

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	<b>30</b>	29—43 5 Abb., 2 Tab.	<i>Hannover 1980</i>
----------------------------------	-----------	-------------------------	----------------------

## Der quartäre Osteifel-Vulkanismus im Rahmen der Lößbildung – ein Beitrag zur Lößgenese

WOLFGANG TILLMANN & HANS WINDHEUSER \*)

Geological section, loess, genesis, origin, volcanism, Middle Pleistocene, particle size analysis, heavy mineral, zircon, clinopyroxen

Rhenish Massif (Laach), Rhenisch Westphalian Basin, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen  
TK 25: Nr. 4707, 5008, 5107, 5306, 5309, 5408, 5409, 5508, 5509, 5510

**Kurzfassung:** Seit dem Mittelpleistozän ist im Laacher Vulkangebiet, einem räumlich präzise faßbaren Areal, ein intensiver Vulkanismus überliefert. Mittels Schwermineralanalysen und Korngrößenuntersuchungen an Lössen der engeren und weiteren Umgebung kann gezeigt werden, daß dem Vulkangebiet als lokalem Liefergebiet für die Lößbildung eine erhebliche Bedeutung zukommt.

Über die Anteile an vulkanischen Schwermineralen kann für die Lößgenese im Bereich des Laacher Vulkangebiets die dominierende Bedeutung von Auf- und Umarbeitungsprozessen nachgewiesen werden.

Bezogen auf die Rheinachse nehmen der Gehalt an vulkanischen Schwermineralen und die Korngröße der Klinopyroxene in den Lössen mit zunehmender Entfernung vom vulkanischen Liefergebiet ab.

### [The Influence of the Quaternary East Eifel Volcanism on the Loess Formation — a Contribution to the Loess Genesis]

**Abstract:** An intensive volcanic activity takes place in the precisely defined Laacher volcanic area since the Middle Pleistocene. It can be shown through the heavy mineral and grain size analyses that the volcanic region is a considerably important local source area for the formation of loess.

The proportion of the volcanic heavy minerals proves the dominant significance of reworking processes for the loess genesis in the Laacher volcanic area.

The content of the volcanic heavy minerals and the grain size of the clinopyroxenes in the loesses decrease due to the increasing distance of the volcanic source area in relation to the Rhine axis.

### 1. Fragestellung

Die scheinbare Einheitlichkeit des Lösses als periglaziale Bildung täuscht darüber hinweg, daß lokale bzw. begrenzt regionale Bedingungen eine erhebliche Rolle bei der Lößbildung spielen können. Das heißt, daß bei der Lößgenese unter Umständen eine räumlich enge Beziehung zwischen regional begrenztem Auswehungsgebiet und Ablagerungsraum gegeben ist und daß ferner regional bedingte Umlagerungs- und Aufarbeitungsvorgänge fluvialer, solifluktuiver und äolischer Natur stark in den Vordergrund treten können.

Daten zum Mineralbestand von Lössen liegen mit den Arbeiten unter anderen von KALLENBACH (1965), SCHROEDER (1955) und SCHEFFER et al. (1958) vor. Die Differenzierungen im Mineralbestand der Lössen werden vorwiegend auf weiträumig unterschiedliche Liefergebiete, zum Teil auch auf postsedimentäre Veränderungen zurückgeführt. Weniger betont wird der lokale Charakter und die räumlich enge Verknüpfung von Liefer- und Ablagerungsraum, ferner die Bedeutung von Umlagerungsprozessen für die Lößgenese. Hinweise hierzu finden sich bei BRUNNACKER (1956, 1957).

Obwohl zum Beispiel schon SCHOLZ (1969) und SALGER & SCHMIDT-KALER (1975) aufgrund des starken Wechsels im Mineralbestand von Lössen auf lokale Einflüsse schließen, wird dieser Frage erstmals von RAZI RAD (1976) systematisch nachgegangen. Anhand

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. W. Tillmanns, Dr. H. Windheuser, Geologisches Institut der Universität zu Köln, Zülpicher Straße 49, 5000 Köln 1.

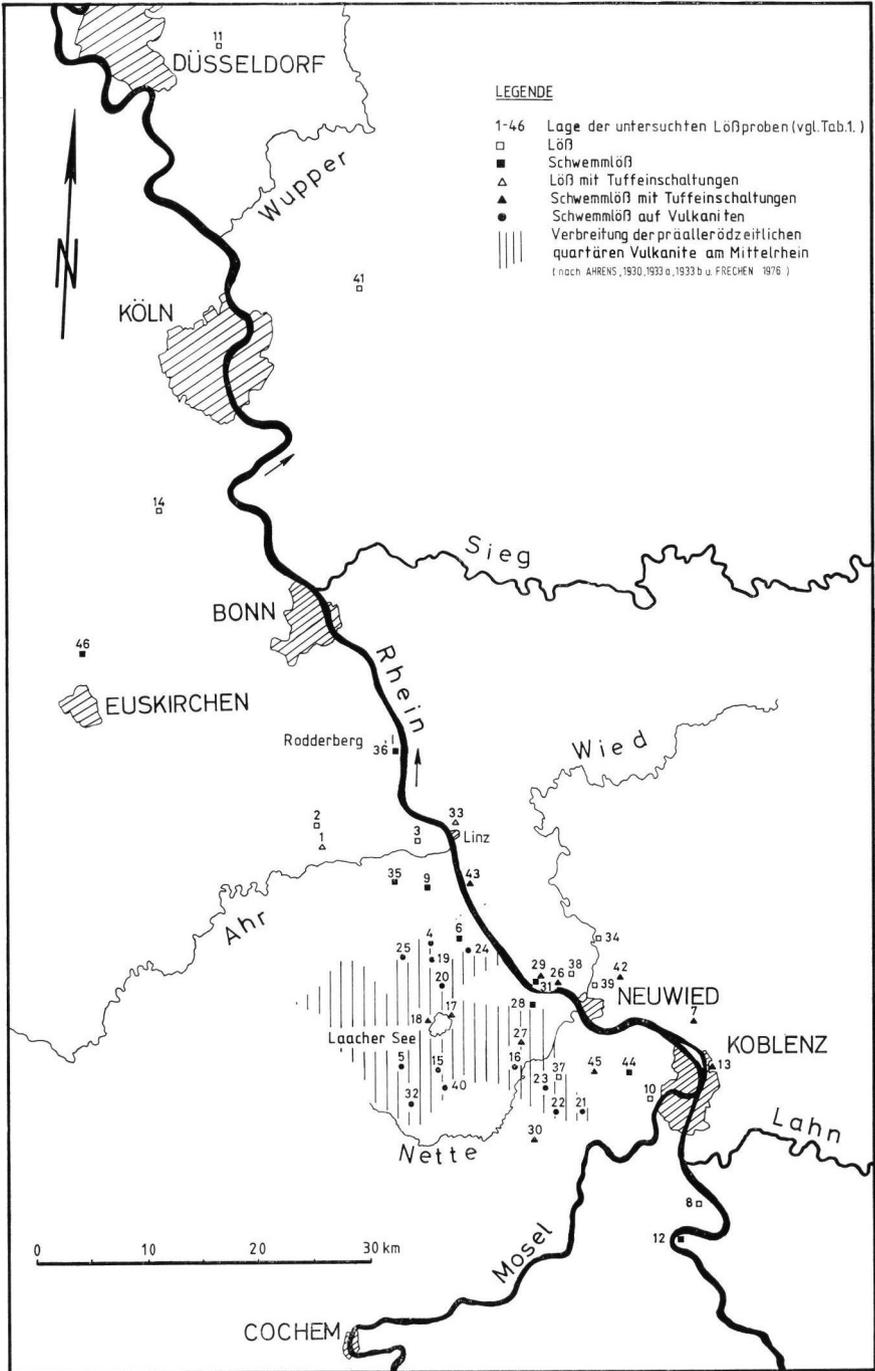


Abb. 1: Übersichtskarte mit Entnahmestellen der untersuchten Lößproben.

