

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	74	S. 5—24	5 Abb.	2 Tab.	Freiburg 1984
-----------------------------------	----	---------	--------	--------	---------------

# Die Bedeutung vulkanischer Glasfunde für die Chronostratigraphie des oberrheinischen Lösses

von

**Klaus Eberhard Bleich, Stuttgart, Friedhelm Hädrich, Freiburg i. Br. und Roland Wurster, Stuttgart**

## Zusammenfassung

Aus sieben südbadischen Lössvorkommen wurden insgesamt 21 Proben unmittelbar über dem als eemzeitlich vermuteten Paläoboden entnommen und auf das Vorkommen opaker vulkanischer Gläser untersucht. Einbezogen in die Untersuchung wurden Humuszonen, Fließerden und Fließlöse des „Altwürm“.

Der Nachweis der Gläser verlief in 17 Fällen positiv, wobei eine Abnahme der Partikelzahl mit abnehmendem Humusgehalt der Probe in der Reihe Humuszone > Fließerde > Fließlöß festgestellt wurde.

## Summary

Title: The importance of volcanic glass findings for the chronostratigraphy of loess in the upper Rhine valley:

21 samples from 7 loess sites in southern Baden have been taken from the layer above the probably Eemian paleosol and investigated with respect to dark vitric material from an east Eifel volcano. Ah-horizons („Humuszonen“) and solifluction material including loess have been examined.

Volcanic glass was found in 17 samples, with higher concentration in the Ah-horizons than in the solifluction material. Its age is Middle Pleistocene (Odderade or a little younger), probably 60 to 50 000 years BP.

---

### Anschrift der Verfasser:

Dr. KLAUS EBERHARD BLEICH, Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Str. 27, D-7000 Stuttgart 70, Dr. FRIEDHELM HÄDRICH, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre der Universität Freiburg, Bertoldstraße 17, D-7800 Freiburg i. Br. Dr. ROLAND WURSTER, Institut für Physik der Universität Hohenheim, Postfach 700562, D-7000 Stuttgart 70.

## 1. Einleitung

Eine Chronostratigraphie oberrheinischer Löss- und Paläoböden bereitete wegen ungünstiger Lagerungs- und Aufschlußverhältnisse (unbekannte und zu alte Liegendgesteine) sowie mangelnder geomorphologischer, vergleichend sedimentologischer, paläontologischer, physikalischer (Paläomagnetismus Radiocarbon datierung) und urgeschichtlicher Parameter bis vor wenigen Jahren große Schwierigkeiten (HÄDRICH 1975 und 1980 und HÄDRICH et al. 1982).

Frühere Arbeiten fußten im wesentlichen auf der vergleichenden Sedimentologie und Paläopedologie (z. B. BRONGER 1966 und 1969), und bei ungünstigen Lagerungsverhältnissen blieb nur die Möglichkeit der chronostratigraphischen Zuordnung durch reines Abzählen von oben nach unten (KHODARY-EISSA 1968). Dem obersten intensiv entwickelten fossilen Boden (mit Entkalkung, Verlehmung, Verbraunung und z. T. Tonverlagerung) wurde warmzeitliche Entstehung und eemzeitliches Alter zuerkannt. Die entsprechenden hangenden und liegenden Löss- wurden danach ins „Würm“ bzw. Riß gestellt (unter Würm wird hier und folgend nicht die Vereisung, sondern die letzte Kaltzeit verstanden).

Einen anderen Weg zur Parallelisierung von Lössen beschriftet HÄDRICH (1975). Danach konnten mit Hilfe geochemischer Untersuchungen zur Carbonatverteilung und -fraktionierung in sieben badischen Lößaufschlüssen drei Altersgruppen von Lössen ausgeschieden werden, wobei der Abtrennung des Würmlösses von den übrigen die größte Bedeutung zukam. Zur Deutung unterschiedlicher Dolomitgehalte äußerte sich auch BLEICH (1983).

MÜNZING (1976) versuchte eine stratigraphische Neugliederung der Breisgauer Löss- auf paläontologischer Grundlage und eine Einstufung in die Vollgliederung des Pleistozäns, deren Ausgangspunkt für die mittleren und jüngeren Abschnitte die „Verbraunungszone“ von Bötzingen (L nach KHODARY-EISSA, 1968) ist (vgl. Kap. 4).

In jüngster Zeit hat die paläomagnetische Untersuchung der Löss- und Paläoböden von Riegel und Emmendingen die Datierungsmöglichkeiten erheblich verbessert (FROMM 1983<sup>1)</sup>. Obwohl in Riegel nur eine Sedimentfolge von 14 m des über 35 m mächtigen Aufschlusses (vgl. Kap. 2) paläomagnetisch untersucht wurde, ergaben sich Alter von fast zwei Millionen Jahren (Pliozän/Pleistozän-Grenze). Dagegen wurde die Löß-Paläoboden-Abfolge von Emmendingen als vergleichsweise jung bestimmt; sie repräsentiert mit Holozän, Mittelwürm, Eem (?) und Riß (?) nur die Brunhes-Epoche. Da aber die Probennahme jeweils an zahlreichen Einzelschürfen erfolgte, ist eine genaue Lokalisierung und Interpretation schwierig.

LEIBER (1980: 89–91) stellt der Auffassung von HÄDRICH (1975) eine abweichende, auf französischen Pollenuntersuchungen in den SW-Vogesen gestützte Gliede-

<sup>1)</sup> i.A. des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg in Freiburg i. Br. im Rahmen der geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben.

