	—	0.5	0.5	0.5	39.0
4	33.0	3.0	2.0	0.5	2.0	25.0	22.5	8.0	—	2.5	—	0.5	0.5	0.5	—	33.3
3	37.6	6.2	2.5	0.4	1.2	17.9	16.7	13.8	0.4	2.1	0.4	0.4	0.4	—	—	31.4
2	46.7	6.9	2.8	—	0.9	17.6	9.3	11.6	0.9	1.4	0.5	0.9	0.5	—	—	27.0
1	65.3	4.6	7.5	—	0.4	6.4	7.5	5.5	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	—	33.5
Fraktion < 0.06 mm																
27	73.3	—	11.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.2	—	50.6
26	83.6	—	7.1	2.3	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	4.7	—	50.2
25	91.6	—	8.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49.0
24	87.7	—	12.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39.7
23	87.4	—	6.8	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.8	—	38.3
22	84.8	—	15.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37.6
21	89.5	—	10.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29.6
20	88.1	—	4.9	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.9	—	18.8
19	85.0	—	9.8	2.1	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	2.1	—	32.8
18	87.2	—	7.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	—	49.5
17	95.2	—	3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3	—	49.7
16	96.9	—	—	2.1	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.2
15	87.7	—	5.0	—	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36.8
14	93.9	1.2	—	1.2	1.2	—	1.2	—	—	—	—	—	—	1.2	—	8.9
13	91.5	1.0	3.8	2.2	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.4
12	75.1	—	0.5	—	1.4	8.3	5.5	4.7	—	—	—	—	—	4.5	—	41.2
11	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0
10	52.6	—	—	—	1.3	10.2	5.1	9.0	0.5	—	—	—	—	16.7	5.1	42.3
9	77.5	—	—	—	1.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	10.0	—	33.9
8	66.4	0.2	—	—	0.9	11.0	4.4	0.7	0.7	—	—	—	—	14.3	1.5	33.6
7	61.0	—	—	—	1.0	14.1	6.1	2.8	0.5	—	—	—	—	14.1	0.5	44.4
6	57.7	2.0	—	2.0	2.0	11.5	7.7	9.6	—	—	—	—	—	7.7	—	33.0
5	72.0	—	—	—	—	12.2	3.5	7.0	—	—	—	—	—	3.5	1.8	38.0
4	67.2	—	1.0	—	1.0	9.6	6.7	1.0	—	—	—	—	—	11.5	1.7	36.0
3	50.7	—	—	—	1.4	21.9	11.6	5.8	0.7	—	—	—	—	7.2	0.7	39.5
2	67.0	1.0	—	—	2.0	13.0	4.0	13.0	—	—	—	—	—	—	—	23.1
1	72.1	0.7	1.4	—	2.2	10.7	7.1	2.9	—	—	—	—	—	2.2	0.7	33.0

Wenn die mächtigen allerödzeitlichen Laacher Bimssteintuffe an zahlreichen Stellen innerhalb der geologisch kurzen jüngeren Tundrenzeit fast vollständig abgeweht wurden, erscheint die Annahme, daß sich nach der Förderung der Selbergittuffe ähnliche Vorgänge abgespielt haben, nicht unberechtigt. Vergleichbare Klimabedingungen wie langanhaltende Kaltzeiten mit heftigen Winden waren auch zur Zeit der Selbergittuff-Förderungen und später gegeben.

Einen Hinweis auf die ehemalige weitere Verbreitung dunkler Tuffe in den höheren Teilen des ursprünglichen Selbergittuff-Profiles geben Augit- und Hornblende-reiche Auswürflinge, die auf der heutigen Landoberfläche des Riedener Kessels und seiner Umgebung vorkommen, im anstehenden Tuff jedoch fast völlig fehlen.

Ähnliche Augit- und Hornblende-reiche Auswürflinge treten in den obersten dunklen Lagen der allerödzeitlichen Laacher Bimstufte auf, die durch einen hohen Gehalt an brauner Hornblende gekennzeichnet sind. In den Laacher Bimssteintuffen steigt der Gehalt an brauner Hornblende, Titanit und Apatit von den unteren zu den oberen Lagen zunächst kontinuierlich an, in den obersten Lagen nimmt die braune Hornblende jedoch sprunghaft zu.

Die Auswürflinge bei Rieden können, wenn man entsprechende Verhältnisse annimmt, als Relikte und Zeugen ehemals vorhandener Hornblende-reicher dunkler Tuffe angesehen werden, deren feinere Bestandteile abgetragen sind. Ihr Mineralbestand ist offenbar in den Schottern der älteren Mittelterrasse konserviert worden

2.32. Basaltische Paragenese

In der älteren Mittelterrasse tritt neben den selbergitischen Mineralen basaltischer Augit in der Form langprismatischer idiomorpher Säulchen mit randlich eingewachsenen Augitmikrolithen und Magnetitkristallen auf. Er kann nicht mit den basaltischen Tuffen in der Umgebung des Riedener Kessels in Verbindung gebracht werden. Von den untersuchten älteren Basalttuffen vom Leilenkopf, Sulzbusch, Schorberg, den Tuffen der Hannebacher Ley, den Palagonittuffen zwischen Hannebach und Kempenich, sowie den Tuffen vom Hochsimmer und Hochstein (Tab. 9) enthält Augit gleicher Ausbildung der teilweise staubfeine basaltische Tuff des Hochsimmer, der sehr arm an Hornblende und Olivin ist. Aus der Korngröße (0,2 bis 0,06 mm und $< 0,06$ mm) und dem Auftreten aggregierter Augitnadeln kann man auf äolische Absetzung des Hochsimmer-Materials in den Schottern der älteren Mittelterrasse schließen. Dadurch ist eine direkte Zeitbeziehung zwischen der Schotterablagerung und der Tuffförderung des Hochsimmer hergestellt. Das K-Ar-Alter des Hochsimmer beträgt 300 000 Jahre.

2.4. Mittlere Mittelterrasse und jüngere Tätigkeit des basaltischen Leilenkopf-Vulkanes

Untersucht wurden:

a) Aufschluß „Klein-Petersberg“. Nördlich von Niederbreisig ist die mittlere Mittelterrasse am Weg zum Restaurant „Klein-Petersberg“ in zwei aneinander anschließenden Profilen aufgeschlossen. Die Schotterbasis liegt 105 m

ü. NN. Im unteren Profilteil stehen über Devonschiefern 1,6 m mächtige grobkörnige sandstreifige Schotter unter schwarzgrauem Basalttuff an. Der Basalttuff ist 0,35 m hoch kreuzgeschichtet und mit Feinkies vermischt. Die kreuzgeschichteten Tuffe gehen in 1,1 m mächtige blauschwarze ungeschichtete, mit einzelnen größeren Geröllen durchsetzte Tuffe über. Den Abschluß bildet ca. 2–3 m mächtiger lößähnlicher sandiger Lehm, vermischt mit Geröllen. In dem oberen Profilteil folgt auf diesen Sandlöß ein weiteres, 0,56 m mächtiges Tuffband, das aus parallelgeschichteten, verfestigten hellen und dunklen Lagen von cm-Dicke besteht. Über diesem Tuffband lagern nochmals 1,2 m Schotter mit Sand- und Feinsandlagen.

Im unteren Profilteil wurden 11 Proben aus den Sand-, Schotter- und Tufflagen im Abstand von jeweils 0,2 m entnommen (Nr. 1–11). Im oberen Profilteil wurde jede makroskopisch erkennbare Lage des verfestigten Wechselluffs mit einer Probe belegt (Nr. 13–27). Probe 21 enthält Material des Sandlösses (s. Tab. 4).

b) **A u f s c h l u ß „A r i e n d o r f“**, Kiesgrube nördlich Ariendorf 110 m ü. NN. Über 8,5 m mächtigen rötlichen bis gelbbraunen Schottern mit sandiger Zwischenmasse folgt eine 2,5 m mächtige schwarzgraue Sand- und Kieslage mit ausgeprägter Kreuzschichtung. Im oberen Teil der dunklen Sande sind Feinsandlinsen bis zu 1,0 m Mächtigkeit eingelagert. Darüber folgen 5 m Grobkies und Grobsand von rötlicher Färbung mit Feinsandstreifen und -linsen. Eine Lößdecke bildet den Abschluß des Profils. Makroskopisch erkennbare Tuffeinschaltungen wie am „Klein-Petersberg“ fehlen hier. Die undurchsichtigen Körner sind überwiegend opakes Erz.

In der Schwermineralfraktion überwiegen die durchsichtigen Minerale. Charakteristisch für die mittlere Mittelterrasse ist der hohe Anteil an basaltischem Augit. Braune Hornblende tritt im Gegensatz zur älteren Mittelterrasse nur untergeordnet auf (s. Tab. 5).

Die vulkanische Assoziation besteht aus basaltischem Augit, Titanaugit, Ägirinaugit, brauner Hornblende, Olivin, Titanit, Apatit und Magnetit.

B a s a l t i s c h e r A u g i t, idiomorphe Kristalle und Kristallbruchstücke, zum Teil verzwilligt nach (101), häufig Aufwachsungen kleinerer Augitkristalle und Magnetitoktaeder, in den Fraktionen < 0,2 mm büschelige Kristallaggregate, zum Teil Zonarbau, häufig dunkelgrüne Kernzone, olivgrün bis bräunlich, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 43^\circ\text{--}47^\circ$, Pleochroismus der Randzonen grünlich nach bräunlich, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 47^\circ$, Pleochroismus der Kerne grün nach gelbgrün, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 30^\circ\text{--}37^\circ$.

T i t a n a u g i t, idiomorphe Kristalle und Bruchstücke, Pleochroismus braun nach violettbraun. Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 46^\circ\text{--}53^\circ$.

Ä g i r i n a u g i t, grobkörnig, unregelmäßig begrenzt, < 0,2 mm intensiv grüne idiomorphe Nadeln mit ausgebildeten Endflächen, klar durchsichtig, ohne Lösungsspuren, Pleochroismus grün nach gelbgrün, Auslöschungsschiefe $x \wedge c = 26^\circ$.

B r a u n e H o r n b l e n d e, basaltisch, zum Teil angelöst, zum Teil opake Einschlüsse, braun. Pleochroismus braun nach dunkelbraun, Auslöschungsschiefe $z \wedge c = 11^\circ$.

O l i v i n, idiomorph und angelöst (Hahnenkammstruktur), oktaedrische Magnetiteinschlüsse. $F_o = 90$.

T i t a n i t, stets idiomorph.

A p a t i t, kantengerundet.

Z i r k o n, idiomorph und abgerollt.

Die Lapilli in den Schottern unterhalb der ersten Tuffbank im Profil „Klein-Petersberg“ enthalten die gleichen Minerale.

Zur Zeit der Aufschotterung der mittleren Mittelterrasse waren die selbergitischen Förderungen bis auf einen schwachen Nachläufer von den basaltischen abgelöst worden. Die mittlere Mittelterrasse enthält daher überwiegend basaltische Einschaltungen.