hierfür besonders geeigneter Lößprofile mit Tuffeinschaltungen am Mittelrhein konnte RAZI RAD (1976) durch die Verteilung und Korngröße der vulkanischen Schwerminerale zeigen, daß bei der Lößsedimentation in diesem Gebiet mit wiederholten oder ständigen Auf- und Umarbeitungsprozessen bis hin zur vollständigen Homogenisierung der Sedimente gerechnet werden muß.

Auf die zunehmende Neigung zu Umlagerungen nach NW hin machen zuletzt generell BRUNNACKER & HAHN (1978) und speziell für das Osteifel-Vulkangebiet WINDHEUSER & BRUNNACKER (1978) aufmerksam. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß Tuffe im Bereich des Laacher Vulkangebiets bei stärker atlantisch geprägtem Klima kaum erhalten geblieben sind, sondern vielmehr in den meisten Fällen durch Verspülungsvorgänge mit den Quartärsedimenten vermischt wurden. Im Gegensatz hierzu zeigt das klimatisch mehr kontinental geprägte Gebiet der Wetterau und des Horloff-Grabens nicht umgelagerte alt- und mittelpleistozäne Tuffe (BIBUS 1973; BOENIGK et al. 1977).

Daß der Lößstaub nicht nur aus den großen Talzügen wie Rhein und Donau ausgeweht wurde, sondern lokale Liefergebiete eine erhebliche Rolle spielen können, zeigt neben den Untersuchungen von RAZI RAD (1976) auch die schwermineralogische Analyse des Lößprofils von Lommersum/Niederrheinische Bucht (BRUNNACKER et al. 1978).

In der vorliegenden Arbeit soll der Frage nachgegangen werden,

- inwieweit erstens der lokale Einfluß des mittel- bis jungquartären Osteifel-Vulkanismus in Lößprofilen des Vulkangebietes und dessen weiterer Umgebung zum Ausdruck kommt,
- wie sich zweitens über die Führung von vulkanischen Schwermineralen in den Lößprofilen Auf- und Umarbeitungsprozesse nachweisen lassen,
- und ob sich drittens eine Beziehung zwischen der Entfernung der Lößprofile zum Vulkangebiet und der Korngröße der Klinopyroxene herleiten läßt.

## 2. Profilbeschreibungen

Die Lage der Lößprofile und Probenentnahmestellen zeigt Abb. 1 und Tab. 1 (im Anhang). Im folgenden werden einige typische Lößprofile dieses Raumes beschrieben:

- Profil 1: Schwemmlöß auf Schlackenkegel
- Profil 2: Schwemmlöß auf Lavastrom
- Profil 3: Schwemmlöß in Wechsellagerung mit Basalttuffen
- Profil 4: Löß im Bereich des Neuwieder Beckens
- Profil 5: Schwemmlöß auf Devon im Bereich des Neuwieder Beckens
- Profil 6: Schwemmlöß außerhalb des Neuwieder Beckens.

### Profil 1: Leilenkopf bei Niederlützingen (R<sup>2592</sup> 580; H<sup>5594</sup> 030)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
5,00		Abraum, Lapilli-, Schlacken- und Lehmmaterial
0,40		Ah rezente Parabraunerde aus
0,20		Al Schwemmlöß mit basaltischen
0,50		Bt Schlacken, Lapilli, Sanden
0,30	24	Cc und Geröllen; im oberen Teil Reste eines Bimstuffs
0,25		Schluff, karbonatisch, und basaltische Sande mit Schlacken und Blöcken, $\phi$ bis 6 cm; vereinzelt Gerölle, $\phi$ bis 7 cm; Hangschutt mit Lößkomponente

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
2,00		basaltische Sande und Lapilli, bimsführend; Bimsstücke oft in bis 10 cm dicken Lagen angereichert; Komponenten angerundet; sehr gut und fein geschichtet; Kryoturbationen und Frostspalten; umgelagerte Pyroklastika
bis 3,00		Schluff, graubraun, kalkfrei, rostfleckig; mit basaltischen Sanden und Lapilli; Schwemmlößlehm
Diskordanz bis 15,00		Lapillituffe, grauschwarz, gut geschichtet, schlecht sortiert; Schlacken, $\phi$ bis 3 cm; Gerölle- und Devonbruchstücke-führend; im unteren Teil Kryoturbationen und Hakenschlagen; primär gelagerte Pyroklastika
bis 0,03		Schluff-Tuff-Gemisch, grau, stark karbonatisch; Schwemmlöß  Liegendes: Lapilli- und Schlackentuffe, gut geschichtet; oben rot gefärbt infolge Fumarolentätigkeit in einem fossilen Krater.

Profil 2: Steinbruch Hochstein-Lavastrom, 875 m N Hochstein  
(R<sup>2586</sup> 950; H<sup>5583</sup> 340)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
1,0		Schluff-Schutt-Gemisch, lehmig, karbonatisch; die oberen 25 cm graubraun, darunter grau; mit dichten Basalten, Schlacken, Devonbruchstücken, $\phi$ 3—5 cm; bimsführend, $\phi$ 3 cm; an der Basis Schuttanreicherung; Solifluktiver Hangschutt mit Lößkomponente und eingearbeitetem Laacher Bimstuff, an der Basis Schuttpflaster
0,8		Schluff, tonig, kalkfrei, braungelb; prismatisch-brockig mit braunen Tontapeten; Basaltschutt häufig, $\phi$ bis über 5 cm; Wurzelgänge; SBt-Horizont aus Schwemmlöß
0,4	5	Schluff, stark karbonatisch, gelbbraun; Kalkausscheidungen an Rissen; schwach brockig, vereinzelt braune Tontapeten; leichte horizontale Blättrigkeit; z. T. stark schuttführend, Basalte, $\phi$ bis 50 cm; Wurzelgänge; Schwemmlöß mit schwacher Bodenüberprägung und Kalkanreicherung (Cc-Horizont), frostblättrig
0,4		Schluff, stark karbonatisch, gelbbraun; schwach bröcklig-brockig mit braunen Tontapeten; Kalkausscheidungen an Rissen und Wurzelgängen; Basaltlapilli, $\phi$ 2—5 cm; Schwemmlöß mit umgelagertem Bodenmaterial, aufgekalkt
0,5		Schutt-Schluff-Gemisch, lehmig, körnig-krümelig; karbonatisch; mit Basaltblöcken, $\phi$ bis 30 cm; Schuttdecke und Kolluvium, aufgekalkt
1,2		Schluff, tonig, gelbbraun, kalkfrei; brockig mit braunen Tontapeten; vereinzelt Wurzelgänge; stark schuttführend, Basaltblöcke, $\phi$ bis über 50 cm; Bt-Horizont aus Schwemmlöß
>25,0		Lavastrom des Hochsteins