## VULKANISCHE GLASFUNDE IM OBERRHEINISCHEN LÖSS

7

Tab. 1: Vulkanische Gläser in Lößaufschlüssen des südlichen Oberrheingebietes

Nr.	Aufschluß	Literatur Bearbeiter	Entnahme- bereich m	stratigraphische Position	Material	Jahr der Entnahme	Befund
1	Riegel A1	HÄDRICH, 1975	3,2- 3,7	unmittelbar über der obersten Verlehmszone	Fließloß zwischen Kindelgeröllten	1965	+
2	Riegel A2	"	14,4-14,6			1966	-
3	Riegel *	HÄDRICH	15,1-15,4			1983	+
4	Riegel A3	"	15,2-15,4			1983	-
5	Emmendingen	HÄDRICH, 1975	1,2- 1,4	dto., Westecke der Profilwand	schwach humose Fließerde	1983	+
6	Emmendingen	"	1,2- 1,6			1983	+++
7	Bötzingen A1	KHODARY, 1968 HÄDRICH, 1975+80	12,4-12,6	BVII/6-LöB unmitt. Fließloß u.o.VLZ(C)	Fließloß	1983	++
8	Bötzingen S22	KHODARY, 1968	ca.11-12	Bereich 40cm ü.o. VLZ, nördl. Schurf S22	Fließloß	1983	+
9	Bötzingen A2	"	8,0- 8,2	BVII-LöB unnm.ü. C/E-Verlehmsz.	Fließloß	1983	+
10	Bötzingen A6	"	3,05-3,35	K-LöB unnm.ü. Verbraunungszone	Fließloß	1983	+
11	Bötzingen A6	" HÄDRICH, 1980	3,35-3,90	LI/II, Verbraunungs-Humuszone zone	Humuszone	1983	+++
12	Eichstetten (Kernbohrg.)	"	8,8- 9,05	über o.VLZ	Humuszone	1974	++
13	Eichstetten (Kernbohrg.)	"	9,4- 9,6	unm.ü.o.VLZ	AB-Übergang	1974	+
14	Mengen (Kernbohrg.)	HÄDRICH	6,3- 7,1	über o.VLZ	humose Fließerde	1983	+
15	Mengen (Kernbohrg.)	"	7,1- 7,53	unm.ü.o.VLZ	Rumuszone	1983	+++
16	Buggingen	BRONGER, 1969	0,3- 0,75	über o. VLZ	Fließerde(?)	1983	+
17	Buggingen	"	0,7- 1,0	unm.ü.o.VLZ	Fließerde	1983	++
18	Buggingen	"	0,7- 0,95	unm.ü.o.VLZ	Fließloß	1983	-
19	Buggingen	"	2,1- 2,4	über o.VLZ	Fließloß	1983	-
20	Heitersheim	BRONGER, 1966	Bereich von 1,2m über dem oberen Heitersheimer Boden		Humuszone	1983	++
21	Hügelheim	ZOLLINGER	ca.3m unter unnm.ü.o.VLZ GOF		AB-Übergang	1981	+

\* Schurf ca. 2-3m nördlich A3

rung des Emmendinger Aufschlusses gegenüber. Danach soll das Riß/Würm-Interglazial wesentlich länger gedauert haben (er zählt dazu Teile des 3. Lösses bis zum 5. Boden, von oben gerechnet). Der untere Profilteil wird im wesentlichen zur Rißeiszeit gezählt, während für die Prärißperiode bis zurück zum pliozänen (?) Basisboden über mo<sup>2</sup> nur wenige Profilmeter bleiben.

Nicht zuletzt aus diesen Gründen hat FROMM in Zusammenarbeit mit SCHREINER<sup>2</sup> und HÄDRICH im Herbst 1983 den Lößaufschluß von Buggingen (BRONGER 1969) und den durch eine junge Rutschung besser zugänglich gewordenen Lößaufschluß von Riegel (A3) beprobt (Abb. 1). Wir dürfen auf die Ergebnisse gespannt sein.

Sind bisher auch noch keine Tuffbänder in den oberrheinischen Lössen gefunden worden, wie z. B. am Mittelrhein (BIBUS 1980) oder im Neuwieder Becken (BRUNNACKER 1982), so haben doch jüngste mineraloptische Untersuchungen und der Einsatz der Elektronenstrahlmikrosonden von BLEICH und WURSTER (1983) weiterführende Möglichkeiten zur Altersgliederung von Lössen eröffnet.

Diese Untersuchungen ergaben, daß sich opake vulkanische Gläser etwa einheitlicher chemischer Zusammensetzung aus der Osteifel in der Fraktion 0,1–0,5 mm in ganz bestimmten Schichten von Löß- und Bodenprofilen vom Mainzer Becken bis nach Oberschwaben nachweisen lassen. Sie werden anhand pollenanalytisch datierter Bohrprofile in ein recht trockenes Interstadial mit lichtigem Kiefern/Birkenwald gestellt, das als Ognon I (Vogesen) einer Spätphase des Odderade (Schleswig-Holstein) entsprechen oder nur wenig jünger sein dürfte (zwischen 60 und 50 000 Jahren v.h.).

Gezielte Probenahmen in verschiedenen Lößvorkommen am Oberrhein belegen auch hier das Vorkommen dieser Gläser; deren Untersuchung ist Gegenstand des vorliegenden Berichts.

## 2. Material und Methoden

Von HÄDRICH wurde im September/Oktober 1983 aus sieben badischen Lößvorkommen unter Berücksichtigung von insgesamt 20 Einzelaufschlüssen und Schürfen (Tab. 1) je eine Probe von ca. 1–1,5 kg entnommen und von BLEICH und WURSTER untersucht. Unter diesen 20 Proben befanden sich vier (Nr. 1, 2, 12 und 13) aus dem Probenpool von HÄDRICH. Hinzu kam eine Probe (Nr. 21) aus Hülgelheim<sup>3</sup>. Eine Übersicht über die Aufschlüsse gibt die Tabelle 1.

<sup>2)</sup> Geologisches Landesamt Baden-Württemberg in Freiburg i. Br.

<sup>3)</sup> Diese Probe wurde uns freundlicherweise von G. ZOLLINGER vom Institut für Physische Geographie der Universität Freiburg überlassen.