Tabelle 5. Schwermineralverteilung in den Schottern der mittleren Mittelterrasse in Korn-%

Probe	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
Mittlere Mittelterrasse „Ariendorf“																
Fraktion 0.5—0.2 mm																
36	51.8	9.4	11.7	—	—	7.1	8.2	9.4	1.2	—	—	—	1.2	—	—	58.6
35	80.0	3.6	4.9	—	—	3.6	4.2	2.8	2.8	—	—	—	—	—	—	41.2
34	66.8	9.3	5.5	—	—	1.8	1.8	7.4	3.7	3.7	—	—	—	—	—	53.2
33	72.5	7.5	—	—	—	5.0	2.5	12.5	—	—	—	—	—	—	—	51.2
32	86.9	4.9	7.9	—	—	2.4	—	2.4	—	—	—	—	—	—	—	50.6
31	65.3	4.3	8.7	—	—	4.3	—	17.4	—	—	—	—	—	—	—	82.5
30	73.2	9.8	9.8	—	—	2.4	—	2.4	—	2.4	—	—	—	—	—	38.8
29	84.8	6.5	6.5	—	—	—	—	—	—	2.2	—	—	—	—	—	32.4
28	90.8	3.5	4.6	—	—	—	—	1.1	—	—	—	—	—	—	—	30.2
27	82.3	3.8	6.3	—	—	2.5	1.3	1.3	—	—	—	—	2.5	—	—	26.2
26	79.7	4.1	14.9	—	—	—	—	1.3	—	—	—	—	—	—	—	30.8
25	84.2	6.1	7.9	—	—	—	—	1.2	—	1.2	—	—	—	—	—	19.6
24	60.4	12.2	16.3	—	—	5.1	—	3.1	—	1.0	1.0	—	1.0	—	—	34.6
23	64.3	8.6	15.7	—	—	4.3	1.4	4.3	—	—	—	—	—	—	1.4	46.1
22	68.4	9.1	11.7	—	—	1.8	1.8	4.5	0.9	0.9	—	—	0.9	—	—	30.2
21	72.3	6.4	13.7	—	—	1.1	1.1	4.3	—	—	—	1.1	—	—	—	39.8
20	67.5	7.4	10.5	—	—	4.2	—	8.4	—	—	—	—	1.0	—	1.0	35.4
19	74.4	9.6	9.6	—	—	3.2	1.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	41.6
18	72.9	10.4	10.4	—	—	2.1	—	4.2	—	—	—	—	—	—	—	36.0
17	73.4	2.7	14.7	—	—	1.3	—	5.3	—	—	1.3	1.3	—	—	—	21.0
16	78.7	1.9	15.6	—	—	—	—	2.9	—	—	0.9	—	—	—	—	16.0
15	64.2	5.8	17.4	—	—	2.9	2.9	5.8	—	—	—	—	—	—	—	31.7
14	64.9	9.3	13.9	—	—	4.6	0.9	4.6	0.9	—	—	—	0.9	—	—	34.2
13	74.0	7.7	11.1	—	—	2.2	3.3	1.1	2.2	—	—	—	—	—	—	23.8
12	74.5	13.9	2.9	—	—	2.9	2.9	2.9	—	—	—	—	—	—	—	19.8
11	79.0	6.0	6.0	—	—	2.0	3.0	3.0	—	—	—	—	1.0	—	—	16.0
10	73.8	5.3	7.9	—	—	1.9	2.6	5.3	1.3	—	1.3	—	—	—	—	20.8
9	73.9	4.8	12.6	—	—	2.9	0.9	4.9	—	—	—	—	—	—	—	32.1
8	71.9	9.0	6.7	—	—	4.5	—	4.6	1.1	—	—	—	2.2	—	—	30.0
7	67.8	10.5	6.3	—	—	2.8	2.1	7.7	0.7	0.7	0.7	—	0.7	—	—	22.0
6	67.9	6.4	14.1	—	—	3.8	—	3.9	1.3	1.3	—	—	1.3	—	—	27.8
5	66.6	13.6	13.6	—	—	1.2	—	2.4	—	1.2	1.2	—	—	—	—	17.2
4	80.4	2.6	7.9	—	—	2.6	1.3	3.9	1.3	—	—	—	—	—	—	20.8
3	87.7	3.5	2.7	—	—	—	1.7	2.7	1.7	—	—	—	—	—	—	13.0
2	79.7	2.5	7.0	—	—	3.2	2.6	5.1	—	1.9	—	—	—	—	—	16.5
1	79.1	8.8	3.4	—	—	2.0	2.0	2.0	0.7	2.0	—	—	—	—	—	16.4
Fraktion 0.2—0.06 mm																
36	34.0	2.1	4.3	0.2	0.9	10.0	34.8	3.8	1.9	1.7	0.4	—	0.2	3.8	1.9	37.4
35	64.3	1.7	2.7	—	0.2	8.0	18.2	1.7	0.5	0.5	—	0.5	—	1.2	0.5	28.7
34	53.6	2.4	3.0	—	0.6	12.6	18.9	3.6	3.0	0.6	—	1.2	—	0.6	0.6	33.4

Probe	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
33	34.0	2.3	5.5	—	0.4	17.7	31.0	3.2	2.3	0.9	—	0.9	—	0.9	0.9	35.1
32	50.9	1.1	3.0	—	0.4	13.1	16.2	10.0	1.5	1.1	0.4	0.4	0.4	—	1.5	35.8
31	17.8	1.2	1.5	—	0.3	34.0	28.7	8.6	1.8	1.5	0.3	0.9	—	2.4	1.2	41.5
30	12.4	1.6	1.8	0.6	0.2	31.5	38.6	4.5	2.4	1.3	—	—	—	2.4	2.7	44.6
29	67.7	1.1	6.5	—	—	10.2	11.2	3.1	0.6	1.7	—	—	—	0.6	0.3	20.2
28	70.0	1.6	7.0	—	—	8.2	9.0	2.0	0.4	0.6	—	0.4	—	0.4	0.4	20.2
27	64.2	0.6	4.9	—	—	9.8	13.4	5.2	—	0.3	—	—	—	—	1.6	27.5
26	72.4	1.7	4.2	—	—	5.8	9.7	3.7	1.0	0.6	—	—	—	0.7	0.2	27.3
25	77.6	0.5	2.0	0.2	—	5.2	9.8	2.2	0.2	0.7	—	—	—	0.5	0.7	18.7
24	77.0	0.9	6.7	—	—	8.3	14.4	1.5	—	0.3	—	—	—	0.3	0.6	24.2
23	65.6	0.5	4.2	—	—	11.6	10.0	4.3	1.4	—	—	—	—	1.4	0.9	34.2
22	78.8	0.5	3.9	—	—	7.0	7.0	2.2	0.3	0.3	—	—	—	—	—	14.9
21	80.7	0.5	3.9	—	0.2	4.9	5.9	2.5	0.2	0.5	—	—	—	0.2	0.5	17.4
20	50.7	0.2	2.1	—	—	17.3	19.8	8.4	0.7	0.2	—	—	—	0.2	0.4	27.8
19	59.9	0.9	1.9	—	—	13.5	12.5	7.7	1.2	0.9	—	—	—	0.4	1.2	28.5
18	77.2	1.2	2.0	—	—	7.2	7.2	2.8	0.4	0.4	—	—	—	1.2	0.4	12.8
17	83.0	1.3	1.3	—	—	6.4	6.4	0.4	—	0.8	0.4	—	—	—	—	13.1
16	93.9	0.3	1.4	—	—	2.5	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	11.1
15	82.4	0.5	1.1	—	—	5.7	8.5	0.2	—	0.4	—	—	—	0.7	0.5	10.9
14	63.2	2.3	2.3	0.2	—	9.9	14.8	4.4	0.7	0.2	—	—	—	1.3	0.7	19.9
13	76.8	0.7	2.6	—	—	8.9	7.0	2.2	—	1.1	—	—	—	0.4	0.4	17.2
12	79.2	0.3	0.7	—	—	7.7	7.7	2.8	—	1.0	—	—	—	0.3	0.3	14.8
11	79.1	0.8	1.9	—	—	5.7	5.2	3.2	0.5	1.4	—	—	—	0.8	1.4	17.4
10	80.2	1.9	0.9	—	—	4.5	7.4	3.2	0.2	1.1	0.2	—	—	0.2	0.2	14.9
9	83.8	1.9	1.2	—	—	5.2	4.4	2.9	—	—	—	—	0.2	0.2	0.2	19.4
8	75.6	3.1	0.8	—	—	6.9	6.6	5.4	0.5	0.5	—	—	0.3	0.5	—	13.9
7	84.5	1.1	1.3	—	—	6.2	3.5	2.8	—	0.4	—	—	—	0.2	—	12.3
6	55.8	2.9	1.2	—	—	8.8	18.1	8.5	0.3	2.0	—	—	—	1.2	1.2	26.8
5	80.3	1.5	1.0	—	—	7.9	4.9	4.4	—	—	—	—	—	—	—	14.4
4	82.0	1.3	1.3	—	—	7.4	5.8	2.2	—	—	—	—	—	—	—	13.3
3	85.6	2.4	0.5	—	—	5.5	4.5	0.5	—	0.3	—	—	—	0.3	—	16.7
2	88.8	1.2	0.8	—	—	2.4	3.6	1.6	0.4	—	—	—	—	0.4	0.8	12.3
1	83.9	2.2	0.3	—	—	5.4	4.5	1.7	0.3	0.3	0.3	—	—	1.1	—	13.7
Fraktion < 0.06 mm																
36	69.2	0.5	—	1.0	—	5.2	15.8	1.0	—	—	—	—	—	7.3	—	33.2
35	75.7	—	—	0.9	—	7.6	12.6	—	—	—	—	—	—	3.2	—	12.4
34	90.7	—	—	—	—	1.2	6.9	—	—	—	—	—	—	1.2	—	31.5
33	90.0	0.5	0.5	—	—	0.5	3.8	—	—	—	—	—	—	4.7	—	39.5
32	87.2	—	—	—	—	5.1	2.6	—	—	—	—	—	—	5.7	—	40.7
31	25.4	—	—	—	—	28.8	5.8	9.1	2.1	—	—	—	—	28.8	—	48.3
30	17.5	—	—	—	—	32.5	11.0	8.0	—	—	—	—	—	25.5	5.5	38.2
29	94.5	—	—	—	—	2.2	—	1.1	—	—	—	—	—	2.2	—	29.7
28	96.0	—	0.5	—	—	1.0	0.5	0.5	—	—	—	—	—	1.0	0.5	19.6

Tabelle 5. Schwermineralverteilung in den Schottern der mittleren Mittelterrasse in % (Fortsetzung)

Probe	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Andalusit	Disthen	Sillimanit	Zirkon	Rutil	Opake Min.
27	95.2	—	—	—	—	1.2	1.2	1.2	—	—	—	—	—	1.2	—	18.7
26	61.5	1.3	1.0	1.3	—	27.6	1.3	—	1.3	—	—	—	—	4.7	—	39.2
25	80.8	—	—	1.2	—	13.4	4.6	—	1.2	—	—	—	—	—	—	42.6
24	72.1	—	0.5	—	—	19.2	4.9	1.1	—	—	—	—	—	2.2	—	41.0
23	94.2	—	0.5	—	—	1.2	2.4	1.2	—	—	—	—	—	0.5	—	30.8
22	83.0	—	—	—	—	14.7	1.8	—	—	—	—	—	—	0.5	—	27.6
21	91.9	—	—	1.5	0.5	4.8	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	18.5
20	89.5	—	—	—	—	2.5	1.0	0.5	—	—	—	—	—	6.0	—	32.7
19	72.1	—	—	—	—	15.2	1.9	0.5	—	—	—	—	—	7.8	0.5	35.5
18	88.0	—	—	—	1.0	5.0	2.0	—	—	—	—	—	—	4.0	—	41.0
17	89.0	—	—	—	—	4.8	1.8	—	—	—	—	—	—	4.4	—	32.6
16	86.5	—	—	—	—	4.5	4.5	—	—	—	—	—	—	4.5	—	48.3
15	90.3	—	—	—	—	5.8	2.6	—	—	—	—	—	—	1.3	—	24.7
14	86.5	—	—	—	—	8.1	3.6	—	—	—	—	—	—	1.8	—	26.9
13	82.6	—	—	—	1.0	9.5	2.1	—	—	—	—	—	—	4.8	—	27.1
12	88.8	—	—	—	—	7.9	1.1	—	—	—	—	—	—	2.2	—	18.4
11	86.2	—	—	—	—	10.2	1.0	1.3	—	—	—	—	—	1.3	—	29.1
10	83.2	—	—	—	—	9.2	4.8	—	—	—	—	—	—	2.8	—	25.0
9	86.0	—	—	—	—	7.6	3.2	—	—	—	—	—	—	3.2	—	43.6
8	93.4	—	—	—	—	1.2	0.5	—	—	—	—	—	—	4.9	—	41.2
7	96.7	—	—	—	—	1.0	0.5	—	—	—	—	—	—	1.8	—	21.4
6	70.9	—	—	—	—	19.5	4.8	—	—	—	—	—	—	4.8	—	37.5
5	72.9	—	—	—	—	18.3	4.6	—	—	—	—	—	—	4.2	—	35.5
4	82.2	—	—	—	—	9.2	4.6	—	—	—	—	—	—	4.0	—	39.1
3	84.3	—	—	—	—	8.0	4.1	—	—	—	—	—	—	3.6	—	40.4
2	84.4	—	—	—	—	9.1	1.9	—	—	—	—	—	—	4.6	—	48.6
1	88.4	—	—	—	—	8.7	0.9	—	—	—	—	—	—	1.6	—	50.0

Das Profil „Klein-Petersberg“ (Abb. 5) weist als einziger Terrassenaufschluß am Mittelrhein zusammenhängende mächtige Einschaltungen von Basalttuff auf. Solche lokalen Tuffeinschaltungen können in Schottern wohl nur entstehen, wenn aus geringer Entfernung in kurzer Zeit reichlich Material zugeführt wird. Der Herkunftsort der dunklen Tuffe am „Klein-Petersberg“ ist daher in nicht zu großem Abstand zu suchen. Der nächstgelegene Basaltvulkan ist der Leilenkopf, an dem zwei zeitlich weit auseinanderliegende Tätigkeitsphasen unterschieden werden können (Tab. 9).