Profil 3: Westseite des Laacher Kessels, 1250 m NNE Abteikirche  
(R<sup>25</sup>89 300; H<sup>55</sup>87 170)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
1,0		umgelagerte graue Bimstoffe in schluffig-lehmiger Matrix; Hangschutt mit rezentem Waldboden
0,5		Schluff, rötlichbraun, karbonatfrei; mit Lagen von basaltischen Sanden und Lapilli; geschichtet; Schwemmlöß, entkalkt
0,6	18	Schluff, karbonatisch, gelbgrau; gehäuft steinige Lagen, basaltische Sande und Lapilli, $\phi$ bis 3 cm; geschichtet; Schwemmlöß
0,2		Wechselagerung von dünnen, gelbgrauen, karbonatischen Schlufflagen mit Sandstreifen und Lapillilagen; sehr gut geschichtet; Schwemmlöß
2,5		Wechselagerung von groben, graubraunen basaltischen Lapillituffen mit braungelben Staubtuffen, gut geschichtet; Auswürflinge: Basaltblöcke, Devonbruchstücke, melierte Tone, helle feinsandige Tone, Quarzgerölle

Profil 4: Kiesgrube 1 km SE Saffig  
(R<sup>20</sup>01 640; H<sup>50</sup>82 980)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
0,4		Hangendes: Laacher Bimstuff, umgelagert Schluff, lehmig, kalkfrei, braungrau, oben grau; Allerödboden
1,5	37	Schluff, graugelb, Kalkkonkretionen, aufgekalkt; Löß
0,6		Schluff, braungrau, aufgekalkt; Humuszone
0,8		Schluff, dunkelrotbraun, bröckelig mit braunen Tontapeten; stellenweise aufgekalkt; Bt-Horizont
0,4		Schluff, graugelb, karbonatisch, Anreicherung von Kalkkonkretionen, $\phi$ bis über 10 cm; Lößkindlhorizont (Cc-Horizont)
>3,0		Schluff, karbonatisch, graugelb, rostfleckig mit grauen Verfärbungen; Löß, schwach pseudovergleyt Liegendes: Schotterkörper; Hauptterrasse des Rheins

Profil 5: Leutesdorf, Steinbruch in unterdevonischen Schiefem  
am SE-Ausgang von Leutesdorf  
(R<sup>25</sup>99 210; H<sup>55</sup>90 970)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
		Hangendes: dünne Streu von Laacher Bimstuff
1,5	31	Schluff, gelbgrau, karbonatisch, aufgekalkt; mit Schieferbruchstücken, $\phi$ bis 10 cm; Schwemmlöß

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
0,3		wie oben, verbraunt, unten Kalklamellen
0,6		devonische Schieferbruchstücke in schluffiger, karbonatischer Matrix; Schwemmschutt mit Lößkomponente Liegendes: Schiefer des Unterdevons (Siegen)

Profil 6: K i e s g r u b e 1 km NE F i l s e n  
(R<sup>3399</sup> 790; H<sup>5568</sup> 360)

Mächtigkeit (m)	Pr.-Nr.	Beschreibung
1,0		rezente Parabraunerde
1,2	12	schluffiger Sand, gelbgrau, karbonatisch, Kalkausscheidungen; geschichtet, mit Sand- und Feinkieslagen; Wurzelgänge, mit Kalk ausgekleidet; Sandlöß
1,3		sandiger Schluff, karbonatisch, mit Kalkausscheidungen; braungrau, mit Rostbahnen, leicht graufleckig; geschichtet, mit Sandlagen; Wurzelgänge mit Kalk ausgekleidet; Sandlöß
0,4		Sand, grau, gut geschichtet Liegendes: Schotterkörper; bis 4 m aufgeschlossen; Mittelterrasse des Rheins

### 3. Schwermineralogische Untersuchungen und Korngrößenmessungen

Aus den entnommenen Lößproben wurden zu schwermineralogischen Untersuchungen und zur Bestimmung der Korngröße die Fraktion kleiner 0,4 mm abgesiebt. Nach Vorbehandlung mit kochender HCL wurden die Schwerminerale mit Bromoform abgetrennt und in Aroclor (n = 1,665) eingebettet. In den Körnerpräparaten wurden für die Schwermineralanalyse jeweils 300 Körner ausgezählt. Für die Korngrößenmessungen wurde in jedem Präparat der Mittelwert der sichtbaren kleinsten Durchmesser der Klinopyroxene bestimmt. Die ermittelten Daten zeigt Tab. 2 (am Ende der Arbeit).

#### 3.1 Schwermineralführung

Die in Tabelle 2 aufgeführten Schwerminerale lassen sich in folgende Gruppen zusammenfassen:

- stabile Schwerminerale mit Zirkon, Turmalin und Rutilgruppe;
- vulkanische Schwerminerale mit Klinopyroxen, brauner Hornblende und Titanit;
- Rhein-Schwerminerale mit Granat, Epidotgruppe und grüner Hornblende;
- metamorphe Schwerminerale mit Staurolith, Disthen, Sillimanit und Andalusit.

Die Rhein-Schwerminerale, die in den Ablagerungen des Rheins — als dem Hauptauswehungsgebiet des Lößstaubes — die Hauptkomponente bilden, zeigen generell in zeitgleichen Lössen deutlich geringere Anteile. In der Lößfazies überwiegen die stabilen Schwerminerale mit Dominanz des Zirkons. Diese Verschiebung in der Schwermineralführung vom Rhein-Spektrum zu einem stabilen Spektrum in den Lössen ist nach RAZI RAD (1976) in erster Linie durch Granularvariation (Anreicherung der im Mittel kleineren Schwerminerale) bedingt. Neben der Granularvariation, als Folge der

Kraft des Transportmittels, der Korngröße, Kornform und Dichte des Minerals, spielt aber auch die lokale Zulieferung stabiler Schwerminerale (z. B. aus devonischen und tertiären Sedimenten) eine bedeutende Rolle (BRUNNACKER et al. 1978).