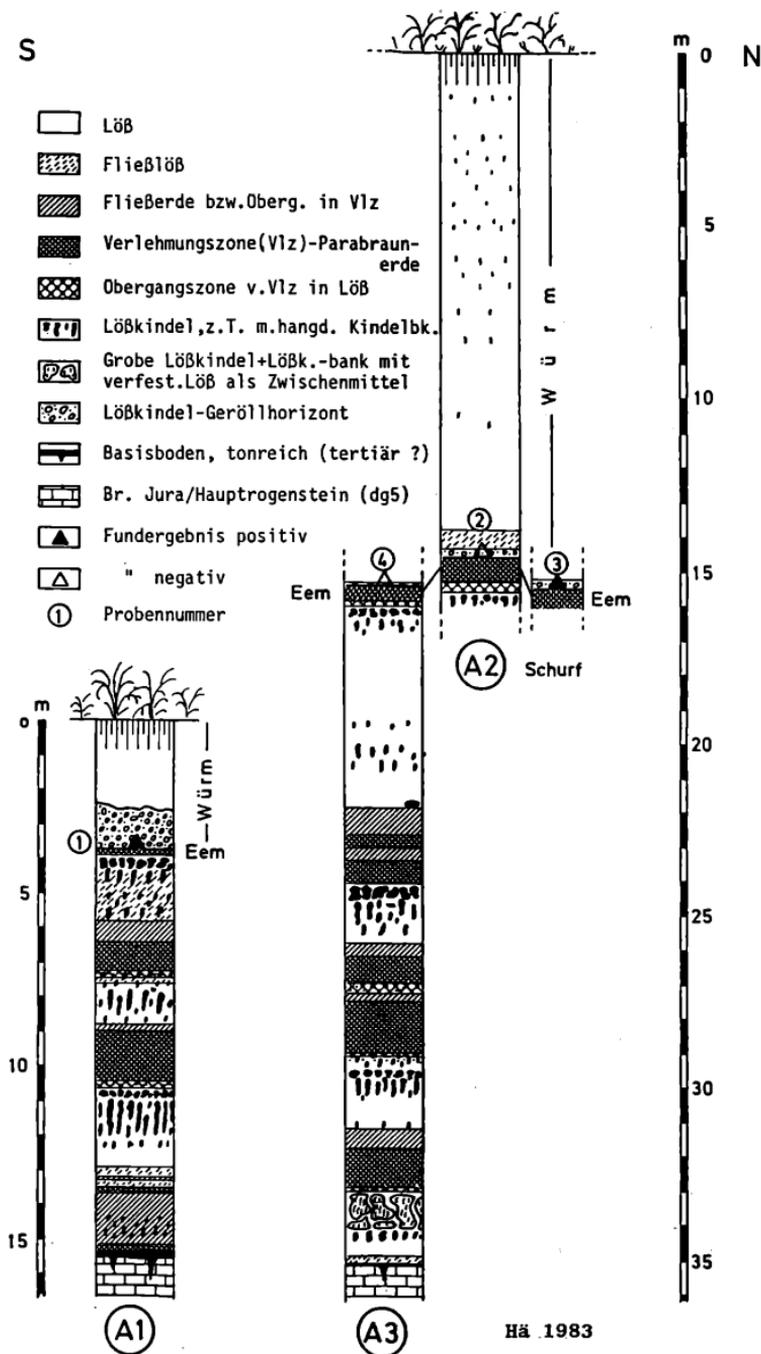


Abb. 1: Die Lössaufschlüsse von Riegel a. Kaiserstuhl nach Aufnahmen von F. HÄDRICH 1965, 1966 und 1983. (Entfernung der Aufschlüsse unmaßstäblich)

## Die Lößaufschlüsse

Die Aufschlüsse sind hinlänglich aus der Literatur bekannt. Die folgenden Detailangaben waren in der Tabelle nicht unterzubringen und sollen der besseren Orientierung des Lesers dienen.

Die Aufschlüsse Riegel A1 und A2 (Proben-Nr. 1 und 2) waren 1965 und 1966 von HÄDRICH und KHODARY-EISSA unter Einsatz von Strickleitern und eines Seilaufzuges beprobt und untersucht worden. Die beiden Aufschlüsse liegen etwa 20–30 m auseinander, ihre genaue Lage ist heute nicht mehr feststellbar. Der Aufschluß A2 stellt die Fortsetzung von A1 nach oben dar, wobei die Bearbeitung eine gut 4 m messende stratigraphische Überlappung einbezog. Von den Ergebnissen wurden bisher lediglich die der Carbonatfraktionierung publiziert (HÄDRICH 1975), wie auch von Emmendingen und Eichstetten.

Die Probe Nr. 3 stammt aus einem kleinen Schurf, ca. 3 m nördlich von A3 (Abb. 1).

Der Aufschluß A3 (Proben-Nr. 4) wurde im Herbst 1983 von HÄDRICH nach einer Rutschung über eine Mächtigkeit von rund 20 m (Vertikalmaß) neu angelegt und beprobt. A2 bildet nunmehr seine unmittelbare Fortsetzung nach oben, so daß in Riegel mit 35,10 m (Vertikalmaß) wohl die mächtigste Löß-Paläoboden-Abfolge von ganz Südwestdeutschland vorliegt (Abb. 1).

Der Lößaufschluß Emmendingen war von HÄDRICH zusammen mit BLUM (heute Wien) beprobt und beschrieben worden. Die neuerliche Probenentnahme erfolgte hier an zwei ca. 20 m voneinander entfernten Stellen in der ost-westlich orientierten Profilwand.

Die 5 Proben aus dem Bötzingen Lößvorkommen stammen aus den Aufschlüssen, wie sie KHODARY-EISSA (1968) untersucht, analysiert und beschrieben hat. Sie wurden alle im Herbst 1983 frisch entnommen (Abb. 2).

Bei Eichstetten handelt es sich um eine fast 23 m erreichende Forschungskernbohrung, die von LUFT und MORGENSCHWEIS vom Lehrstuhl für Geographie und Hydrologie des Instituts für Physische Geographie der Universität Freiburg i. Br. im Sommer 1974 veranlaßt wurde und von der HÄDRICH die Proben zur lößstratigraphisch-paläopedologischen Untersuchung zur Verfügung gestellt bekam (HÄDRICH 1975).

Die Forschungskernbohrung Mengen wurde von der DEUQUA finanziert und in der Zeit vom 19.–20. 7. 1983 bis zu einer Tiefe von 28,95 m niedergebracht. Die geologisch-bodenkundliche Aufnahme besorgte HÄDRICH zusammen mit SCHREINER und ETZOLD<sup>4</sup>.

Bei Buggingen (Proben-Nr. 16–19) handelt es sich um den von BRONGER (1969) untersuchten Aufschluß, wobei die Probe Nr. 16 mittels eines Flügelbohrers von oben her, die übrigen direkt aus der Profilwand entnommen wurden. Die Entnahmestellen liegen bis zu 30 m auseinander, konzentrieren sich aber etwa auf die

<sup>4</sup>) Geologisches Landesamt Baden-Württemberg in Freiburg i. Br.