Makroskopisch weist die schwarzgraue Farbe der Tuffeinlagerungen am „Klein-Petersberg“ auf die jüngeren Tuffe des Leilenkopf hin. Auch der hohe Gehalt an größeren Glimmerblättchen, die in den ungefähr gleichaltrigen Vulkanen wie dem „Lummerfeld“ an den Kunksköpfen und dem Veitskopf in diesen Mengen nicht zu beobachten sind, läßt die große Ähnlichkeit mit den Leilenkopftuffen erkennen. Die Hauyn-führenden Basaltlapilli mit Augit, Olivin, Biotit, Magnetit, Titanit, Apatit

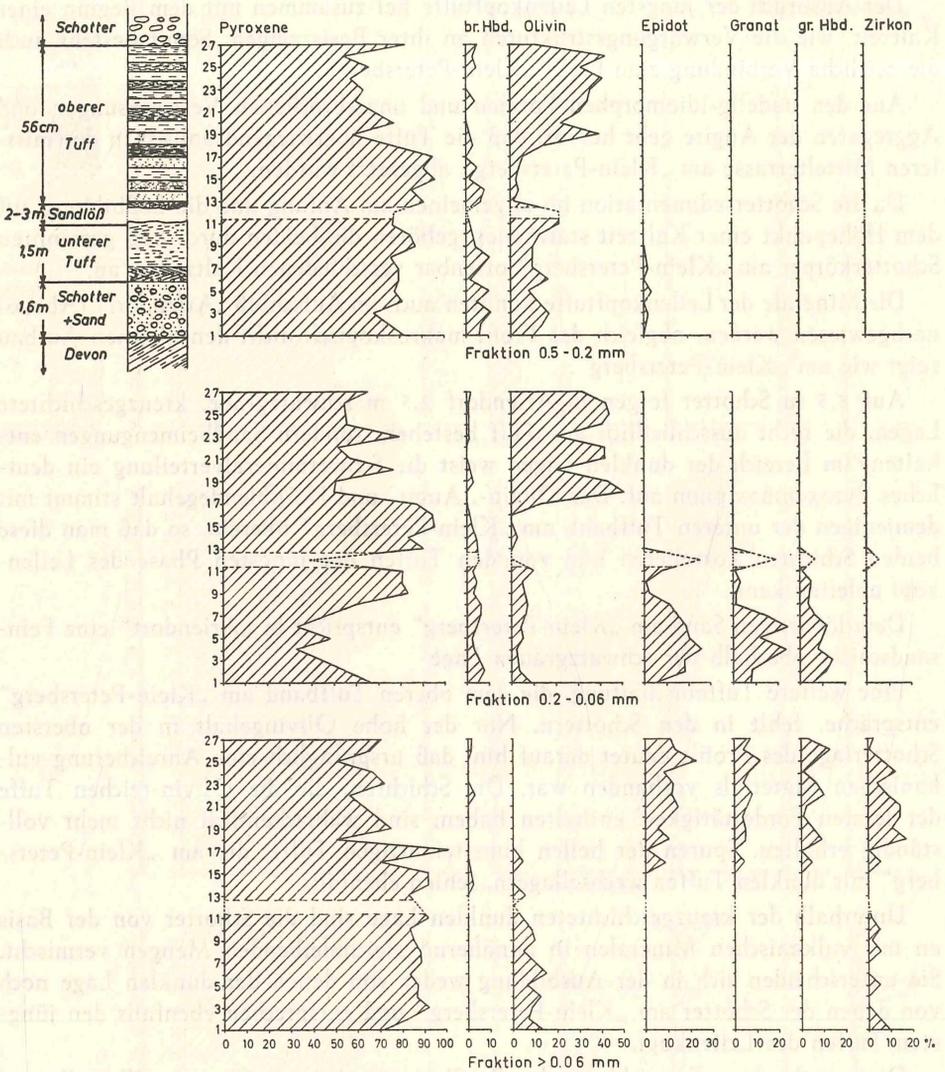


Abbildung 5. Schwermineralverteilung im Aufschluß „Klein-Petersberg“ der mittleren Mittelterrasse.

und Zirkon, die sich in der Terrasse in den unteren Schotter- und Tufflagen befinden, stimmen mit den am Vulkan ebenfalls in den unteren größeren Schichten der jüngsten Tuffe auftretenden und hier bis faustgroßen Basaltbomben vollkommen überein.

Sowohl am Leilenkopf als auch am „Klein-Petersberg“ nimmt der Olivinegehalt von unten nach oben zu und erreicht an beiden Orten ungefähr einen maximalen Anteil von rund 40%.

Das Augit : Hornblende-Verhältnis ist auf Grund der geringen Entfernung des Vulkanes von den Terrassenvorkommen nur wenig verschoben. Es beträgt in den jüngsten Leilenkopftuffen 95,7 : 4,3 und in der mittleren Mittelterrasse 94,5 : 5,5.

Der Ausbruch der jüngsten Leilenkopftuffe fiel zusammen mit dem Beginn einer Kaltzeit, wie die Verwürgungsstrukturen an ihrer Basis zeigen. Somit besteht auch die zeitliche Verbindung zum Profil „Klein-Petersberg“.

Aus den nadelig-idiomorphen Formen und unzerbrochenen Verwachsungen und Aggregaten der Augite geht hervor, daß die Tuffe überwiegend äolisch in der mittleren Mittelterrasse am „Klein-Petersberg“ abgesetzt wurden.

Da die Schotter sedimentation im allgemeinen am Anfang und die Lößbildung auf dem Höhepunkt einer Kaltzeit stattfindet, gehören die beiden durch Löß getrennten Schotterkörper am „Klein-Petersberg“ offenbar verschiedenen Kaltzeiten an.

Die Minerale der Leilenkopftuffe konnten auch im Aufschluß „Ariendorf“ (Abb. 6) nachgewiesen werden, obgleich das Profil makroskopisch nicht den gleichen Aufbau zeigt wie am „Klein-Petersberg“.

Auf 8,5 m Schotter folgen in Ariendorf 2,5 m schwarzgraue, kreuzgeschichtete Lagen, die nicht ausschließlich aus Tuff bestehen, sondern Sandbeimengungen enthalten. Im Bereich der dunklen Lagen weist die Schwermineralverteilung ein deutliches Pyroxenmaximum auf. Der Olivin-, Augit- und Hornblendegehalt stimmt mit demjenigen der unteren Tuffbank am „Klein-Petersberg“ überein, so daß man diese beiden Schichten korrelieren und von den Tuffen der jüngsten Phase des Leilenkopf ableiten kann.

Dem lößartigen Sand am „Klein-Petersberg“ entspricht in „Ariendorf“ eine Feinsandschicht oberhalb der schwarzgrauen Lage.

Eine weitere Tuffeinschaltung, die dem oberen Tuffband am „Klein-Petersberg“ entspräche, fehlt in den Schottern. Nur der hohe Olivinegehalt in der obersten Schotterlage des Profils deutet darauf hin, daß ursprünglich eine Anreicherung vulkanischen Materials vorhanden war. Die Schichten, die die Olivin-reichen Tuffe der letzten Fördertätigkeit enthalten haben, sind wahrscheinlich nicht mehr vollständig erhalten. Spuren der hellen bimssteinartigen Tuffe, die am „Klein-Petersberg“ mit dunklen Tuffen wechsellagern, fehlen ebenfalls.

Unterhalb der kreuzgeschichteten dunklen Lage sind die Schotter von der Basis an mit vulkanischen Mineralen in annähernd gleichbleibenden Mengen vermischt. Sie unterscheiden sich in der Ausbildung weder von denen der dunklen Lage noch von denen der Schotter am „Klein-Petersberg“ und entsprechen ebenfalls den jüngsten Tuffen des Leilenkopf.

Die verschiedene Entwicklung der Profile von „Ariendorf“ und „Klein-Petersberg“ ist mit der Lage der Aufschlüsse zu erklären.

Die Pendelbewegungen eines Flusses führen zu unterschiedlicher Ausbildung der Schotterkörper in der Strommitte und am Stromrand. Die Profilmächtigkeit von „Ariendorf“ spricht für eine Lage in der Nähe der Strommitte. In einer solchen Lage ist die Erhaltung einer zusammenhängenden Tuffschicht wie am „Klein-Petersberg“ mit seiner Randlage nicht zu erwarten.

Während am „Klein-Petersberg“ in den Schottern neben fluviatiler Zufuhr des vulkanischen Materials auch äolische Einwehung in den beiden Tufflagen nachgewiesen werden kann, sprechen die stärker zugerundeten und häufig zerbrochenen Kornformen in „Ariendorf“ für eine vorwiegend fluviale Zufuhr.

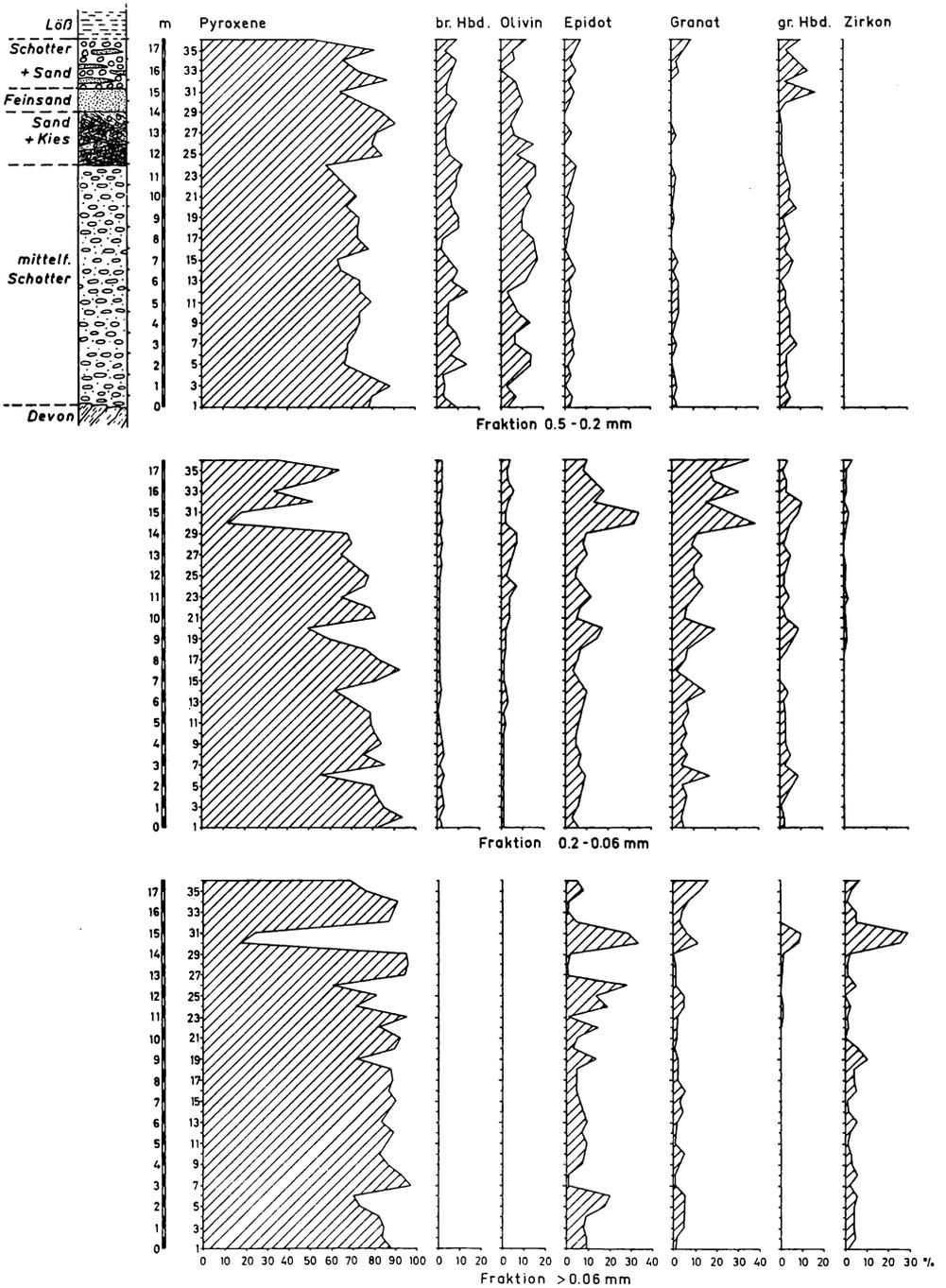


Abbildung 6. Schwermineralverteilung im Aufschluß „Ariendorf“ der mittleren Mittelterrasse.