Mit dem Einsetzen des Vulkanismus im Laacher See-Gebiet etwa ab dem Mittelpleistozän ändert sich die Schwermineralführung sowohl in den Rhein- als auch in den äolischen Sedimenten durch die z. T. erhebliche Beimengung vulkanischer Schwerminerale (FRECHEN & HEIDE 1969; RAZI RAD 1976). Wie RAZI RAD (1976)

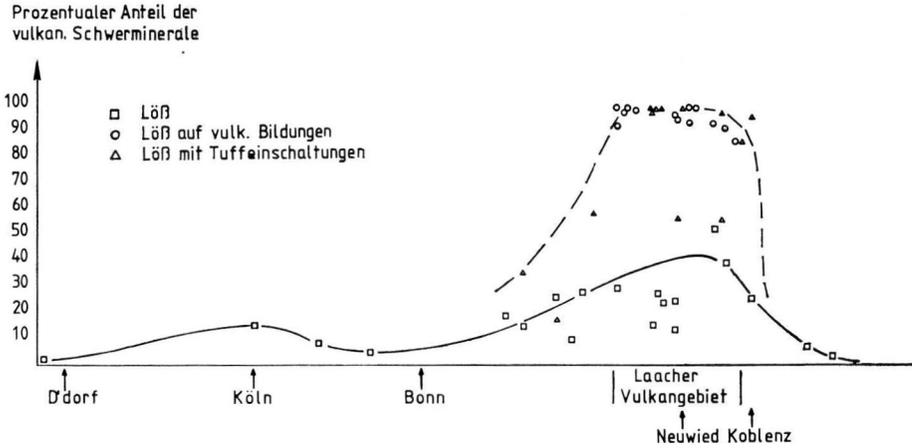


Abb. 2: Prozentualer Anteil der vulkanischen Schwerminerale auf die Laufstrecke des Rheins projiziert.

zeigte, ist diese Beeinflussung im unmittelbaren Bereich des Laacher Vulkangebiets extrem stark (bis zu 100 % vulkanischer Schwerminerale im Löss, bis zu 70 % vulkanische Schwerminerale in Rheinsedimenten). Der Gehalt an vulkanischen Schwermineralen nimmt jedoch mit der Entfernung zum Vulkangebiet, bezogen auf die Rheinachse, relativ schnell, asymptotisch ab (vgl. Abb. 2 u. 3).

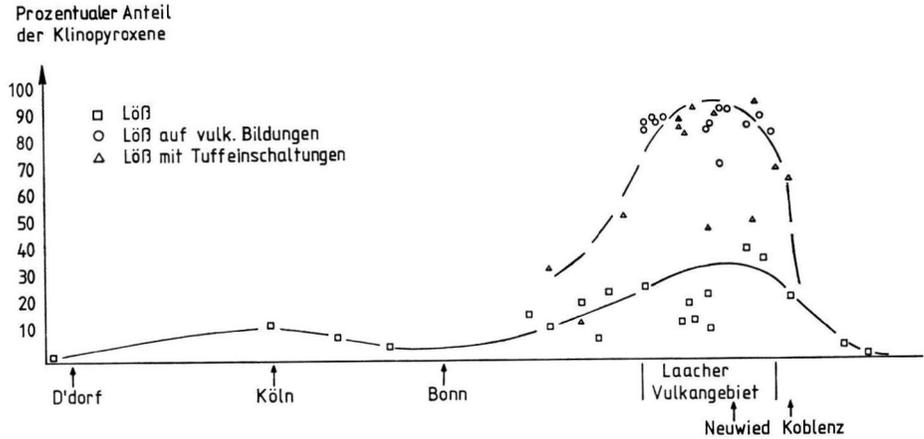


Abb. 3: Prozentualer Anteil der Klinopyroxene auf die Laufstrecke des Rheins projiziert.

Die in der Gruppe der Metamorphen zusammengefaßten Schwerminerale spielen in den Rheinsedimenten und Lössen im allgemeinen eine untergeordnete Rolle. Auch in den vorliegenden Untersuchungen kommen sie nur mit maximal 6 % vor (Tab. 2). Sie können daher bei der weiteren Betrachtung vernachlässigt werden.

Dieses generelle Bild wird durch die hier vorgestellten Untersuchungen — nach dem ersten Ansatz bei RAZI RAD (1976) — insofern modifiziert, als sich Abhängigkeiten zum lokalen Liefergebiet und dessen geologischen Rahmen stärker herausarbeiten lassen.

### 3.2 Korngrößenverteilung

Die Korngröße der seit dem Mittelpleistozän äolisch (und fluviatil) transportierten vulkanischen Schwerminerale — bedingt durch das verstärkte Einsetzen der Vulkantätigkeit am Mittelrhein — sollte in erster Linie eine Funktion der Entfernung vom Liefergebiet sein, d. h. mit zunehmender Entfernung vom Vulkangebiet abnehmen.

So zeigen die Untersuchungen von JUVIGNÉ bezüglich des letzten Tuffausbruchs des Laacher Kessels, daß die Korndurchmesser der vulkanischen Schwerminerale in der Fraktion größer 100  $\mu$  im engeren Bereich der Förderstelle weitgehend gleich bleiben (JUVIGNÉ 1976), dagegen mit zunehmender Entfernung kontinuierlich abnehmen (JUVIGNÉ 1976, 1977).

## 4. Ergebnisse

Bei der Diskussion der Ergebnisse bietet sich an, die Lössen in drei Gruppen zu unterteilen:

1. Lössen auf vulkanischen Bildungen,
2. Lössen mit Tuffeinschaltungen und
3. Lössen ohne makroskopisch sichtbaren Bezug zu einer vulkanischen Bildung.

Damit ist eine weitere Unterscheidung impliziert, nämlich in Lössen des Laacher Vulkangebiets und dessen näherer Umgebung, die fast alle vulkanisch beeinflusst sind, und in Lössen außerhalb des Laacher See-Gebietes, die nur in einigen Fällen vulkanische Einschaltungen makroskopisch sichtbar aufweisen.

Diese Unterscheidung wird in Abb. 2 sehr deutlich, in der auf der Abszisse die untersuchten, auf die Rheinlaufstrecke projizierten Lössen dargestellt sind, während auf der Ordinate der prozentuale Anteil der vulkanischen Schwerminerale an der Schwermineralführung aufgetragen ist.

Generell ist mit Annäherung des Rheinlaufs an das Laacher Vulkangebiet eine sprunghafte Erhöhung des Gehalts an vulkanischen Schwermineralen im Löß festzustellen, die auf kürzester Strecke von Werten unter 10 % auf Werte gegen 100 % im Laacher Vulkangebiet ansteigen. Rheinabwärts (nördlich des Laacher See-Gebiets) fallen diese Werte relativ schnell wieder ab — jedoch nicht so stark wie südlich des Laacher Vulkangebiets — und erreichen nördlich Köln wieder Werte von unter 10 % (Abb. 2, Gesamtkurve).

Bei einer Unterscheidung der Lössen muß dieses generelle Bild jedoch erheblich modifiziert werden. Danach nehmen die Anteile der vulkanischen Schwerminerale bei Lössen ohne sichtbare vulkanische Beeinflussung mit Annäherung an das Vulkangebiet relativ stark zu bis auf maximal 53 % im Laacher See-Gebiet. Eine Häufung der Werte liegt hier bei 20—30 %. Nördlich des Vulkangebiets sinken die Werte kontinuierlich auf Werte unter 20 % ab (Abb. 2, untere Kurve).