## VULKANISCHE GLASFUNDE IM OBERRHEINISCHEN LÖSS

11

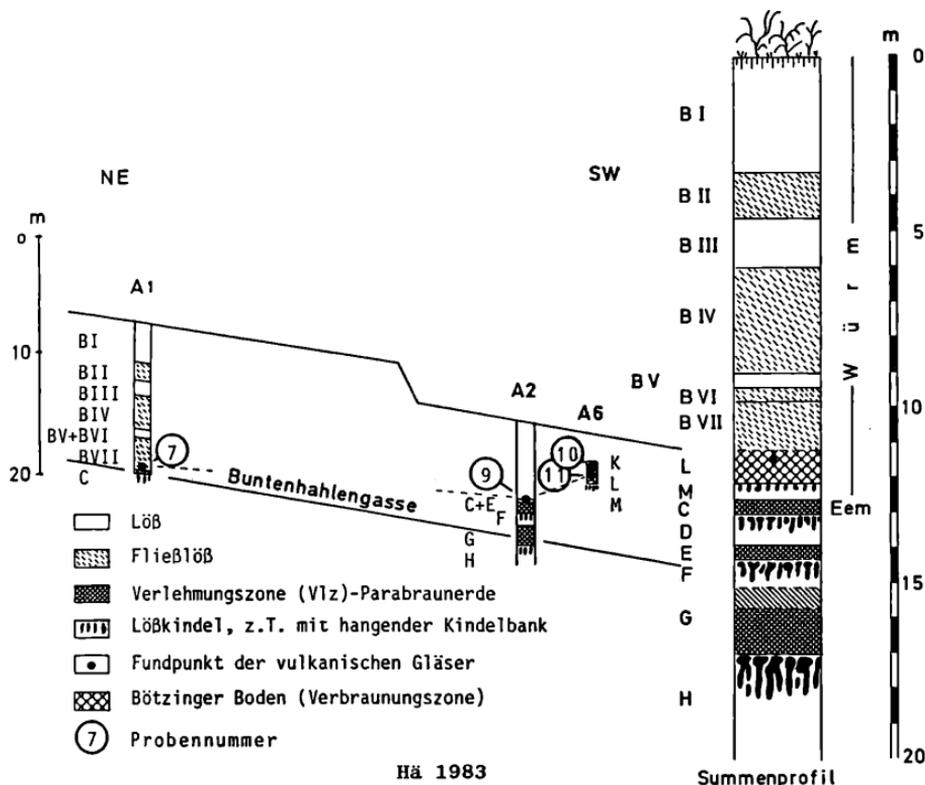


Abb. 2: Die Lößaufschlüsse an der Ostwand der Buntenhahlgasse von Bötzingen a. Kaiserstuhl und ein Summenprofil (nach KHODARY-EISSA, 1968)

Mitte und die Nordweststrecke des Aufschlusses (vgl. BRONGER 1969:116 und HÄDRICH u. LAMPARSKI 1984).

Bei dem ebenfalls von BRONGER (1966) bearbeiteten Aufschluß von Heitersheim ist die genaue Entnahmetiefe unbekannt, wohl aber die Zuordnung zum oberen Heitersheimer Boden. Die BRONGER'sche Profilskizze kann heute dafür nicht mehr herangezogen werden, da die Lößwand wegen zwischenzeitlich weitergegangenen Abbaus weiter nach Westen verlegt wurde. Eine Neuvermessung von oben her erfolgte nicht.

### Die Entnahmebereiche und die stratigraphische Position

Wie die Tab 1. zeigt, liegen die Entnahmebereiche unterschiedlich tief unter der Geländeoberfläche. Dies liegt an der stratigraphischen Position der ausgewählten Schicht und der unterschiedlichen Mächtigkeit der Würmlöse.

Aus der Arbeit von BLEICH und WURSTER (1983) war bekannt, daß für die Gläser nur der Bereich über der (als eemzeitlich vermuteten) obersten „Verlehmungszone“ in Frage kommt. Die Probenentnahme erfolgte daher aus dieser Position ohne direkte räumliche Wiederholung. Ausnahmen bilden die Proben Nr. 10, 11 und 14:

Da angenommen wurde, daß es sich bei der Bötzingen „Verbraunungszone“ (Nr. 11) um eine Altwürmbildung handelt, wurde sie selbst und der hangende Fließloß (Nr. 10) mit einbezogen. Es wurde die Nr. 14 mituntersucht, weil zum Entnahmezeitpunkt der Proben aus dem Bohrkern — auch wegen der Geländedeposition der Bohrung (Talung) und der Dominanz von Schwemmlössen — unklar war, ob sich die Gläser in der liegenden Humuszone (Nr. 15) oder in der hangenden Fließerde (Nr. 14) finden würden.

Die für die Probenentnahme ausgewählte Schichtmächtigkeit variierte zwischen 0,2 und 1,2 m und lag im Mittel bei 0,38 m.

### Das Sedimentmaterial

Je nach der Beschaffenheit der unmittelbar über der obersten Verlehmungszone vorkommenden Straten wurde in die Untersuchung Material aus Humuszonen, Fließerden und Fließlössen einbezogen. Diese Materialbegriffe werden hier z. T. etwas unkonventionell benutzt und bedürfen daher einer kurzen Definition:

Unter Humuszonen verstehen wir farblich dunkel abgesetzte Schichten, bei denen ein gegenüber den hangenden Lössen erhöhter Humusgehalt nicht in jedem Fall analytisch nachgewiesen wurde. Sie werden nicht als Ah-Horizonte der liegenden Verlehmungszonen (B-Horizonte), sondern als selbständige Bodenbildungen des Frühglazials aufgefaßt. In Mengen ist die Humuszone sehr deutlich, in Heitersheim dagegen schwach ausgebildet.

Unter Fließerden verstehen wir deutlich geschichtete Substrate im Hangenden von Verlehmungs- oder Humuszonen, in denen abtragungsbedingt Material der liegenden Bodenbildungen und Lößmaterial schicht- und stückweise wechseln, das Bodenmaterial aber überwiegt. Fehlen Humuszonen im Liegenden, dann findet sich als Bodenmaterial meist nur das Material der liegenden Verlehmungszonen. Das ist der Fall bei den Proben Nr. 16. und 17.