2.5. Jüngere Mittelterrasse und Ende der mittleren Basaltphase des Laacher See-Gebietes

Die Schotter der jüngeren Mittelterrasse sind im Mittelrheingebiet mehrere Meter mächtig und enthalten einen hohen Anteil an vulkanischen Mineralen. Sie wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht, weil über sie zahlreiche Veröffentlichungen mit gut übereinstimmenden Ergebnissen vorliegen.

Nach VAN DEN BOOM (1958) treten als vulkanische Minerale Augit, braune Hornblende und Titanit auf. Diese Minerale wurden auch von VINKEN (1959), K. KAISER (1961) und ZONNEVELD (1956) in niederrheinischen und niederländischen Ablagerungen der jüngeren Mittelterrasse gefunden.

VAN DEN BOOM weist ein starkes Maximum in der Pyroxenführung nach, ohne es auf eine bestimmte Eruption im Laacher See-Gebiet zu beziehen. Wenn dieses Maximum einen neuen Vulkanausbruch anzeigt, kommt auf Grund des geologischen Alters, der geographischen Lage und des Mineralbestandes wahrscheinlich der Basaltvulkan „Hohe Buche“ bei Fornich in Betracht, dessen Tuffe unmittelbar am Rhein liegen, und daher leicht verfrachtet werden konnten. Die Tätigkeit des Vulkans „Hohe Buche“ fällt in die Zeit der Aufschotterung der jüngeren Mittelterrasse. Der von ihm zum Rhein geflossene Lavastrom lagert auf den Basisschottern der jüngeren Mittelterrasse.

2.6. Niederterrassen, Ausbrüche der Wehrer und Laacher Bimssteintuffe und jüngere Basaltphase des Laacher See-Gebietes

Die Niederterrasse ist am Mittelrhein morphologisch in eine ältere und eine jüngere Stufe gegliedert. Sie sind nicht immer deutlich gegeneinander abgesetzt, da die jüngere Stufe die ältere an manchen Orten nicht völlig durchschneidet und außerdem teilweise bis zum Niveau der älteren Niederterrasse wieder aufgeschottert worden ist.

Petrographisch ist eine Unterscheidung beider Stufen — auch im Gebiet der Niederrheinischen Bucht — stets möglich, da die älteren Sedimente wärmzeitliche Wehrer Bimsgerölle, die jüngeren dagegen allerödzeitliche Hauyn-führende Laacher Bimsgerölle führen (AHRENS, 1938, FRECHEN u. VAN DEN BOOM, 1959).

Die Förderung der Wehrer und Laacher Bimssteintuffe wird durch das vermehrte Auftreten des Ägirinaugits in den Niederterrassenschottern angezeigt. Neben der Bimssteinparagenese ist eine stark hervortretende basaltische Paragenese vorhanden. Sie kann von den gleichzeitig stattfindenden Eruptionen der jüngsten alkalibasaltischen Vulkane im östlichen und südöstlichen Teile des Laacher Vulkangebietes hergeleitet werden. Eine eingehende Untersuchung der Niederterrassenschotter wurde von VAN DEN BOOM (1958) vorgenommen. Da ferner die wärmzeitliche Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet mit Hilfe von Löß-Horizonten stratigraphisch festgelegt werden kann, unterblieb eine neue Bearbeitung. Im Zusammenhang mit den Untersuchungsergebnissen von VAN DEN BOOM wurde jedoch ein Profil bei Sinzig aufgenommen, um der Frage nachzugehen, wie weit Schotterhorizonte mit besonderer vulkanischer Mineralführung im Gelände verfolgt werden können.

VAN DEN BOOM stellte in der älteren Niederterrasse bei Urmitz im Neuwieder Becken drei Maxima in der Pyroxenführung fest. Das erste Maximum im unteren

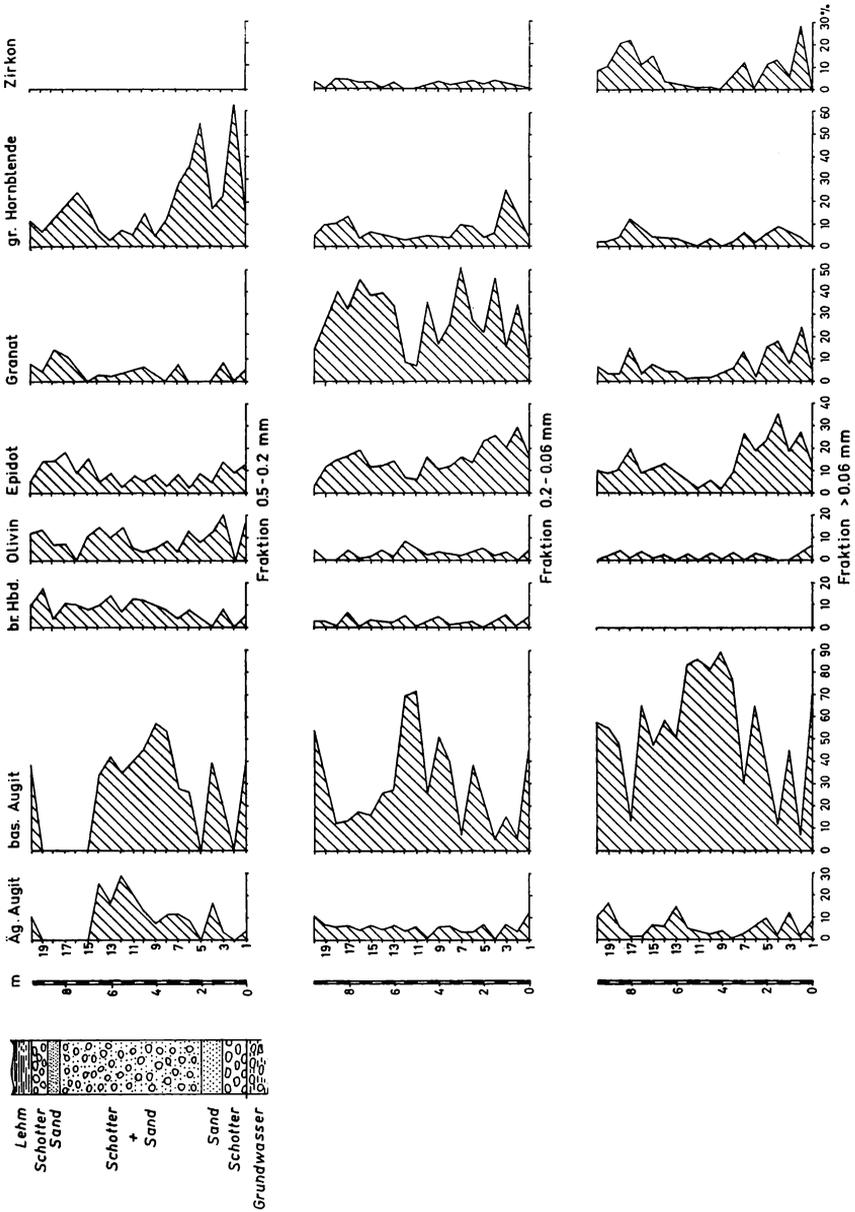


Abbildung 7. Schwermineralverteilung im Aufschluß „Sinzig“ der älteren Niederterrasse.

Teil der Schotter entspricht in seiner Zusammensetzung (Ägirinaugit, reichlich Sanidin) dem in Kärlich auftretenden Wehrer Bimstuff vom Typus Gleys. Die Zusammensetzung des zweiten Maximums (basaltischer Augit mit Magnetiteinschlüssen, Olivin) ist identisch mit dem Kärlicher Brockentuff; das dritte Maximum (Ägirinaugit, Sanidinzunahme) bringt VAN DEN BOOM mit Bimstufen in Verbindung, die im Kärlicher Würmlöß-III auftreten und wahrscheinlich aus dem Wehrer oder Laacher Kessel stammen.

Tabelle 6. Schwermineralverteilung in den Schottern der älteren Niederterrasse in Korn-%

Probe	Ägirinaugit	bas. Augit	Titanaugit	Hypersthen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Biotit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Monazit	Zirkon	Rutil	Opake Min.	
Ältere Niederterrasse „Sinzig“																					
Fraktion 0.5—0.2 mm																					
20	9.9	38.3	—	3.7	9.9	12.3	—	—	—	4.9	7.4	11.1	—	1.2	—	—	—	—	1.2	62.7	
19	—	45.3	—	—	17.0	13.2	—	—	—	13.2	3.8	5.7	1.9	—	—	—	—	—	—	74.8	
18	—	30.0	—	3.3	3.3	6.7	—	—	10.0	13.3	13.3	13.3	—	—	—	6.7	—	—	—	78.4	
17	—	26.2	—	—	9.5	7.1	—	—	2.4	16.7	11.9	16.7	4.8	—	—	4.8	—	—	—	72.6	
16	—	44.2	2.3	2.3	9.3	—	—	—	4.7	9.3	4.7	23.2	—	—	—	—	—	—	—	72.5	
15	—	38.5	—	5.1	7.7	10.2	—	—	—	15.4	—	17.9	2.6	—	—	2.6	—	—	—	73.4	
14	24.3	34.3	—	—	8.6	14.3	—	—	—	4.3	1.4	7.1	2.9	1.4	—	—	—	—	1.4	57.8	
13	16.7	41.7	—	1.7	13.3	10.0	—	—	—	8.3	1.7	3.3	3.3	—	—	—	—	—	—	64.3	
12	27.9	34.9	—	2.3	7.0	13.9	2.3	—	—	2.3	2.3	7.0	—	—	—	—	—	—	—	55.7	
11	21.0	40.3	—	1.6	11.3	6.4	1.6	—	—	6.4	3.2	4.8	1.6	1.6	—	—	—	—	—	55.0	
10	13.3	45.4	—	—	12.3	3.5	—	—	—	5.3	5.3	14.0	—	—	—	1.7	—	—	—	63.3	
9	7.7	56.3	—	1.0	10.7	4.8	1.0	—	1.0	6.8	2.9	4.8	1.0	1.0	—	1.0	—	—	—	42.8	
8	11.5	53.9	—	—	7.7	7.7	—	—	—	3.8	—	11.5	—	3.8	—	—	—	—	—	70.4	
7	12.0	28.0	—	—	4.0	4.0	4.0	—	—	8.0	12.0	28.0	—	—	—	—	—	—	—	74.2	
6	9.3	25.6	—	4.7	7.0	11.6	2.3	—	—	2.3	—	34.9	2.3	—	—	—	—	—	—	65.1	
5	—	20.0	—	—	4.0	8.0	—	—	—	8.0	—	56.0	—	—	—	4.0	—	—	—	69.9	
4	16.7	38.9	5.9	—	—	11.1	—	—	—	5.5	—	16.7	—	5.5	—	—	—	—	—	76.3	
3	3.7	22.2	—	3.7	7.4	18.5	—	—	—	14.8	7.4	22.2	—	—	—	—	—	—	—	62.0	
2	—	—	—	9.1	—	—	—	—	9.1	9.1	—	63.6	—	—	—	—	—	—	—	87.5	
1	4.2	37.4	—	—	4.2	16.6	—	—	—	12.5	4.2	16.6	—	4.2	—	—	—	—	—	62.5	
Fraktion 0.2—0.06 mm																					
20	10.7	54.3	—	—	2.1	3.6	1.4	—	—	2.9	14.3	4.3	1.4	0.7	—	—	1.4	2.9	—	52.0	
19	7.1	35.7	—	0.9	2.7	—	3.6	—	—	11.6	26.8	9.8	—	0.9	—	0.9	—	—	—	63.0	
18	5.6	12.5	—	1.2	0.6	0.6	—	1.2	—	15.0	40.0	10.6	2.5	3.1	—	0.6	0.6	4.4	1.2	58.2	
17	6.8	13.2	—	—	5.0	3.3	—	0.8	—	15.7	31.8	12.5	4.2	—	—	1.7	—	4.2	0.8	60.0	
16	4.2	16.9	—	0.9	—	0.9	—	—	—	19.5	45.0	3.4	5.1	—	—	0.9	—	2.5	0.9	55.4	
15	6.0	16.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	—	—	12.0	38.0	7.0	3.0	1.0	2.0	1.0	—	3.0	1.0	60.8	
14	5.4	25.0	1.8	—	1.8	2.7	0.9	—	—	12.5	39.3	4.5	0.9	0.9	—	0.9	—	0.9	2.7	58.5	
13	6.3	26.6	0.5	—	2.5	1.6	0.8	0.3	—	13.9	34.8	4.1	1.6	1.4	0.3	—	—	2.2	2.5	46.5	
12	4.3	67.8	0.3	—	0.9	5.2	0.6	—	—	7.2	8.0	2.9	2.0	0.6	—	0.3	—	—	—	24.8	
11	5.6	70.5	—	—	1.6	4.2	0.6	—	—	6.2	5.9	3.9	0.3	0.9	—	—	—	—	0.3	25.0	