Dagegen steigen die Werte bei den Lössen, die im Verband mit vulkanischen Bildungen vorliegen, schlagartig am Süden des Laacher Vulkangebiets auf Werte bis 100 % an. Eine Häufung der Werte, verteilt über das gesamte Vulkangebiet, liegt bei über 85 %. Im weiteren Verlauf entlang des Rheins, nördlich des Laacher See-Gebietes, sinken diese schnell auf Werte unter 40 % und nähern sich den Werten aus Lössen ohne sichtbare vulkanische Beeinflussung (Abb. 2, obere Kurve).

Dieses Bild ist identisch mit der Darstellung, bei der auf der Ordinate der prozentuale Anteil der Klinopyroxene, die den Hauptteil des Gehalts an vulkanischen Schwermineralen ausmachen, (vgl. Tab. 2), aufgetragen ist: mit Annäherung an das Vulkangebiet im Rhein-Verlauf ein relativ steiler Anstieg der Werte bei Lössen ohne vulkanischen Verband und ein abruptes Einsetzen von hohen Werten bei Lössen mit vulkanischen Bildungen, im Bereich des Laacher See-Gebiets relativ hohe Werte mit einer Häufung bei um 20 % bei Lössen ohne sichtbare vulkanische Beeinflussung und sehr hohen Werten mit einer Häufung um 90 % bei vulkanisch überprägten Lössen und im weiteren Verlauf der Rheinstrecke ein flacher Abfall der Werte bei Lössen ohne sichtbare vulkanische Überprägung und ein steiler Abfall bei Lössen in vulkanischem Verband (Abb. 3, untere Kurve: Löss ohne sichtbare vulkanische Beeinflussung; obere Kurve: Löss mit Tuffeinschaltungen und auf Vulkaniten).

Ein im Prinzip ähnliches Gesamtbild zeigt Abb. 4, in der auf der Abszisse wiederum die Laufstrecke des Rheins dargestellt ist, während auf der Ordinate der mittlere sichtbare Korndurchmesser der Klinopyroxene aufgetragen ist. Denn die erwartete Abnahme der

Mittlerer Korndurchmesser  
der Klinopyroxene ( in  $\mu$  )

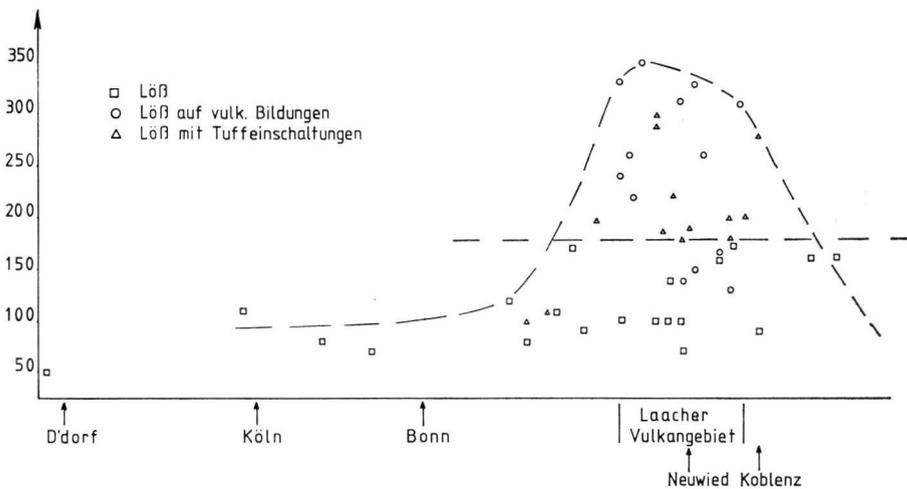


Abb. 4: Mittlerer Korndurchmesser der Klinopyroxene auf die Laufstrecke des Rheins projiziert.

Korngröße mit zunehmender Entfernung vom Liefergebiet konnte im Gesamtbild nachgewiesen werden. Auffallend ist nur, daß die Kurve im Rheinverlauf bei Annäherung an das Vulkangebiet flacher ansteigt als sie bei Entfernung vom Laacher Vulkangebiet abfällt, ferner daß die Werte bedeutend stärker streuen als die Werte der vulkanischen Schwerminerale (Abb. 2 u. 3). Gründe hierfür dürften einmal primäre Korngrößeneffekte, zum anderen bevorzugte Windrichtungen gewesen sein.

Bei einer Unterscheidung der Lössе muß dieses Bild jedoch erheblich modifiziert werden: Denn der mittlere Korndurchmesser der Klinopyroxene geht in Lössen, die ohne Verband zu vulkanischen Bildungen vorliegen, über die gesamte dargestellte Laufstrecke des Rheins nicht über  $170 \mu$  hinaus. Bei diesen Lössen liegt der Durchschnittswert bei rd.  $100 \mu$  und erreicht nur im Laacher Vulkangebiet Werte von bis zu  $170 \mu$  (Abb. 4, waagerechte Linie).

Dagegen zeigen die Klinopyroxene von Lössen mit vulkanischen Einschaltungen und von Lössen, die auf Vulkaniten lagern, Mittelwerte der Korndurchmesser von maximal  $350 \mu$ . Die Streubreite bei diesen Lössen ist mit  $100\text{—}350 \mu$  auffallend groß (Abb. 4, Kurve). Offensichtlich spielen hier primär vorhandene Korngrößenunterschiede der Vulkanite, insbesondere im Streubereich der Pyroklastika, eine wesentliche Rolle. Das vulkanische Material wurde dann vorwiegend durch Aufarbeitungs- und Verlagerungsprozesse in den Löß eingearbeitet.

### 5. Bemerkungen zur Lößgenese

Lössе mit Tuffeinschaltungen und besonders Lössе, die vulkanischen Bildungen auflagern, zeigen im Schwermineralspektrum nahezu ausschließlich vulkanische Schwerminerale. Dadurch und durch die in der Regel größeren Korndurchmesser der Klinopyroxene unterscheiden sie sich deutlich von Lössen, die makroskopisch sichtbar keinen Bezug zu vulkanischen Bildungen aufweisen (Tab. 1 u. 2; Abb. 1—4).