Fließlössen ähneln den Fließerden, jedoch ist bei ihnen der Anteil an Bodenmaterial aus dem Liegenden geringer oder kann sogar ganz fehlen. Fließlössen bilden vor allem dort das unmittelbar Hangende der Verlehmungszonen, wo infolge zu großer Neigung der alten Oberflächen die altwürmzeitlichen Humuszonen und auch große Teile der Verlehmungszonen abgetragen wurden, wie dies bei den Proben von Riegel, den Proben Nr. 7, 8 und 9 von Bötzingen und den Proben Nr. 18 und 19 von Buggingen (vgl. Kap. 4) beobachtet wurde.

Die Proben Nr. 13 und 21 konnten hierbei nicht eindeutig zugeordnet werden. Bei ihnen handelt es sich um Profilabschnitte aus dem Übergangsbereich von Verlehmungszonen in hangende Humuszonen.

Die Materialeigenschaften der bereits laboranalytisch untersuchten Proben sind in Tab. 2 aufgeführt. Bei der Bewertung dieser Daten ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Analysen von verschiedenen Bearbeitern stammen, über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren durchgeführt und daß verschiedene Methoden angewendet wurden. Dies gilt für die Bestimmung des Humus-, Carbonat- und Dolomitgehaltes. So bestimmte man z. B. den Humusgehalt bei den Proben aus Riegel, Emmendingen, Bötzingen und Heitersheim noch mittels der Kaliumdichromat-Schwefelsäure-Methode (kolorimetrisch), die bis zu einer Zehnerpotenz eindeutig zu hohe Werte bringen kann. Solche fraglichen Werte wurden daher in Klammern gesetzt.

### Laboruntersuchungen der Gläser

Eine chemische Vorbehandlung der Proben unterblieb, da sich bei den früheren Untersuchungen dadurch eine oberflächennahe Beeinflussung herausstellte, die die Meßergebnisse stark veränderte. So wurde lediglich bei Probenmengen von etwa 500 g die Fraktion 125–630  $\mu\text{m}$  unter fließendem Wasser ausgesiebt und bei 105 °C getrocknet; die Gläser wurden von Hand mit einer Nadel unter dem Binokular herausgelesen. Bei geringen Gehalten (jedoch nicht bei negativem Befund) wurden Siebung und Auslese mehrfach wiederholt, damit nicht Zufallsfunde überbewertet werden konnten. Verluste an besonders kleinen Stücken wurden in Kauf genommen, da diese erwiesenermaßen spärlich sind und zudem nur Bruchstücke von größeren darstellen.

Zur weiteren Charakterisierung wurden Rasterelektronenmikroskop und Elektronenstrahlmikrosonde JXA 50A (Hersteller: JEOL, Tokyo) benutzt.

Abb. 3 zeigt eine Auswahl der größeren Teilchen mit den charakteristischen Schmelzkanälen und Schrumpfrissen (Proben Emmendingen); auffallend ist jedoch die Formenarmut bei insgesamt geringer Größe gegenüber der (von BLEICH und WURSTER 1983 beschriebenen) Streuzone in Richtung NNW – SSO, auf der z.B. Echterdingen liegt. Stücke von diesem Fundpunkt sind in Abb. 4 a–c (unter dem Licht- bzw. Rasterelektronenmikroskop aufgenommen) gegenübergestellt. Es ist offensichtlich, daß diese bizarren Formen den Bedingungen für eine quantitative Elektronenstrahlmikroanalyse nicht genügen, da sowohl der Winkel zwischen dem Primärelektronenstrahl und der jeweiligen Objektnormalen von Punkt zu Punkt variiert als auch die Berechnung der Korrekturfaktoren für die Ordnungszahl, Absorption und Fluoreszenz nur bei genauer Kenntnis der geometrischen Formen und Abmessungen möglich ist. Für ausgewählte geometrische Körper (Kugel, Würfel u. a.) wurden die entsprechenden Korrekturrechnungen zwar angegeben (von ARMSTRONG und BUSEK 1975), doch lassen sich die obigen Partikeln dadurch auch nicht näherungsweise beschreiben. Exakte Bestimmungen der Elementgehalte erfordern daher den hohen Aufwand einer Probenpräparation wie sie bei Einzelstücken üblich ist (Einbetten, Schleifen, Polieren und Bedampfen).

Tab. 2: Materialeigenschaften ausgewählter Proben in % der Feinerde  
(bei Skelett in % vom Gesamtboden; weitere Erläuterungen im Text)

Nr.	Aufschluß	Material	Humus- gesamt- gehalt	Dolomit- gehalt	Ton- <2 $\mu$	Schluff- 2—63 $\mu$	Sand- 63—2000 $\mu$	Skelett- gehalt
1	Riegel A1	Fließlöß	0,11	9,7	10,6	79,4	10,0	49,6
2	Riegel A2	Fließlöß	0,14	12,2	9,8	74,8	15,4	28,6
4	Riegel A3	Fließlöß	0,14	n.b.	9,6	81,4	9,0	39,2
5+6	Emmendingen	Fließerde	(0,91)	8,7	11,1	82,5	6,4	0,2
7	Bötzingen A1*	Fließlöß	(0,83)	9,0	9,9	74,3	15,8	0,1
9	Bötzingen A2*	Fließlöß	(1,26)	8,4	11,4	60,2	28,4	0
10	Bötzingen A6*	Fließlöß	(0,98)	n.b.	15,3	78,0	6,7	0
11	Bötzingen A6*	Humuszone	(1,26)	n.b.	24,3	62,8	12,9	0
12	Eichstetten	Humuszone	0,24	8,0	15,4	73,9	10,7	0
13	Eichstetten	AB-Übergang	0,30	n.b.	27,4	67,8	4,8	0
14	Mengen	Fließerde	0,19	n.b.	15,6	78,1	6,3	0,5
15	Mengen	Humuszone	0,98	n.b.	21,9	74,8	3,3	0,1
20	Heitersheim**	Humuszone	(0,64)	n.b.	24,0	57,0	19,0	0