Probe	Ägirinaugit	bas. Augit	Titanaugit	Hypersthen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Biotit	Epidot	Granat	gr. Hornblende	Turmalin	Staurolith	Disthen	Sillimanit	Monazit	Zirkon	Rutil	Opake Min.	
10	1.3	26.2	1.3	—	2.6	1.3	2.0	—	—	15.7	37.2	5.2	1.3	2.6	—	—	—	0.7	—	45.4	
9	5.9	50.0	—	0.6	1.5	2.8	1.5	—	—	11.3	16.7	4.4	0.8	1.3	—	—	—	2.6	0.8	35.0	
8	7.4	39.2	—	—	1.7	1.3	0.9	0.9	—	12.2	26.1	4.4	1.7	1.7	—	0.4	—	1.7	0.4	37.2	
7	3.5	7.1	—	0.4	1.8	1.3	1.8	0.4	—	15.5	49.6	9.7	2.2	1.3	—	—	0.9	2.2	2.2	47.0	
6	3.5	38.2	—	—	2.2	3.4	1.7	—	—	13.5	24.2	9.0	—	1.7	—	—	—	2.8	—	48.5	
5	6.8	23.8	1.7	—	—	5.1	1.7	—	—	23.8	32.2	3.4	—	—	—	—	—	1.7	—	43.3	
4	0.5	4.8	—	0.5	2.9	1.0	3.4	1.0	—	26.4	46.6	6.3	1.0	0.5	—	0.5	—	2.9	1.9	49.5	
3	6.6	14.9	—	—	5.0	1.7	—	1.7	—	20.6	15.7	24.8	0.8	0.8	3.3	0.8	—	1.7	1.7	47.2	
2	4.0	5.6	—	—	0.8	—	3.2	0.8	—	27.0	34.2	15.8	4.0	0.8	0.8	—	—	1.6	1.6	52.8	
1	11.8	43.2	—	0.6	3.6	3.6	1.2	1.2	—	15.4	12.4	4.8	—	—	—	—	—	0.6	1.8	36.7	
Fraktion < 0.06 mm																					
20	11.3	57.2	—	—	0.7	0.4	1.5	0.5	—	10.0	6.8	1.5	0.7	—	—	—	—	7.9	1.5	39.3	
19	16.7	54.5	—	—	1.7	0.8	0.8	0.3	—	8.4	2.5	2.1	0.8	—	—	—	—	10.6	0.8	42.2	
18	6.0	48.0	—	—	1.0	2.0	2.0	—	—	10.0	2.0	3.0	3.0	—	—	1.0	—	21.0	1.0	48.9	
17	2.3	14.1	—	—	1.5	0.8	3.8	0.3	—	19.4	14.0	12.1	3.8	—	—	—	—	22.0	5.3	56.3	
16	2.4	65.3	—	—	—	2.4	1.6	0.2	—	8.5	3.9	0.8	3.2	—	—	—	—	11.0	0.8	49.7	
15	5.7	47.7	—	—	—	1.9	5.7	1.0	—	9.5	6.7	3.8	1.9	—	—	—	—	14.3	1.9	48.8	
14	6.0	58.0	0.6	—	—	1.8	4.8	—	—	13.2	3.6	2.4	3.6	—	—	—	—	4.2	1.8	38.8	
13	14.9	51.7	3.4	2.3	1.1	—	1.1	1.0	—	8.0	3.4	2.3	4.1	—	—	—	—	2.3	4.1	42.8	
12	5.6	83.2	—	—	—	1.0	1.0	—	—	5.0	1.3	1.0	0.7	—	—	—	—	1.0	0.3	29.4	
11	4.9	86.3	—	—	0.5	0.5	1.0	0.5	—	2.0	1.5	0.5	0.5	—	—	—	—	1.5	0.5	22.8	
10	3.4	82.2	—	—	—	1.4	2.7	—	—	4.8	1.4	2.0	0.7	—	—	—	—	1.4	—	27.7	
9	3.7	89.6	—	—	0.3	0.6	0.9	—	—	1.8	1.8	0.3	0.9	—	—	—	—	—	—	22.0	
8	0.8	77.8	—	—	0.8	0.8	1.4	0.2	—	8.0	3.5	1.1	0.8	—	—	—	—	4.2	0.8	29.3	
7	2.3	29.8	1.4	—	—	—	4.1	0.2	0.9	26.1	11.7	5.5	2.3	—	—	1.4	—	11.5	2.7	40.0	
6	6.2	64.7	—	—	2.1	2.1	2.1	—	—	18.7	2.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	32.4	
5	9.2	33.9	—	—	—	1.5	—	—	—	23.1	15.4	4.6	1.5	—	—	—	—	10.7	—	43.0	
4	2.2	12.4	—	—	—	—	5.3	—	—	34.0	18.2	6.6	1.3	—	—	—	1.3	13.3	5.3	48.1	
3	11.8	44.3	—	—	—	—	2.0	0.7	—	19.1	8.0	6.0	0.7	—	—	—	—	7.3	—	37.2	
2	1.8	7.1	—	—	—	0.9	2.7	—	—	25.6	22.1	5.3	—	—	—	0.9	1.3	27.4	5.3	47.7	
1	7.7	63.0	—	—	—	2.1	4.2	1.0	—	13.0	7.0	—	0.7	—	—	—	—	0.7	0.7	36.4	

Die Untersuchung des Aufschlusses der älteren Niederterrasse in der Nähe der Glasfabrik südlich von Sinzig (Abb. 7, Tab. 6) ergab eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von VAN DEN BOOM. Die auch in Sinzig zu beobachtenden drei Pyroxenausschläge sind in der Art modifiziert, daß das mittlere Maximum weit auseinandergezogen ist. Es erstreckt sich über einen einheitlichen Schotterkörper von mehreren Metern Mächtigkeit. Eine Profilmächtigkeit von ca. 10 m lag in dem von VAN DEN BOOM untersuchten Aufschluß „Urmitz“ nicht vor.

Das erste Pyroxenmaximum an der Schotterbasis von „Sinzig“ zeigt eine Ägirinzunahme und würde den Wehrer Bimstufen II und III des Typus Gleys (FRECHEN u. ROSAUER, 1959) im Kärlicher Würmlöb-Profil entsprechen. Die Zufuhr von Wehrer Bimstufen in die ältere Niederterrasse wird auch durch das Auftreten grüner Phonolithstückchen in den Schottern bestätigt, die aus dem Hüttenberguff nördlich des Wehrer Kessels, dem einzigen derartigen Vorkommen im Laacher See-Gebiet, stammen.

Das zweite Maximum enthält fast ausschließlich Kristalle von basaltischem Augit und Kristallaggregate mit aufgewachsenen Magnetitoktaedern. Die Formenausbildung und die Häufigkeit entsprechen ebenso wie der Olivinegehalt den Kärlicher Brockentuffen (FRECHEN, 1959a). Der hohe Anteil von Augit aus dem Kärlicher Brockentuff in den Niederterrassenschottern spricht dafür, daß der Brockentuff ursprünglich eine relativ mächtige Decke gebildet hat. Da die Eruption in einer Kaltzeit stattfand und ausschließlich Lockermassen gefördert wurden, konnte das Tuffmaterial unmittelbar in den Schottern abgelagert werden.

Im dritten Pyroxenmaximum steigt der Gehalt an Ägirinaugit, barkevikitischer Hornblende und Sanidin deutlich an, so daß dieses Maximum mit einer Bimseinschaltung an der Basis des Würm-III-Lösses in Kärlich (FRECHEN u. ROSAUER, 1959) verknüpft werden kann.

2.7. Jüngere Niederterrasse

In den Schottern der jüngeren Niederterrasse treten Bimsgerölle und feinkörnige Bimseinlagerungen auf, die nach AHRENS (1938) und FRECHEN u. VAN DEN BOOM (1959) mit den grauen Laacher Bimstufen identisch sind. Sie unterscheiden sich von den Wehrer Bimstufen durch die Führung von Hauyn und durch höhere Gehalte an brauner Hornblende. Aus dem konstanten Augit : Hornblende-Verhältnis von 62 : 38 (68 : 32 im grauen Laacher Bims) schließen die genannten Autoren, daß der Bimssteintuff bereits vollständig abgelagert war, bevor er in die Terrassenschotter gelangte. Die Laacher Bimsstufe wurden im Alleröd gefördert; die Terrassenaufschotterung, die man jeweils zu Beginn eines Glazials oder Stadials annimmt, wäre dann am Anfang der jüngeren Tundrenzeit erfolgt.

3. Bedeutung der vulkanischen Minerale für die Terrassenstratigraphie und Terrassenhorizontierung

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß alle Terrassen im unteren Mittelrheingebiet vulkanische Beimengungen in wechselnder Menge und Zusammensetzung enthalten. Die vulkanischen Einschaltungen ändern sich von Terrasse zu

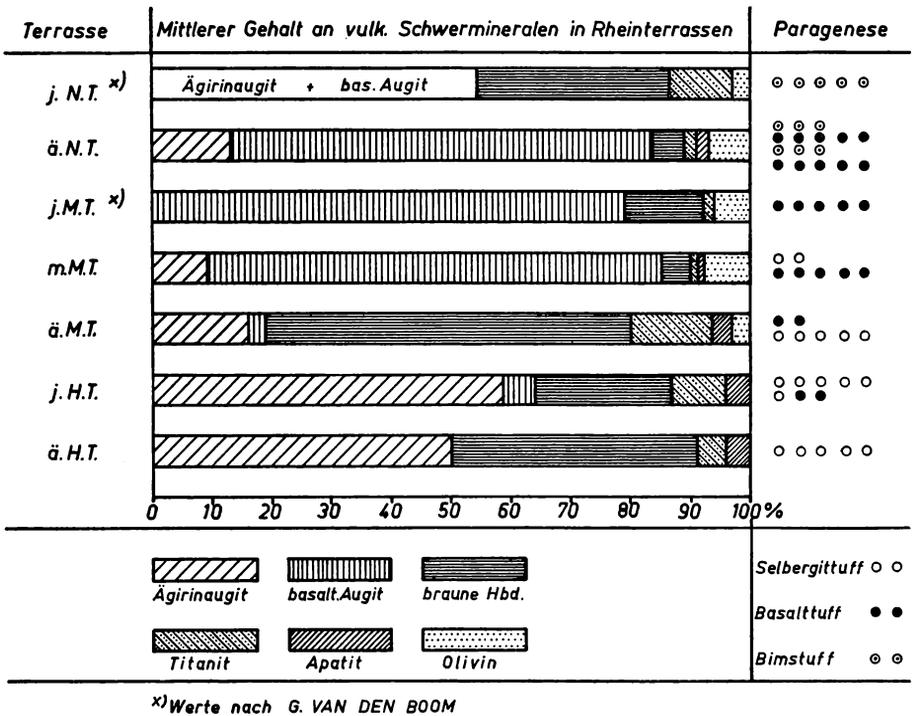


Abbildung 8. Mittlere Häufigkeit der vulkanischen Minerale aus dem Laacher See-Gebiet in den Terrassenschottern am unteren Mittelrhein.