Dieser Zusammenhang ist in Abb. 5 graphisch dargestellt, in der auf der Abszisse der prozentuale Anteil der Klinopyroxene an der Schwermineralsführung und auf der Ordinate der mittlere Korndurchmesser der Klinopyroxene aufgetragen ist. Danach erhält man zwei Bereiche, die deutlich voneinander zu unterscheiden sind (Abb. 5):

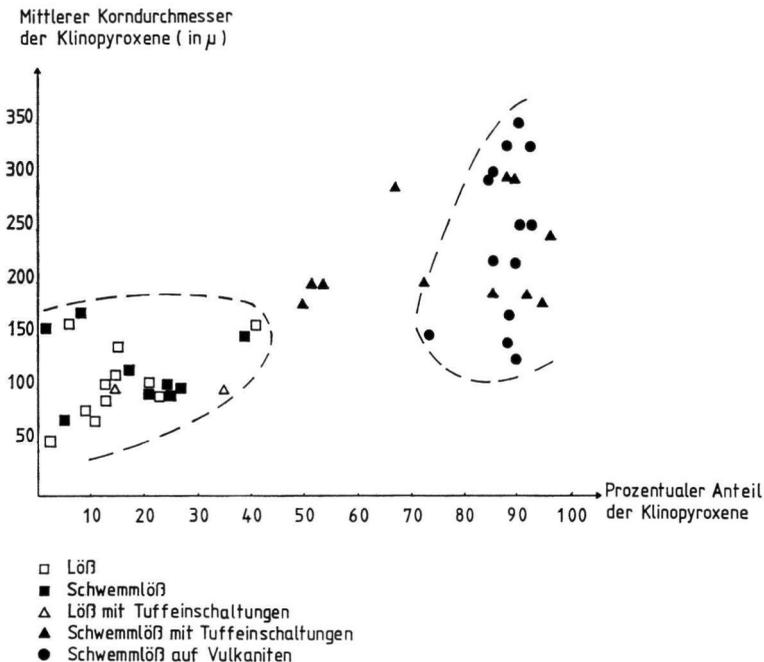


Abb. 5: Differenzierung der untersuchten Lössе anhand der Gegenüberstellung von prozentualem Anteil und mittlerem Korndurchmesser der Klinopyroxene.

- Ein Bereich ist durch einen Anteil von über 70 % Klinopyroxenen am Schwermineralgehalt und durch einen durchschnittlichen mittleren Korndurchmesser der Klinopyroxene zwischen 130 und 350  $\mu$  gekennzeichnet. In ihm liegen sämtliche Lössе, die auf vulkanischen Bildungen lagern und die Mehrzahl der Lössе mit Tuffeinschaltungen.
- Der andere Bereich ist durch einen Anteil der Klinopyroxene am Schwermineralgehalt zwischen 2 und 53 % und durch einen durchschnittlichen mittleren Korndurchmesser der Klinopyroxene zwischen 50 und 170  $\mu$  definiert. In ihm liegen sämtliche Lössе ohne makroskopisch sichtbaren Bezug zu vulkanischen Bildungen, aber auch Lössе mit Tuffeinschaltungen.

Eine gewisse Mittelstellung nehmen einige Lössе mit Tuffeinschaltungen ein, die zwischen den beiden Bereichen liegen (Abb. 5). Dies paßt aber durchaus in das Bild, das auf der einen Seite durch Lössе auf vulkanischen Bildungen und zum anderen durch Lössе ohne makroskopisch sichtbare vulkanische Überprägung gekennzeichnet ist.

Insgesamt zeigt sich, daß durch die Herausarbeitung geeigneter Parameter bei Lössen einer Region eine genetische Unterscheidung und Gruppierung möglich ist.

Zeitgleiche Rheinablagerungen, die das Hauptliefergebiet für den Löß darstellen, führen mit maximal 70 % (RAZI RAD 1976) deutlich niedrigere Gehalte an vulkanischen Schwermineralen und kommen damit als Liefergebiet zumindest für einen Teil der hier beschriebenen Lössе allein nicht in Frage. Zeigen nun Lössе auf vulkanischen Bildungen und mit Tuffeinschaltungen extrem hohe Gehalte an vulkanischen Schwermineralen, so können diese nur über eine Einarbeitung von lokalem vulkanischen Material bezogen werden. Denn eine kontinuierliche vulkanische Förderung während der Bildungszeit dieser Lössе ist auszuschließen (FRECHEN 1976; WINDHEUSER 1977). Da diese Lössе makroskopisch kaum Unterschiede zeigen, muß die Zumischung des vulkanischen Materials mit dem angelieferten Lößstaub nahezu vollständig sein. Dieser Umstand läßt auf eine mehrmalige Umlagerung bis hin zu einer vollständigen Homogenisierung schließen. Bei diesen vorwiegend umgelagerten Lössen handelt es sich aufgrund des makroskopischen Befunds um Lössе, bei deren Bildung solifluktive und fluviale Vorgänge zur Durchmischung führten.

Bei Lössen ohne makroskopisch sichtbaren Bezug zu vulkanischen Bildungen kann aufgrund ihrer Geländedeposition eine derartige Durchmischung nur über vorwiegend äolischen Transport erklärt werden. Die durchschnittlichen mittleren Korndurchmesser der Klinopyroxene liegen in diesen Lössen mit maximal 170  $\mu$  (im Mittel bei 100  $\mu$ ) deutlich niedriger als bei Lössen mit Tuffeinschaltungen oder auf vulkanischen Bildungen (vgl. Abb. 4). Gleichwohl liegen die Werte immer noch höher als die Medianwerte mitteleuropäischer Lössе, die nach BRUNNACKER (1971) Medianwerte zwischen 10 und 50  $\mu$  aufweisen.

Wird weiter berücksichtigt, daß in vielen Schwermineralspektren von Lössen stabile Schwerminerale überproportional vertreten sind, so müssen für die Lößstaubleieferung zumindest zeitweise nur begrenzt lokale Räume zur Verfügung gestanden haben.

Diese enge Bindung der Lössе an einen kleinregionalen Raum zeigt sich im Laacher Vulkangebiet besonders deutlich bei den Lössen auf vulkanischen Bildungen und mit Tuffeinschaltungen durch die nahezu ausschließliche Führung von vulkanischen Schwermineralen. Sie kann also auch in anderen Gebieten über entsprechende, den engeren regionalen Raum kennzeichnende Schwermineralspektren nachgewiesen werden.