\* Analysendaten nach KHODARY-EISSA (1968); \*\* dto. nach BRONGER (1966) (Schluff: 2—40  $\mu$ ;  
Sand: 40—2000  $\mu$ ); n.b. = nicht bestimmt

Da hier nur eine relative Charakterisierung innerhalb eines Standorts und zwischen den verschiedenen Fundorten angestrebt war, wurde die schnelle Methode der energiedispersen Röntgenspektrometrie mit Hilfe eines Si(Li)-Detektors zur Beurteilung der Proben eingesetzt. Die erwähnten Schwierigkeiten wurden dadurch umgangen, daß während der Meßzeit für ein Röntgenspektrum ( $t = 30 \text{ sec}$ ) der Elektronenstrahl (Elektronenenergie 20 keV, Strahlstrom ca.  $10^{-10} \text{ A}$ ) über einen möglichst großen Bereich des Partikels gerastert wurde, wodurch der Geometrieeffekt eines variablen Winkels zwischen Elektronenstrahl und Probenoberfläche herausgemittelt wird. Gleichzeitig hat dies den Vorteil, daß das Meßvolumen (abgerasterte Fläche  $\times$  Informationstiefe) ca. 1 % des Partikelvolumens beträgt und damit etwaige Heterogenitäten der Zusammensetzung ebenfalls gemittelt werden. Der Einfluß von nie völlig vermeidbaren anhaftenden Bodenagregaten (s. Abb. 3) wird dadurch ebenfalls sehr gering.

Es wurde mehrfach gezeigt (von SMALL et al. 1980, STATHAM and PAWLEY 1978), daß hier nicht wie sonst üblich die Nettointensität I der charakteristischen Röntgenstrahlung, sondern das Verhältnis dieser zur Untergrundintensität B, also deren Quotient als Maß für den Gehalt eines Elements geeignet ist. Entsprechendes gilt für die Verhältnisse der Gehalte mehrerer Elemente. B wird für jedes Element an der charakteristischen Röntgenlinie bestimmt und zwar durch lineare Interpolation zwischen zwei Untergrundfenstern. Meßzeitunterschiede und unterschiedliche Detektorwirkungsgrade werden damit automatisch kompensiert.

Die Röntgenspektren von ca. 100 Partikeln wurden so gewonnen und davon mittels Programm die I/B-Werte für die Elemente Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn und Fe bestimmt, diese sodann auf die Summe aller Werte bezogen, d. h. auf 100 % normiert. Die Überlagerung der  $\text{CaK}\beta$ - mit der  $\text{CaK}\alpha$ -Linie und der  $\text{MnK}\beta$ - mit der  $\text{FeK}\alpha$ -Linie mußte nur dort berücksichtigt werden, wo mehr K als Ca bzw. Mn als Fe vorhanden ist. Die Normierung impliziert einen für alle Proben gleich hohen Sauerstoffanteil.

Die so erhaltenen Prozentwerte mehrerer Partikeln eines Ortes sind von vier der untersuchten Vorkommen in Abb. 5 eingetragen; sie sollen Abweichungen in der mittleren Zusammensetzung von einem Fundpunkt zum nächsten anschaulich machen.

### 3. Ergebnisse

In der letzten Spalte der Tab. 1 ist der Untersuchungsbefund aufgeführt. Die verschiedenen Zeichen haben folgende Bedeutung:

- = die Untersuchung verlief **negativ**
- + = die Probe enthielt 1 **Einzelstück** an vulkanischem Glas in 500 g Material
- ++ = es ergaben sich **deutliche Nachweise** an vulkanischen Gläsern (2–10 Stück in ca. 500 g Material)
- +++ = die Probe enthielt **reichlich** vulkanische Gläser (> 10 Stück in ca. 500 g Material)

In 17 von 21 Proben konnten die gesuchten Gläser nachgewiesen werden. Interessant und wichtig ist, daß die Ausfälle nicht ganze Lößvorkommen betreffen, denn die Gläser konnten in allen Vorkommen festgestellt werden.

Die Befunden verteilen sich auf die einzelnen Substrate wie folgt:

Die negativen Befunde (—) betreffen ausschließlich Fließlösse (Nrn. 1, 3, 8, 9 und 19).

Die Einzelstücke (+) fanden sich überwiegend in Fließlössen (Nrn. 1, 3, 8, 9 und 10), in den beiden AhB-Übergangs-Horizonten (Nrn. 13 und 21) und selten in den humosen Fließerden (Nrn. 14 und evtl. 16).

Deutliche Nachweise (++) ergaben sich insgesamt viermal, einmal in einem Fließlöß (Nr. 7), einmal in einer Fließerde (Nr. 17) und zweimal in einer Humuszzone (Nr. 12 und 20).

Die drei reichlichen (+ + +) Gläservorkommen liegen in Humuszonen (Nrn. 11 und 15) und in einer Fließerde (Nr. 6).

Damit ergibt sich grob eine Zunahme der Gläserfunde mit steigendem Humusgehalt der Altwürmstraten. Hierbei können wir uns allerdings zunächst nur auf den farblichen Geländebefund stützen, nicht aber, wie in Kap. 2 ausgeführt, auf den laboranalytisch bestimmten Humusgehalt.

Man könnte vermuten, daß die Probe 2 bei etwas größerer Probenmenge ebenfalls fündig geworden wäre und sich das Ergebnis bei den Nrn. 1, 12 und 13 noch verbessert hätte; dabei sollte jedoch nicht übersehen werden, daß die Gläser mit zunehmender Ausdünnung eine immer stärkere Umlagerung in andere (jüngere) Schichtverbände anzeigen und diese somit auch immer weniger datieren. Einzelstücke in übergroßen Probenmengen gestatten höchstens die Aussage, daß das Sediment nicht älter sein kann als mittleres Jungpleistozän.

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Mit dem Auffinden der vulkanischen Gläser im Oberrheingebiet eröffnet sich die Möglichkeit, bestimmte Profilabschnitte zu datieren und gleichzeitig die verschiedenen Aufschlüsse zu parallelisieren. So können die bisher bestehenden chronostratigraphischen Probleme wesentlich vermindert werden. Es ist möglich geworden, nicht nur die betreffende Fundschicht (Humuszzone) dem Altwürm zuzuordnen, sondern auch den liegenden Schichten ein Mindestalter und den hangenden ein Höchstalter zuzusprechen.