Terrasse. Dies weist darauf hin, daß den Sedimenten Material aus aufeinanderfolgenden, stofflich verschiedenen Förderungen zugeführt worden ist.

Nach dem Auftreten der einzelnen Minerale lassen sich drei Haupt-Assoziationen unterscheiden (Abb. 8). Die erste ist durch das Vorherrschen von Ägirinaugit und brauner barkevikitischer Hornblende gekennzeichnet. Sie findet sich in der älteren und jüngeren Hauptterrasse und in der älteren Mittelterrasse. In der zweiten bildet basaltischer Augit den Hauptbestandteil. Sie charakterisiert die mittlere und jüngere Mittelterrasse. Die dritte wird durch das Auftreten von Ägirinaugit und Hornblende neben basaltischem Augit bestimmt. Sie tritt in der älteren und jüngeren Niederterrasse auf.

Vergleicht man die vulkanischen Einschaltungen in den Terrassen mit den Förderprodukten des Laacher Vulkangebietes, so ergeben sich Zusammenhänge, die diese Einteilung in drei Haupt-Assoziationen paragenetisch begründet erscheinen lassen.

Die vulkanischen Assoziationen der älteren und jüngeren Hauptterrasse, sowie der älteren Mittelterrasse entsprechen in ihrer Zusammensetzung dem Mineralbestand der altquartären selbergitischen Tuffe des Laacher See-Gebietes. Die ursprünglich große Verbreitung der Selbergittuffe und die lange Förderzeit erklären die Vorherrschaft dieser Paragenese innerhalb eines verhältnismäßig großen Zeitabschnittes der Terrassenbildung.

Die mittlere und jüngere Mittelterrasse enthalten eine Paragenese, die sich im wesentlichen aus basaltischem Augit, basaltischer Hornblende und Olivin zusammen-

setzt. Die gleiche Paragenese tritt in den auf die selbergitischen Förderungen folgenden alkalibasaltischen Tuffen des Laacher See-Gebietes auf.

Die dritte Assoziation entspricht dem Mineralbestand der wärmzeitlichen Bimsstein- und Basaltförderungen.

Für die einzelnen Terrassen ergeben sich die folgenden kennzeichnenden Assoziationen vulkanischer Minerale:

- j. N. T.: Minerale des Laacher Bims (Ägirinaugit, Hornblende), basaltischer Augit, Olivin
- ä. N. T.: basaltischer Augit, Olivin, Minerale des Wehrer Bims (Ägirinaugit, Hornblende)
- j. M. T.: basaltischer Augit \gg Hornblende, Olivin
- m. M. T.: basaltischer Augit \gg Ägirinaugit, Hornblende, Olivin
- ä. M. T.: Ägirinaugit, basaltischer Augit, Olivin $<$ Hornblende
- j. H. T.: Ägirinaugit $>$ Hornblende, basaltischer Augit
- ä. H. T.: Ägirinaugit $>$ Hornblende (s. Abb. 8)

Die ständigen relativ hohen Anteile von Hornblende sind ein deutlicher Hinweis, daß die vulkanischen Minerale in den Schottern des Mittelrheines überwiegend aus Lockerprodukten stammen. Die Gesteine der selbergitischen Quellkuppen und der basaltischen Lavaströme des Laacher See-Gebietes enthalten kaum Hornblende. Sie findet sich jedoch fast regelmäßig in den verschiedenen Tuffablagerungen.

Am Niederrhein wurden vulkanische Minerale von ZONNEVELD (1956) erst in der älteren Mittelterrasse in nachweisbaren Mengen beobachtet. In den Moselterrassen fehlen sie nach CREMER (1954) ebenfalls in den Hauptterrassen und treten erst in den Mittelterrassen deutlich hervor. Beide Autoren datieren daher den jungen Eifelvulkanismus in die Zeit nach der Hauptterrassen-Aufschotterung.

Aus diesen Beobachtungen zieht K. KAISER (1961) den Schluß, daß der Rheinische Vulkanismus zumindest im Alt- und Mittelpleistozän für die Schwermineralverteilung der entsprechenden Terrassen höchstens von lokaler Bedeutung gewesen sei. Das starke Hervortreten vulkanischer Minerale in den Mittelterrassen erklärt KAISER mit der verstärkten Tiefenerosion nach der Hauptterrassenzeit, durch welche die tertiären Tuffdecken des Westerwaldes und der Eifel angeschnitten und erodiert werden konnten. Nach KAISER führt lediglich die jüngere Niederterrasse vulkanisches Material des jungpleistozänen Eifel-Vulkanismus.

Die Spuren der ersten Förderungen des Laacher Vulkanismus in den Schottern der älteren Hauptterrasse zeigen jedoch eindeutig, daß die vulkanische Tätigkeit in diesem Gebiet bereits vor der Hauptterrassen-Zeit eingesetzt hat. Eine Bestätigung stellen die Ergebnisse der radioaktiven Altersbestimmungen dar (FRECHEN u. LIPPOLT, 1965).

Wie die vorliegende Untersuchung gezeigt hat, können die vulkanischen Einschaltungen aller Mittelrheinterrassen überwiegend von Tuffen pleistozäner Vulkane des Laacher See-Gebietes abgeleitet werden. Da die Schwermineralführung von den Mittelterrassen an mit der von ZONNEVELD (1956), VAN ANDEL (1950) und VINKEN (1959) beschriebenen Schwermineralführung in niederrheinischen und niederländischen Terrassenschottern weitgehend übereinstimmt, reicht der Einfluß des Rheinischen bzw. Laacher Vulkanismus mit Sicherheit über das Eruptionsgebiet hinaus.

Zur Zeit der Aufschotterung der jüngeren Hauptterrasse waren bereits die um-

		Fraktion < 0.06 mm							
	Probe	Olivin	Titanit	Apatit	Zirkon	Rutil	Biotit	opake Min.	
Selbergittuff									
1	Schellkopf	1	—	—	1.1	10.9	2.2	—	87.0
		2	—	—	—	9.4	—	—	89.5
		3	—	—	4.7	8.8	—	—	91.2
2	Riedener Kessel	5	—	3.1	9.2	—	—	5.1	36.1
		4	—	6.5	10.1	—	—	5.8	44.3
		3	—	2.0	3.1	—	—	3.2	32.9
		2	—	5.1	1.0	0.8	—	3.0	10.6
		1	—	4.8	1.4	0.2	—	2.4	13.5
3	Volkesfeld	3	—	—	27.2	—	—	—	32.1
		2	—	3.4	20.7	—	—	3.4	29.9
		1	—	—	8.0	1.7	—	—	25.5
Basalttuff									
4	Volkesfeld	2	1.7	—	1.7	—	—	—	34.5
		1	2.8	0.7	1.5	—	—	—	36.7
5	Leilenkopf I	6	3.3	1.8	1.8	—	—	—	33.7
		5	1.6	—	1.6	—	—	—	20.3
		4	—	—	0.3	—	—	—	37.5
		3	—	—	—	—	—	—	62.5
		2	—	—	—	—	—	—	20.0
		1	—	—	—	—	—	—	43.0
6	Sulzbusch	1	0.4	—	—	—	—	—	78.2
7	Hannebacher Ley	1	—	1.4	—	0.3	—	—	37.3
8	Schorberg West	3	1.5	1.5	—	—	—	—	45.0
		2	3.2	1.1	0.4	1.1	—	—	26.3
		1	2.5	1.7	—	2.1	—	—	24.0
9	Schorberg Süd	1	—	1.3	0.4	—	—	—	59.5
10	Hannebach-Kempenich	1	3.2	1.4	—	—	—	—	22.2
11	Hochsimmer	1	—	—	0.5	—	—	—	37.8
12	Hochstein	1	2.7	0.5	0.5	—	—	2.2	27.6
13	Leilenkopf II	8	5.1	2.5	2.5	—	—	—	33.6
		7	15.3	—	1.7	—	—	—	26.6
		6	13.1	—	5.0	—	—	—	72.4
		5	11.3	—	3.7	—	—	—	65.8
		4	8.7	1.7	4.8	3.2	—	—	33.3
		3	17.0	1.0	4.0	—	—	—	23.2
		2	17.2	—	1.0	—	—	—	20.0
		1	18.7	1.3	1.3	—	—	—	31.0
14	Bausenberg	2	5.9	—	2.0	—	—	1.3	36.5
		1	1.4	—	1.4	—	—	—	36.5

Tabelle 7. Schwermineralverteilung in vulkanischen Tuffen des Laacher See-Gebietes