## Schriftenverzeichnis

- AHRENS, W. (1930): Geologische Skizze des Vulkangebietes des Laacher Sees. — Jb. preuß. Geol. L.-A., **51**: 130—140, 1 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- (1933a): Die Ausbruchsstelle des Andernacher Lavastromes. — Jb. preuß. Geol. L.-A., **53**: 805—812, 9 Abb.; Berlin.
- (1933b): Die Basaltvulkane des südöstlichen Laacher-See-Gebietes und ihre Lavaströme. — Jb. preuß. Geol. L.-A., **53**: 851—878, 7 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- BIBUS, E. (1973): Ausbildung und Lagerungsverhältnisse quartärer Tuffvorkommen in der Wetterau. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenf., **101**: 346—361, 6 Abb.; Wiesbaden.
- BOENIGK, W., BRELIE, G. v. D., BRUNNACKER, K., KEMPF, E. K., KOČT, A., SCHIRMER, W., STADLER, G., STREIT, R. & TOBIEN, H. (1977): Jungtertiär und Quartär im Horloff-Graben. — Geol. Jb. Hessen, **75**: 80 S., 17 Abb., 6 Tab., 8 Taf.; Wiesbaden.
- BRUNNACKER, K. (1956): Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**: 43—48, 3 Abb.; Öhringen.
- (1957): Bemerkungen zur Feinstgliederung und zum Kalkgehalt des Lösses. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **8**: 107—115, 1 Abb., 2 Tab.; Öhringen.
- (1971): Geologisch-pedologische Untersuchungen in Lepenski Vir am Eisernen Tor. — Fundamenta A, **3**: 20—32, 5 Abb.; Wien.
- , BOENIGK, W., HAHN, J. & TILLMANNS, W. (1978): Das Jungpleistozän-Profil von Lommersum/Niederrheinische Bucht. — Decheniana, **131**: 274—286, 4 Abb., 2 Tab.; Bonn.
- & HAHN, J. (1978): Der jungpleistozäne Löß samt paläolithischen Kulturen in den Rheinlanden als Glied einer zeitlichen und räumlichen Faziesänderung. — Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung (Festschrift zum 60. Geburtstag von Julius Fink): 37—51, 2 Abb.; Wien (Ferdinand Hirt).
- FRECHEN, J. (1976): Siebengebirge am Rhein — Laacher Vulkangebiet — Maargebiet der Westeifel. Vulkanologisch-petrographische Exkursionen. — Slg. geol. Führer, **56**: 209 S., 3. Aufl., 46 Abb., 5 Beil., 7 Tab.; Stuttgart.
- & HEIDE, H. (1969): Tephrostratigraphische Zusammenhänge zwischen der Vulkantätigkeit im Laacher See-Gebiet und der Mineralführung der Terrassenschotter am unteren Mittelrhein. — Decheniana, **122**: 35—74, 8 Abb., 9 Tab.; Bonn.
- JUVIGNÉ, E. (1976): Contribution à la connaissance de la stratigraphie du Quaternaire par l'étude des minéraux denses transparents de l'Eifel au Massif Central français et plus particulièrement en Belgique. — Thèse de Doctorat, Université de Liège, 232 S., 82 Abb., 1 Anl.; Liège.
- (1977): La zone de dispersion des poussières émises par une des dernières éruptions du volcan du Laachersee (Eifel). — Z. Geomorph., N. F., **21**: 323—342, 9 Abb., 3 Tab.; Berlin und Stuttgart.
- KALLENBACH, H. (1965): Mineralbestand und Genese südbayrischer Lösses. — Geol. Rdsch., **55**: 582—607, 7 Abb.; Stuttgart.
- RAZI RAD, M. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Quartär-Stratigraphie am Mittelrhein. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **28**: 164 S., 51 Abb., 6 Tab., 1 Beil.; Köln.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1975): Sedimentpetrographische Gliederung der Lehme auf der Fränkischen Alb. — Geologica Bavarica, **74**: 151—161, 3 Abb., 1 Beil.; München.
- SCHAEFFER, F., MEYER, B. & KALK, E. (1958): Mineraluntersuchungen am Würm-Löß südniedersächsischer Lößfluren als Voraussetzung für die Mineralanalyse verschiedener Lößbodentypen. — Chem. d. Erde, **19**: 338—360, 6 Abb.; Jena.
- SCHOLZ, G. (1969): Die Schlufflehme der Mittleren Schwäbischen Alb. — Arb. Geol.-Pal. Inst. Univ. Stuttgart, NF, **60**: 148 S., 20 Abb., 14 Tab., 3 Taf., 1 Kt.; Stuttgart.
- SCHROEDER, D. (1955): Mineralogische Untersuchungen an Lößprofilen. — Heidelb. Beitr. z. Min. u. Petr., **4**: 443—463, 5 Abb., 5 Tab.; Heidelberg.
- WINDHEUSER, H. (1977): Die Stellung des Laacher Vulkanismus (Osteifel) im Quartär. — Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **31**: 223 S., 28 Abb., 1 Tab.; Köln.
- & BRUNNACKER, K. (1978): Zeitstellung und Tephrostratigraphie des quartären Osteifel-Vulkanismus. — Geol. Jb. Hessen, **106**: 261—271, 5 Abb.; Wiesbaden.

Manuskript eingegangen am 7. 2. 1979.

Tab. 1: Entnahmestellen der untersuchten Lößproben.

Proben-Nr.	Lage	R-Wert	H-Wert
1	Bad Neuenahr, Anschnitt am Kreisel an der B 266 nach Lantershofen	25 <sub>79</sub> 240	56 <sub>02</sub> 440
2	Tongrube Ringen	25 <sub>78</sub> 160	56 <sub>04</sub> 520
3	"Sinziger Kreuz" an der B 9 im Hangenden einer Mittelterrasse	25 <sub>88</sub> 170	55 <sub>03</sub> 600
4	Gönnersdorf im Vinxtbachtal im Hangenden des Bausenberg-Lavastroms	25 <sub>89</sub> 620	55 <sub>94</sub> 680
5	Steinbruch nördlich des Hochsteins im Hangenden des Hochstein-Lavastroms	25 <sub>86</sub> 950	55 <sub>83</sub> 340
6	Vinxtbachtal 250 m SW Waldgut Bardenheuer	25 <sub>92</sub> 100	55 <sub>95</sub> 190
7	Ziegelei Langer Berg 2,5km E Bendorf	34 <sub>01</sub> 490	55 <sub>88</sub> 575
8	Ziegelei 500 m SE Rhens an der B 9	34 <sub>01</sub> 900	55 <sub>72</sub> 160
9	Harbachtal 2 km S Sinzig	25 <sub>89</sub> 060	55 <sub>99</sub> 810
10	Grube am Kimmelberg bei Metternich	33 <sub>97</sub> 170	55 <sub>81</sub> 040
11	Steinbruch bei Hochdahl im Hangenden eines devonischen Kalksteines	25 <sub>65</sub> 900	56 <sub>77</sub> 250
12	Kiesgrube 1 km NE Filsen im Hangenden einer Mittelterrasse	33 <sub>99</sub> 790	55 <sub>68</sub> 360
13	1,5 km S Valendar an der Straße von Mallendar nach Urbar	34 <sub>02</sub> 080	55 <sub>84</sub> 400
14	Ziegeleigrube am südlichen Ortsausgang von Brühl 500m W E 42	62 <sub>76</sub> 000	31 <sub>85</sub> 000
15	Deckschichten im Hangenden des Niedermendiger Lavastroms 1 km NW Niedermendig	25 <sub>90</sub> 620	55 <sub>83</sub> 470
16	Grube am Südfuß des Plaidter Hummerichs	25 <sub>97</sub> 340	55 <sub>84</sub> 100
17	Nordostseite des Laacher Kessels 700 m SE Hotel Waldfrieden	25 <sub>91</sub> 080	55 <sub>88</sub> 040
18	Westseite des Laacher Kessels 1250 m NNE Abteikirche	25 <sub>89</sub> 300	55 <sub>87</sub> 170
19	Deckschichten des Herchenberg-Vulkans	25 <sub>89</sub> 720	55 <sub>93</sub> 110
20	Deckschichten des Kunkskopf-Vulkans	25 <sub>90</sub> 540	55 <sub>91</sub> 000
21	Deckschichten des Birkenkopf-Vulkans	25 <sub>04</sub> 320	55 <sub>80</sub> 320
22	Deckschichten des Karmelenberg-Vulkans	26 <sub>01</sub> 550	55 <sub>79</sub> 940