In allen untersuchten Lößaufschlüssen tritt unmittelbar unter der Fundschicht die von oben gesehen erste intensive Bodenbildung auf, die nun mit mehr Sicherheit ins Riß/Würm-Thermal (Eem) gestellt werden kann.

Demnach ist der mittelgründige Bt-Horizont, der anderswo über dem gläserführenden Horizont liegt (z. B. im mittleren Neckarland und auf den Fildern, s. BLEICH 1983), nirgendwo in unserem Untersuchungsgebiet entwickelt.

### Zur Trefferquote der Untersuchung

Die hohe Trefferquote von 81 % erklärt sich einwandfrei durch das systematische Vorgehen bei der Probenentnahme. Es wurden nur dort Proben entnommen, wo nach den Erfahrungen von BLEICH die Gläser zu erwarten waren. Eine zufällige Stichprobenauswahl wäre wenig sinnvoll gewesen, weil dann unnötig viele Proben untersucht worden wären, bei denen ein negatives Ergebnis von vornherein feststand.

### Eine Erklärung für das Fehlen der Gläser in manchen Proben

Die oberrheinischen Löss finden sich überwiegend in der Vorbergzone und im Kaiserstuhl, also in Gebieten mit markantem Relief in Form terrasserter Hänge. Die Hangneigungen zur Bildungszeit der Paläoböden waren z. T. beachtlich, wenn meist auch nicht so stark wie heute. In Riegel z. B. konnte bei der Anlage des A3-Aufschlusses ein Einfallen des eemzeitlichen Bodens von ca. 30° in Hangrichtung beobachtet werden. Es ist daher nicht zu verwundern, wenn bestimmte Schichten nicht oder nur in Resten vorhanden, wenn Bodenbildungen unvollständig erhalten bzw. in frühglaziale Fließerden oder Fließlöss eingearbeitet wurden.

Es ist anzunehmen, daß bei Umlagerung eines gläserführenden Bodens eine zunehmende Verdünnung eintritt und bei vollständiger Beseitigung der Bodenreste Gläser nicht mehr nachgewiesen werden können. So kann nicht nur die Abnahme der Partikelzahl in der Reihe

Humuszone > Fließerde > Fließlöss,

sondern auch der völlige Ausfall bei den Proben Nr. 2, 4, 18 und 19 erklärt werden.

### Die Verbraunungszone (VBZ) von Bötzingen/Kaiserstuhl

Den reichlichen Gläserfunden in der oberen Humuszone (7,10–7,53 m) von Mengen (Nr. 15) und der Verbraunungszone im Aufschluß 6 von Bötzingen (Nr. 11) kommt ganz besondere Bedeutung zu. Die Auswertung der Kernbohrung Mengen bleibt allerdings einer separaten Publikation vorbehalten; deshalb wird an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen.

Die Verbraunungszone von Bötzingen war seit der Arbeit von KHODARY-EISSA (1968: 121–129) in ihrer chronostratigraphischen Stellung umstritten. Der pedologische Befund weist sie eindeutig als bisher einmalige Paläobodenbildung im südlichen Oberrheingebiet aus (HÄDRICH 1980). Sie ist als „Humuszone“ weder mit den warmzeitlichen Verlehmungszonen noch mit den sonst aus dem Würm des Oberrheingebietes bekannten, meist deutlich schwächeren Bodenbildungen faziell vergleichbar, z. B. mit den Verbraunungszonen BRONGERS von Heitersheim oder den Humuszonen von Eichstetten (Nr. 12) und Heitersheim (Nr. 20).

KHODARY-EISSA und HÄDRICH führten zahlreiche pedologische und stratigraphische Argumente an, die den „interglazialen“ Charakter der VBZ widerlegten. KHODARY-EISSA ordnete die VBZ allerdings zwischen seine jüngeren Löss BIV und BV ein und stellte sie an die Grenze zwischen „Alt- und Mittelwürm“ und damit ins Brörup-Interstadial. In noch jüngere Abschnitte zielen die Ergebnisse der Radiocarbonatierung von GEYH aus dem Jahre 1969, die für die VBZ ein  $14C$ -Alter von  $21265 \pm 525$  bzw.  $23530 \pm 1000$  Jahre vor 1950 erbrachten. Demgegenüber stand der Gastropodenbefund (MÜNZING 1969, 1973 und 1976). MÜNZING beschreibt aus der Verbraunungszone eine „interglaziale“ (eemzeitliche) Fauna, die in einer offenen Parklandschaft gelebt haben muß. Es handelt sich um eine Gastropodengesellschaft, die sowohl walddiebende Arten als auch Arten der Waldsteppe und des offenen Geländes umfaßt.

Da wir nur die oberen 0,55 m der 0,95 m mächtigen Verbraunungszone auf das Vorkommen von Gläsern untersuchten, ergäbe sich die theoretische Möglichkeit einer eemzeitlichen Deutung der unteren 0,40 m. Für eine solche genetische Zerteilung dieses Bodens gibt es jedoch keinerlei Gelände- und Laborbefunde.

Die reichlichen Gläserfunde innerhalb der Verbraunungszone bringen nun eine eindeutige Klärung in diese Frage. Danach ist die Verbraunungszone mit Sicherheit eine Bodenbildung des Altwürm. Sie muß daher im KHODARY-EISSA'schen Summenprofil an die Basis des gesamten jüngeren Lösses gerückt werden. Allerdings folgt sie nicht unmittelbar auf die oberste Verlehmungszone (C), da sie als Ausgangsmaterial (im Aufschluß 6) den M-Löß aufweist und dieser ebenfalls noch über C eingeordnet werden muß (vgl. Abb. 2). Im Aufschluß 1 von KHODARY-EISSA sind beide offensichtlich weitgehend abgetragen, bzw. in den Fließlöß BVII einbezogen, aus dem „deutliche“ Nachweise von Gläsern vorliegen (Probe Nr. 7).

Diese Korrektur der Bötzinger Löß-Chronostratigraphie hat darüber hinaus noch die Konsequenz, daß der jüngere Löß (B) nicht, wie von MÜNZING aus den Gastropodenbefunden gefolgert, bis in das Riß zurückreicht, sondern voll dem Würm zugeordnet werden kann.