Probe	Fraktion 0.5—0.2 mm									Fraktion 0.2—0.06 mm							Fraktion < 0.06 mm									
	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Zirkon	Biotit	opake Min.	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Zirkon	Biotit	opake Min.	Pyroxen	br. Hornblende	Olivin	Titanit	Apatit	Zirkon	Rutil	Biotit	opake Min.	
Selbergittuff																										
1 Schellkopf	1	67.5	27.8	4.5	—	0.3	—	—	20.5	81.0	14.0	2.0	0.6	—	2.0	—	72.2	82.5	3.3	—	—	1.1	10.9	2.2	—	87.0
	2	58.8	32.4	8.8	—	—	—	—	30.0	69.2	26.6	1.7	—	—	1.7	—	65.7	78.1	12.5	—	—	—	9.4	—	—	89.5
	3	63.2	27.5	8.2	—	1.1	—	—	19.5	82.5	12.0	3.4	—	1.7	0.4	—	65.9	75.6	8.8	—	—	4.7	8.8	—	—	91.2
2 Riedener Kessel	5	74.0	13.4	—	3.3	3.9	—	5.4	20.2	78.2	4.2	—	3.1	13.1	—	1.5	18.5	79.5	3.1	—	3.1	9.2	—	—	5.1	36.1
	4	65.5	7.8	—	1.5	3.0	—	22.2	23.1	78.0	3.4	—	3.0	6.8	—	8.7	32.3	76.8	0.7	—	6.5	10.1	—	—	5.8	44.3
	3	81.6	8.9	—	1.3	2.5	—	5.6	21.2	86.3	6.9	—	1.3	3.7	—	1.7	20.4	91.8	—	—	2.0	3.1	—	—	3.2	32.9
3 Volkesfeld	2	88.7	3.0	—	3.9	0.4	—	3.9	21.8	86.8	2.2	—	4.4	—	—	6.6	14.1	88.7	1.3	—	5.1	1.0	0.8	—	3.0	10.6
	1	80.5	6.3	—	1.1	2.9	—	9.2	25.0	83.5	1.3	—	3.3	2.5	—	9.5	17.4	90.3	0.9	—	4.8	1.4	0.2	—	2.4	13.5
	3	83.1	9.2	0.8	3.1	3.9	—	—	19.7	82.0	5.0	—	3.7	9.3	—	—	20.2	72.7	—	—	—	27.2	—	—	—	32.1
Basalttuff	2	75.5	21.3	1.2	1.2	1.9	—	0.6	20.4	48.5	42.4	—	1.5	7.6	—	—	16.0	69.0	3.4	—	3.4	20.7	—	—	3.4	29.9
	1	70.1	20.7	0.7	2.7	5.8	—	—	14.8	66.2	22.3	0.8	2.7	7.4	0.8	—	11.6	86.2	3.5	—	—	8.0	1.7	—	—	25.5
4 Volkesfeld	2	97.0	6.6	9.1	0.3	—	—	—	22.2	83.9	2.8	12.5	0.4	0.4	—	—	10.7	96.6	—	1.7	—	1.7	—	—	—	34.5
	1	84.1	8.1	5.7	2.1	—	—	—	15.4	90.2	3.9	3.4	0.5	1.9	—	—	15.1	94.3	0.7	2.8	0.7	1.5	—	—	—	36.7
5 Leilenkopf I	6	95.8	—	4.2	—	—	—	—	21.5	97.5	—	2.5	—	—	—	—	11.7	93.1	—	3.3	1.8	1.8	—	—	—	33.7
	5	98.2	—	1.8	—	—	—	—	22.2	96.0	—	4.0	—	—	—	—	19.3	96.8	—	1.6	—	1.6	—	—	—	20.3
	4	99.8	—	0.2	—	—	—	—	22.5	95.0	—	5.0	—	—	—	—	26.0	99.7	—	—	—	0.3	—	—	—	37.5
	3	100.0	—	—	—	—	—	—	43.5	96.0	2.0	2.0	—	—	—	—	44.7	100.0	—	—	—	—	—	—	—	62.5
	2	97.2	1.4	1.4	—	—	—	—	11.9	97.6	—	2.4	—	—	—	—	14.0	100.0	—	—	—	—	—	—	—	20.0
	1	95.8	—	4.2	—	—	—	—	49.0	94.2	—	5.8	—	—	—	—	22.3	100.0	—	—	—	—	—	—	—	43.0
6 Sulzbusch	1	98.9	—	1.1	—	—	—	—	84.5	99.3	—	0.7	—	—	—	—	89.3	99.6	—	0.4	—	—	—	—	—	78.2
7 Hannebacher Ley	1	88.0	8.2	3.8	—	—	—	—	25.6	94.8	4.5	0.6	—	—	—	—	19.0	97.4	1.0	—	1.4	—	0.3	—	—	37.3
8 Schorberg West	3	77.8	—	22.3	—	—	—	—	49.5	79.6	0.5	19.3	—	0.5	—	—	23.2	97.0	—	1.5	1.5	—	—	—	—	45.0
	2	68.8	5.8	25.3	—	—	—	—	41.0	72.5	7.1	19.3	—	—	1.0	—	48.0	92.9	1.4	3.2	1.1	0.4	1.1	—	—	26.3
	1	67.3	11.8	20.9	—	—	—	—	36.0	76.8	4.8	17.5	0.5	—	0.5	—	39.5	90.4	3.4	2.5	1.7	—	2.1	—	—	24.0
9 Schorberg Süd	1	96.4	2.8	1.4	—	—	—	—	14.1	99.2	0.4	0.4	—	—	—	—	24.8	96.9	1.3	—	1.3	0.4	—	—	—	59.5
10 Hannebach-Kempenich	1	87.2	3.7	9.1	—	—	—	—	34.0	83.7	1.6	13.6	—	1.0	—	—	54.7	95.5	—	3.2	1.4	—	—	—	—	22.2
11 Hochsinner	1	95.8	3.7	—	0.5	—	—	—	21.1	96.9	3.1	—	—	—	—	—	35.0	98.4	1.4	—	—	0.5	—	—	—	37.8
12 Hochstein	1	94.0	1.1	3.4	—	0.4	—	—	7.9	85.2	0.8	6.6	—	0.8	6.5	—	26.6	92.4	1.6	2.7	0.5	0.5	—	—	2.2	27.6
13 Leilenkopf II	8	50.0	4.0	46.0	—	—	—	—	56.5	64.3	3.1	28.2	1.3	1.8	1.3	—	51.7	89.8	—	5.1	2.5	2.5	—	—	—	33.6
	7	57.4	7.0	27.9	5.2	—	—	2.6	48.5	64.2	5.1	26.9	1.3	2.6	—	—	38.2	83.0	—	15.3	—	1.7	—	—	—	26.6
	6	60.5	1.6	25.4	2.6	—	—	—	50.2	62.4	4.1	31.7	1.2	0.4	—	—	67.0	79.1	2.8	13.1	—	5.0	—	—	—	72.4
	5	72.4	1.7	24.6	1.7	—	—	—	56.6	66.4	7.7	22.9	1.6	1.4	—	—	69.8	77.3	7.5	11.3	—	3.7	—	—	—	65.8
	4	64.6	1.1	32.8	1.6	—	—	—	43.5	60.6	2.5	27.8	2.3	2.8	1.0	3.0	55.6	79.0	2.6	8.7	1.7	4.8	3.2	—	—	33.3
	3	65.8	2.7	31.0	—	—	—	0.6	57.3	44.8	3.2	50.7	0.6	0.6	—	—	41.9	76.0	2.0	17.0	1.0	4.0	—	—	—	23.2
	2	78.1	0.5	18.0	0.8	—	—	—	42.3	76.2	1.9	21.4	—	—	—	0.4	34.5	81.9	—	17.2	—	1.0	—	—	—	20.0
	1	67.0	0.5	31.0	0.3	0.2	—	1.0	15.3	69.3	—	30.0	0.4	0.3	—	—	24.7	88.7	—	18.7	1.3	1.3	—	—	—	31.0
14 Bausenberg	2	91.0	2.0	5.0	—	1.0	—	1.0	15.3	88.9	2.6	4.0	—	0.8	—	3.6	58.2	89.5	0.7	5.9	—	2.0	—	—	1.3	36.5
	1	87.0	1.2	8.6	—	3.1	—	—	11.8	91.0	1.2	6.2	—	0.8	—	0.6	26.4	95.9	1.4	1.4	—	1.4	—	—	—	36.5

fangreichen Förderungen der Riedener Selbergittuffe im Gange. Ihr Material müßte auch unterhalb des Mittelrhein-Gebietes nachzuweisen sein.

Das Profil von Kärlich ist nach K. KAISER (1961) in seiner stratigraphischen Stellung nicht gesichert, da es morphologisch und faunistisch eher zur älteren, auf Grund der Schwermineralverteilung weder zur älteren noch zur jüngeren Hauptterrasse zu rechnen sei. Die Mineralführung (hoher Granatgehalt gegenüber niedrigen Zirkon- und Rutilwerten), die nach KAISER nicht in das Normalbild der rheinischen jüngeren Hauptterrasse paßt, wurde jedoch in allen untersuchten Vorkommen der jüngeren Hauptterrasse gefunden. Auf der Basis der Schwermineralführung ist die Zuordnung des Kärlicher Profils zur jüngeren Hauptterrasse gesichert (FRECHEN u. VAN DEN BOOM, 1959).

Der relativ hohe Anteil an Eisen-Sandsteinfragmenten und konzentrisch-schaligen Eisenkonkretionen mit Fremdeinschluß, der für die ältere Hauptterrasse charakteristisch ist, nimmt in Kärlich stark ab.

Die vulkanischen Beimengungen im Profil Kärlich führt KAISER auf den Einfluß lokaler vulkanischer Ereignisse zurück. Zur Zeit der Terrassenaufschotterung fanden in Kärlich und der näheren Umgebung keine Eruptionen statt. Die sog. Kärlicher Ausbläser förderten basaltisches Material und waren ausschließlich während des Würms tätig (FRECHEN, 1959a).

Die Unterscheidung der älteren und mittleren Mittelterrasse, die morphologisch nicht immer möglich ist, läßt sich auf Grund der unterschiedlichen Schwermineralführung durchführen.

In der älteren Mittelterrasse tritt eine selbergitische Paragenese mit sehr hohen Hornblendegehalten auf, in der mittleren Mittelterrasse eine basaltische Paragenese, die durch die Vorherrschaft des Augits charakterisiert ist. Da beide Mineralarten auch noch in größerer Entfernung vom Laacher Vulkangebiet nachweisbar sind, stellen sie Leitminerale dar: Die braune Hornblende charakterisiert die ältere Mittelterrasse, der basaltische Augit die mittlere Mittelterrasse.

Das Profil von Fortuna im rheinischen Braunkohlengebiet (ZONNEFELD, 1956) weist wie im Mittelrheingebiet das Vorkommen von „Hüllenberg“ in der Schwermineralfraktion die Vorherrschaft der braunen Hornblende auf und ist daher dem Niveau der älteren Mittelterrasse zuzurechnen.

Die sog. Oberterrasse am Rodderberg bei Mehlem führt wenig Hornblende und wird von VINKEN (1959) auf Grund der Höhenlage und des hohen Schiefergebirgsanteiles als Sonderfall der älteren Mittelterrasse angesehen, obgleich sie reichlich Augit enthält. Der Augitgehalt wird von lokalen Eruptionen des Rodderberg-Vulkanen abgeleitet. Da die Schwermineralführung aber völlig dem Normalbild der mittleren Mittelterrasse am Mittelrhein entspricht, dürfte die Oberterrasse am Rodderberg wohl eher diesem Niveau zuzuordnen sein. Der Rodderberg-Vulkan ist jünger als die Mittelterrassen (H. REMY, 1960).

Die „Apollinaris-Terrasse“ bei Remagen (E. KAISER, 1903) galt lange Zeit als einziger Aufschluß der mittleren Mittelterrasse. Auf Grund der Höhenlage und Schwermineralverteilung gehören jedoch weitere Vorkommen, die zum Teil als obere Mittelterrasse bezeichnet wurden, ebenfalls dem Niveau der mittleren Mittelterrasse an. Dies gilt für die Vorkommen von Hammerstein, Leubsdorf, Ariendorf und „Klein-Petersberg“ bei Niederbreisig.

In einigen Aufschlüssen der mittleren Mittelterrasse bilden helle bimssteinartige Tuffe einen „Leithorizont“. E. KAISER beobachtete in der Apollinaris-Terrasse Bims-

Tabelle 8. K-Ar-Alter von Vulkanen des Laacher See-Gebietes

Rhein-Terrassen	Selbergit (Tuffe, Gesteine)	Basalt (Tuffe, Gesteine)	K-Ar-Alter (1000 J.)
Jüngere Mittelterrasse		Hohe Buche b. Fornich	
		Bausenberg	150, 140
Mittlere Mittelterrasse		Veitskopf Lummerfeld Leilenkopf (jüng. Tuffe)	220
		Hochstein	260
Ältere Mittelterrasse		Hochsimmer	300
	Perler Kopf Engelner Kopf		320 320
Jüngere Hauptterrasse	Hohe Ley Rodder Höfe In der Erle	Sulzbusch	340 350 350
		Leilenkopf (ältere Tuffe)	390, 390 405
Ältere Hauptterrasse	Olbrück Hardt b. Rieden		410 420
	Schellkopf		570

gerölle, die vermutlich mit den von WILCKENS (1932) beschriebenen leucitphonolithischen Tuffen in der mittleren Mittelterrasse bei Leubsdorf identisch sind.

Nach FRECHEN (1959b) handelt es sich bei den hellen Tuffeinschaltungen im Aufschluß „Klein-Petersberg“ um die gleichen Tuffe. Auch die von PAAS (1960) in Gohr bei Neuß gefundenen Tuffe sind identisch mit denjenigen von Leubsdorf, so daß die Schotter, in denen sie dort auftreten, zum Niveau der mittleren Mittelterrasse gehören und nicht, wie angegeben, zur oberen Mittelterrasse.

4. Zeittafel der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet

In den Tabellen 8 und 9 ist für die Mehrzahl der Vulkane des Laacher See-Gebietes die stratigraphische Stellung im System der pleistozänen Schotter und Löss angegeben. Die Einordnung beruht im wesentlichen auf der Annahme, daß

1. vulkanische Bestandteile, die in einem Schotter- oder Lößprofil von der Basis an in ungefähr gleichbleibenden Mengen auftreten, vor dem Beginn der Aufschotterung oder der Lößablagerung gefördert worden sind,
2. zusammenhängende Tufflagen oder stärkere Zunahme von vulkanischen Mineralen innerhalb eines Schotter- oder Lößprofils gleichzeitige Vulkantätigkeit anzeigen.