23	Deckschichten des östlichsten Vulkans der Wannenköpfe	26 <sub>00</sub> 940	55 <sub>82</sub> 420
24	Deckschichten des Leilenkopf-Vulkans	25 <sub>92</sub> 580	55 <sub>94</sub> 030
25	Deckschichten des Bausenberg-Vulkans (Kraterinneres)	25 <sub>86</sub> 780	55 <sub>93</sub> 120
26	Grabungsstelle Gönnersdorf	26 <sub>00</sub> 350	55 <sub>91</sub> 100
27	Kiesgrube 2 km N Plaidt im Hangenden einer Rheinterrasse	25 <sub>98</sub> 540	55 <sub>86</sub> 270
28	Hohlweg in Andernach nach Plaidt	25 <sub>99</sub> 060	55 <sub>89</sub> 500
29	Löß- u. Fließerde-Deckschichten im Hauptterrassen-Niveau bei Leutesdorf (nicht mehr aufgeschlossen)	25 <sub>98</sub> 950	55 <sub>92</sub> 250
30	Tongrube Dreitonnenkuppe 1,5 km N Lonnicg	25 <sub>99</sub> 900	55 <sub>77</sub> 560
31	Lößdecke im Hangenden von devonischen Schiefem am Südostausgang von Leutesdorf	25 <sub>99</sub> 210	55 <sub>90</sub> 970
32	Deckschichten des Kottenheimer Büden-Vulkans	25 <sub>88</sub> 070	55 <sub>79</sub> 680
33	Kiesgrube Ockenfels bei Linz im Hangenden der Hauptterrasse	25 <sub>90</sub> 910	56 <sub>05</sub> 340
34	Baugrube 500 m W Melsbach im Hangenden von Ton	33 <sub>91</sub> 770	55 <sub>95</sub> 840
35	Baugrube in Löhndorf bei Sinzig	25 <sub>85</sub> 490	55 <sub>99</sub> 920
36	Rolandseck, Lößdecke auf einer Niederterrasse an der B 9	25 <sub>85</sub> 460	56 <sub>11</sub> 550
37	Kiesgrube 1 km SE Saffig, Lößdecken auf einer Terrasse	26 <sub>01</sub> 640	55 <sub>83</sub> 000
38	Kiesgrube 1,2 km W Rodenbach im Hangenden einer Terrasse	26 <sub>01</sub> 800	55 <sub>92</sub> 680
39	Wiedtal 500 m S Niederbieber im Hangenden einer Terrasse	33 <sub>91</sub> 470	55 <sub>91</sub> 940
40	Deckschichten im Hangenden des Thürer Lavastroms am Ostende von Thür	25 <sub>91</sub> 360	55 <sub>81</sub> 240
41	Lößdecke im Hangenden eines devonischen Dolomits N Bergisch Gladbach an der B 506	25 <sub>80</sub> 030	56 <sub>52</sub> 620
42	Kiesgrube 750 m E Torney im Hangenden einer Mittelterrasse	33 <sub>93</sub> 650	55 <sub>92</sub> 700
43	Kiesgrube Ariendorf bei Linz im Hangenden der Leubsdorfer Mittelterrasse	25 <sub>92</sub> 150	56 <sub>00</sub> 150
44	Rübenacher Höhe 500 m N Rübenach im Hangenden von tertiären Tonen und einer Hauptterrasse	33 <sub>95</sub> 150	55 <sub>83</sub> 700
45	Tongrube Kärlich, oberster Abschnitt	33 <sub>91</sub> 300	55 <sub>84</sub> 000
46	Lommersum	25 <sub>55</sub> 580	56 <sub>19</sub> 290

Tab. 2: Schwermineralführung (in %) und mittlerer sichtbarer Korndurchmesser der Klinopyroxene (in  $\mu$ ) in den untersuchten Proben.

Schwermineralanalyse

Nr.	Klinopyroxen	braune Hornblende	Titanit	Turmalin	Zirkon	Rutilgruppe	Granat	Epidotgruppe	grüne Hornblende	Staurolith	Andalusit	Sillimanit	Disthen	unbest. Minerale	Opake	mittlerer sichtbarer Korndurchmesser der Klinopyroxene
1	35	1		2	41	9	3	8					1	30	100	
2	13	2		3	42	11	5	18	5					1	25	80
3	21	4	2	2	12	8	14	24	8	3	1		1	21	110	
4	86	5	2		1	1		2		1				2	5	240
5	87	8	2					2						1	10	310
6	27	1	2	2	20	6	14	17	6	2		1	2	22	100	
7	52	5		1	1	1	18	14	7					1	15	200
8	6	1		1		2	58	25	3	3			1	20	160	
9	25	1	2	3	22	7	17	14	5	4				20	90	
10	23	3		3	13	8	29	18	2	1				32	90	
11	2			4	28	13	3	46	4					31	50	
12	1		2	2	4	4	57	23	5	1			1	23	160	
13	67	21	9											3	18	280
14	9			5	42	9	8	22	5					44	80	
15	88	3	4		1	1		3						3	140	
16	93	7												5	260	
17	90	9	1											3	290	
18	88	8	3					1						15	300	
19	91	6	1			1								1	5	260
20	91	6	2			1								9	350	
21	85	11	1			1		1	1					16	310	
22	90		2				3	3	2					10	130	
23	88	3	3		2		1	3						5	170	
24	90	7	2			1								9	220	
25	88	12												47	330	
26	96	4												3	220	
27	92	6	2											4	190	
28	24	1		5	15	10	23	18	3	1				13	100	
29	86	14												9	190	
30	72	13	2		4	5		1	2	1				5	200	
31	21	2	5		9	7	14	20	17	1		1	2	1	35	100
32	73	19	2		1	3	2							9	150	
33	14		4	1	7	8	29	30	4	1			1	1	17	110
34	14		2	2	15	10	17	26	11	2			1	18	100	
35	8	1	1	2	49	12	4	13	9	1				30	170	
36	17		2	2	19	10	21	17	10	1			1	15	120	
37	41	4	8	1	17	7	8	9	3	2				18	160	
38	15	4	5		19	6	20	21	6	1			3	20	140	
39	11		3	3	24	11	20	22	4				2	25	70	
40	93	5	2											8	330	
41	14		2	3	8	4	30	23	10	5			1	21	110	
42	50	6	1		12	2	14	13		1			1	11	180	
43	54	5			6	2	13	12	6	1			1	19	200	
44	38	2		11	11	1	21	13	3					41	150	
45	95	2	2				1							2	180	
46	5			2	47	15	12	14	2	2			1	34	70	