Tabelle 9. Würm-zeitliche Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet
 C¹⁴-Angaben nach einer Zusammenstellung von K. KAISER (1968). Die Reihe Tönchesberg-Alteburg
 ist nur aufzählend und stellt keine Zeitfolge dar.

Würm-Gliederung		Vulkantätigkeit		C ¹⁴ -Alter (1000 J.)
		Bims	Basalt	
Jüngere Nieder- terrasse	Würm IV			
	Alleröd	Gleeser-Traß Laacher Bims Brohltal-Traß Frauenkirch-Traß	Laacher Kessel	11
	Löß Profil Kärlich			12
	Würm III	Bims	Brockentuff Kärlich	
Ältere Nieder- terrasse			Alteburg Ob. N-mendiger Strom Wingertsberg Thelenberg Krufter Ofen Nastberg Nickenicher Gruppe Herchenberg Kunsköpfe Korretsberg Plaidter Hummerich Tönchesberg	25
	Würm II	Bims Bims		32
			Wannen-Gruppe Karmelenberg-Gruppe	52
			Wannen-Gruppe Karmelenberg-Gruppe	59
	Würm I	Bims		62
		Wehrer Kessel		70

In einigen Fällen ist ferner die Lagebeziehung von Lavaströmen zu Talterrassen berücksichtigt worden. Die auf dieser Grundlage abgeleitete Zeitfolge der Vulkan-tätigkeit stimmt mit den physikalischen Altern der zugehörigen Förderprodukte gut überein. Für datierte Vorkommen, bei denen eine tephrostratigraphische Verbindung mit einem Sedimenthorizont nicht hergestellt werden konnte, wie zum Beispiel beim Sulzbusch, Engelner Kopf, Perler Kopf und Hochstein ist die stratigraphische Stellung daher mit Hilfe des physikalischen Alters angegeben worden.

Die Schotter der älteren Hauptterrasse enthalten von der Basis an in gleicher Verteilung Minerale aus dem Selbergittuff des Schellkopf. Der Tuffausbruch ist danach älter als die Aufschotterung der älteren Hauptterrasse. Weitere stratigraphische Angaben sind in diesem Falle vorerst nicht möglich.

Die ersten basaltischen und selbergitischen Minerale aus dem Raum des Riedener Kessels erscheinen an der Basis der Schotter der jüngeren Hauptterrasse. Der Beginn der dortigen Ausbrüche wird daher in die Zeit zwischen der älteren und jüngeren Hauptterrasse gelegt. Im oberen Profilteil nimmt der Ägirinaugit sprunghaft zu. Da hier zudem Anhaltspunkte für eine äolische Verfrachtung vorliegen und damit für einen stark explosiven Ausbruch, wird dieser Ausschlag des Ägirinaugites mit der Eruption der oberen Bimstufe im Riedener Kessel in Zusammenhang gebracht, die sich danach in die zweite Hälfte der Aufschotterung der jüngeren Hauptterrasse stellen läßt.

In den Schottern der älteren Mittelterrasse ist die durch hohe Hornblendegehalte ausgezeichnete selbergitische Mineralassoziation gleichmäßig verteilt. Die zugehörigen Ausbrüche dürften danach zwischen der Aufschotterung der jüngeren Hauptterrasse und älteren Mittelterrasse stattgefunden haben. Sie bedeuten das Ende der Selbergittuff-Ausbrüche im Raum des Riedener Kessels. Durch äolisch abgesetzte Augite wird die Tätigkeit des Hochsimmer angezeigt. Sie fällt zusammen mit dem Beginn der Aufschotterung der älteren Mittelterrasse. Nach den Profilen an der Ahl bei Mayen erfolgte die Haupteffusion der Hochsimmer-Lava während der nachfolgenden Lößablagerung. Die Aktivität des Hochsimmer hat demnach längere Zeit gedauert.

Ungefähr gleichzeitig mit der Aufschotterung der mittleren Mittelterrasse begann die jüngere Tätigkeitsphase des Leilenkopf. Sie erreichte ihren Höhepunkt zwischen dem Ende der ersten Aufschotterung und dem Beginn der nachfolgenden Lößbildung. An der Grenze des Tuffbandes zum Löß ist starke Kryoturbation ausgebildet. Das letzte nachweisbare Förderprodukt des Leilenkopf-Vulkanes sind die Tuffbänder im obersten Teil des Lösses.

Die Lavaströme des Veitskopf und des Lummerfeldes lagern auf Terrassen des Gleeser-Tales und Brohltales, die der mittleren Mittelterrasse des Rheintales entsprechen.

Die Bausenberg-Lava kann nach ihrer Lage und ihrem Alter in die Zeit zwischen der mittleren und jüngeren Mittelterrasse gestellt werden.

Die Lava des Vulkans „Hohe Buche“ bei Fornich lagert auf den Basisschottern der jüngeren Mittelterrasse.

Die wärmzeitliche Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet ist vor allem durch das Lößprofil der Tongrube Kärlich (FRECHEN u. ROSAUER, 1959), das Lößprofil in der Lavagrube „Weiler“ in den Wannern zwischen Ochtendung und Plaidt und durch Lößanschnitte in zahlreichen anderen Abbauen recht sicher einzuordnen. Im Kärlicher Lößprofil und in dem Parallelprofil der Grube „Weiler“ finden sich Ablagerungen von

Vulkanen der Wannengruppe und wahrscheinlich auch von Vulkanen der Karmelenberg-Gruppe vom oberen Würmlöb-I bis zum unteren Würmlöb-II. In derselben Zeit erfolgten die Bimsausbrüche im Wehrer Kessel. Zwischen dem Würmlöb-II und dem Würmlöb-III verlagerte sich die Vulkantätigkeit in die Umgebung des Laacher Kessels. Sie findet dort ihren Abschluß durch die allerödzeitlichen Bimsausbrüche im Raume Laacher See — Niedermendig — Frauenkirch.

LITERATURVERZEICHNIS

- Ahrens, W. (1927): Das Alter des großen mittelrheinischen Bimssteinausbruchs und sein Verhältnis zu den jüngsten Rheinterrassen. — *Geol. Rundschau* **18**, 45—59.
- (1932): Die Basaltvulkane des südöstlichen Laacher See-Gebietes und ihre Lavaströme. — *Jb. Preuß. Geol. LA*, **53**, 851—878.
- (1938): Das zeitliche Verhältnis der jüngsten Rheinterrassen zum Laacher Bimssteinausbruch. — *Decheniana* **97 A**, 51—56.
- Andel, Tj. H. van (1950): Provenance, Transport and Deposition of Rhine-Sediments. — *Diss. Groningen*, 129 S.
- Boom, G. van den (1958): Sedimentpetrographische Untersuchung der Terrassenschotter im Mittelrheingebiet. — *Diss. Bonn*, 166 S.
- Cremer, E. (1954): Die Terrassenlandschaft der mittleren Mosel. — *Arb. z. Rhein. Landeskunde* **H. 6**, 100 S.
- Dechen, H. von (1864): *Geognostischer Führer zu dem Laacher See und seiner Umgebung*. — *Bonn*, 596 S.
- Firbas, F. (1953): Das absolute Alter der jüngsten vulkanischen Eruptionen im Bereich des Laacher Sees. — *Naturw.* **40**, 54—55.
- Frechen, J. (1952): Die Herkunft der spätglazialen Bimstoffe in mittel- und süddeutschen Mooren. — *Geol. Jb.*, **67**, 209—230.
- (1953): Der rheinische Bimsstein. — *Wittlich*, 75 S.
- (1959a): Die basaltischen Ausbläser von Kärlich (Neuwieder Becken) und die Verbreitung ihrer Tuffe. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**, 301—312.
- (1959b): Die Tuffe des Laacher Vulkangebietes als quartärgeologische Leitgesteine und Zeitmarken. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**, 363—370.
- (1962): Führer zu vulkanologisch-petrographischen Exkursionen im Siebengebirge am Rhein, im Laacher Vulkangebiet und Maargebiet der Westeifel. — *Stuttgart*, 151 S.
- u. Boom, G. van den (1959): Die sedimentpetrographische Horizontierung der pleistozänen Terrassenschotter im Mittelrheingebiet. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**, 89—125.
- u. Lippolt, J. (1965): Kalium-Argon-Daten zum Alter des Laacher Vulkanismus, der Rheinterrassen und der Eiszeiten. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **16**, 5—30.
- u. Rosaauer, E. A. (1959): Aufbau und Gliederung des Würmlöb-Profiles von Kärlich im Neuwieder Becken. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**, 267—282.
- u. Villwock, R. (1959): Die ältesten Quartärsedimente der Tongrube Kärlich im Neuwieder Becken. — *Fortschr. Geol. Rheinl. Westf.*, **4**, 83—88.
- Gurlitt, D. (1949): Das Mittelrheintal, Formen und Gestalt. — *Fortschr. z. dtsh. Landes- u. Volkskunde* **46**, 159 S.
- Kaiser, E. (1903): Die Ausbildung des Rheintales zwischen Neuwieder Becken und Köln-Bonner Bucht. — *Verh. 14. dtsh. Geographentag, Köln*, 206—215.
- Kaiser, K. (1956): Geologische Untersuchungen über die Hauptterrasse in der Niederrheinischen Bucht. — *Sonderveröff. d. Geol. Inst. d. Univ. Köln*, **1**, 68 S.
- (1961): Gliederung und Formenschatz des Pliozäns und Quartärs am Mittel- und Niederrhein, sowie in den angrenzenden Niederlanden unter besonderer Berücksichtigung der Rheinterrassen. — *Festschr. z. XXXIII. dtsh. Geographentag in Köln*, 236—278.
- (1968): Der quartäre Klimagang in der Niederrheinischen Bucht. — *Fundamenta*, Reihe B. **2**, 1—3.
- Mordziol, C. (1951): Der geologische Werdegang des Mittelrheintales. — *Geol. des Mittelrheintales u. d. Eifel, Wittlich*, 76 S.
- Paaß, W. (1960): Gliederung der Terrassen im Niederrheingebiet mit Hilfe ihrer Verwitterungsdecken und Deckschichten. — *Diss. Bonn*, 152 S.

- Quitze, H. W. (1956): Die Terrassengliederung im Niederrheinischen Tiefland. — Geol. en Mijnb. (N. Ser.), **18**, 357—373.
- (1959): Hebung und Senkung am Mittelrhein und Niederrhein während Jungtertiär und Quartär. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **4**, 389—400.
- Remy, H. (1960): Die zeitliche Stellung der Rodderbergtuffe im rheinischen Löß. — Decheniana, **112**, 271—278.
- Schönhals, E. (1959): Der Basalttuff von Kärlich als Leithorizont des Würm-Hochglazials. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **4**, 313—322.
- Sindowski, K. H. (1940): Grundsätzliches zur Schwermineralanalyse der diluvialen Rheinterrassen und Lösses des Mittel- und Niederrheingebietes. — Z. dtsh. geol. Ges., **92**, 477—499.
- Vinken, R. (1959): Sedimentpetrographische Untersuchung der Rheinterrassen im östlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. — Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., **4**, 127—170.
- Wilckens, O. (1932): Materialien und Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Umgebung von Bonn. VIII. Leuzitphonolithtuffe in der Hochterrasse von Leubsdorf bei Linz am Rhein. — Ber. d. Niederrhein. Geol. Ver. (1930/31) **24/25**, 75—77.
- Zonneveld, J. I. S. (1947): Het Kwartair van het Peel-Gebied en de naaste omgeving (Een sediment-petrologische Studie). — Meded. van de Geol. Stichting (Ser. C.) **6**, 223 S.
- (1956): Schwermineralgesellschaften in niederrheinischen Terrassensedimenten. — Geol. en Mijnb. (N. Ser.) **18**, 395—401.

Anschrift der Verfasser: Professor Dr. Josef Frechen, Dr. Helga Heide, Mineralogisch-Petrologisches Institut der Universität, 5300 Bonn, Poppelsdorfer Schloß.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [122](#)

Autor(en)/Author(s): Frechen Josef, Heide Helga

Artikel/Article: [Tephrostratigraphie die Zusammenhänge zwischen der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet und der Mineralführung der Terrassenschotter am unteren Mittelrhein 35-74](#)