Der formale Widerspruch zur Deutung von MÜNZING läßt sich u. E. durch folgende Argumente beseitigen:

Die Verbraunungszone stellen wir uns anfänglich unter Waldbedeckung vor, wobei auch eine deutliche Entkalkung und Verlehmung abgelaufen ist. Zeugen davon sind die hohen Tongehalte und die beachtlichen Kindelbildungen an der Basis (M-Löß). Die Entkalkung war aber nach Auffassung von KHODARY-EISSA (1968) und HÄDRICH (1980) nicht vollständig, so daß Gastropoden erhalten bleiben konnten. Darauf folgte mit trockener werdendem Klima eine Waldauflichtung. Diese Klimaveränderung läßt sich am Boden durch die beachtliche Recarbonatisierung (Pseudomycel) ablesen. Die Verbraunungszone entpuppt sich danach als eine unter Wald begonnene, unter steppenähnlichen Bedingungen abgeschlossene, mindestens zweiphasige Bodenbildung, zu der der Befund von MÜNZING u. E. nicht im Widerspruch steht.

Der besonderen Bedeutung der Bötzingener Verbraunungszone sollte u. E. in Zukunft auch namentlich Rechnung getragen werden. Wir schlagen daher vor, die Verbraunungszone als Typuslokalität ab sofort „Bötzingener Boden“ zu nennen.

## 5. Abschließende Bemerkungen

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen revolutionieren nicht etwa die chronostratigraphische Gliederung der badischen Lössvorkommen von grundauf, im Gegenteil, sie stützen und sichern die bisherige Generalanschauung. Sie konnten, wie im Falle des Bötzingener Bodens, offene chronostratigraphische Probleme klären. Die entsprechende Zuordnung älterer Sedimente und Paläoböden bietet weiter offene Fragen, die möglicherweise mit anderen Verfahren z. B. Paläomagnetismus und Isotopenanalyse, geklärt werden können. Die Arbeiten von FROMM (1983) eröffnen einen Weg in dieser Richtung.

## 6. Angeführte Schriften

- ARMSTRONG, J.T. and P.R. BUSEK (1975): Quantitative chemical analysis of individual micro-particles using the electron microprobe. Theoretical. — *Analyt. Chemistry*, **47**: 2178—2192.
- BIBUS, E. (1980): Zur Relief-, Boden- und Sedimententwicklung am unteren Mittelrhein. — *Frankfurter geow. Arb., Serie D*, **1**: 296 S., 50 Abb., 8 Tab.
- BLEICH, K.E. (1983): Geschichte der eiszeitlichen Böden. In: Hj. Müller-Beck (ed.): *Urgeschichte in Baden-Württemberg*: 65—89, Stuttgart.
- BLEICH, K.E. und R. WURSTER (1983): Eine Lage von vulkanischen Gläsern im süddeutschen Jungpleistozän. — *Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges.*, **38**: 461—466, 5 Abb.
- BRONGER, A. (1966): Löss, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden. — *Schriften d. Geogr. Inst. Univ. Kiel*, **XXIV**, (2): 113 S., 7 Tab. 8 Taf.
- BRONGER, A. (1969): Zur Klimageschichte des Quartärs von Südbaden auf bodengeographischer Grundlage. — *Perterm. Geogr. Mitt.*, **113**: 112—124, 2 Abb., 1 Taf.
- FROMM, K. (1983): Paläomagnetische Untersuchungen an Lössaufschlüssen bei Emmendingen und Riegel (Kaiserstuhl). *Magnetostratigraphie im Löss am Oberrhein*. — *Bericht des Niedersächs. Landesamtes für Bodenforsch. Hannover*: 21 S., 6 Abb.
- HÄDRICH F. (1975): Zur Methodik der Lössdifferenzierung auf der Grundlage der Carbonatverteilung — *Eiszeitalter u. Gegenw.*, **26**: 95—117, 10 Abb., 4 Tab.
- HÄDRICH, F. (1980): Paläoböden im südlichen Oberrhein-Gebiet. — *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, **70**: 29—48, 1 Abb., 2 Tab.

- HÄDRICH, F., P. HUMMEL und S. MÜLLER (1982): Paläoböden im Oberrheingebiet. In: BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE et al. (Hrsg.): Inventur der Paläoböden in der Bundesrepublik Deutschland. — Geol. Jb., Reihe F, 14: 88—100.
- HÄDRICH, F. und F. LAMPARSKI (1984): Ein rißzeitlicher Eiskeil im Lößaufschluß von Buggingen (Südbaden) mit einem Beitrag zur Lößkindelgenese. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 74: 25—47, 4 Abb., 2 Tab.
- KHODARY-EISSA, O. (1968): Feinstratigraphische und pedologische Untersuchungen an Lößaufschlüssen im Kaiserstuhl (Südbaden). — Freiburger Bodenkdl. Abh., 2: 149 S., 29 Abb., 15 Tab.
- LEIBER, J. (1980): II. Deckgebirge: In: KESSLER G. und J. LEIBER: Geologische Karte 1: 25 000 von Baden-Württemberg; Erl. zu Blatt 7813 Emmendingen: 55—93, 7 Abb. und 3 Tab.
- MÜNZING, K. (1969): Quartäre Molluskenfaunen aus dem Kaiserstuhl. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 11: 87—115, 2 Abb., 5 Tab., 1 Taf.
- MÜNZING, K. (1973): Beiträge zur quartären Molluskenfauna Baden-Württembergs. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 15: 161—185, 5 Abb., 7 Tab.
- MÜNZING, K. (1976): Zur Stratigraphie Breisgauer Löss (Südbaden). — Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N.F. 11: (3/4): 257—272, 1 Abb., 4 Tab.
- SMALL, J.A., K.F.J. HEINRICH, D.E. NEWBURY, R.L. MYKLEBUST, C.E. FIORI (1980): Procedure for the quantitative analysis of single particles with the electron probe. — NBS Spec. Publ. 533, K.F.J. HEINRICH (ed.): 29—38.
- STATHAM, P. and J. PAWLEY (1978): A new method for particle x-ray microanalysis based on peak background measurements. — Scanning Electron Microsc. I: 469—478.

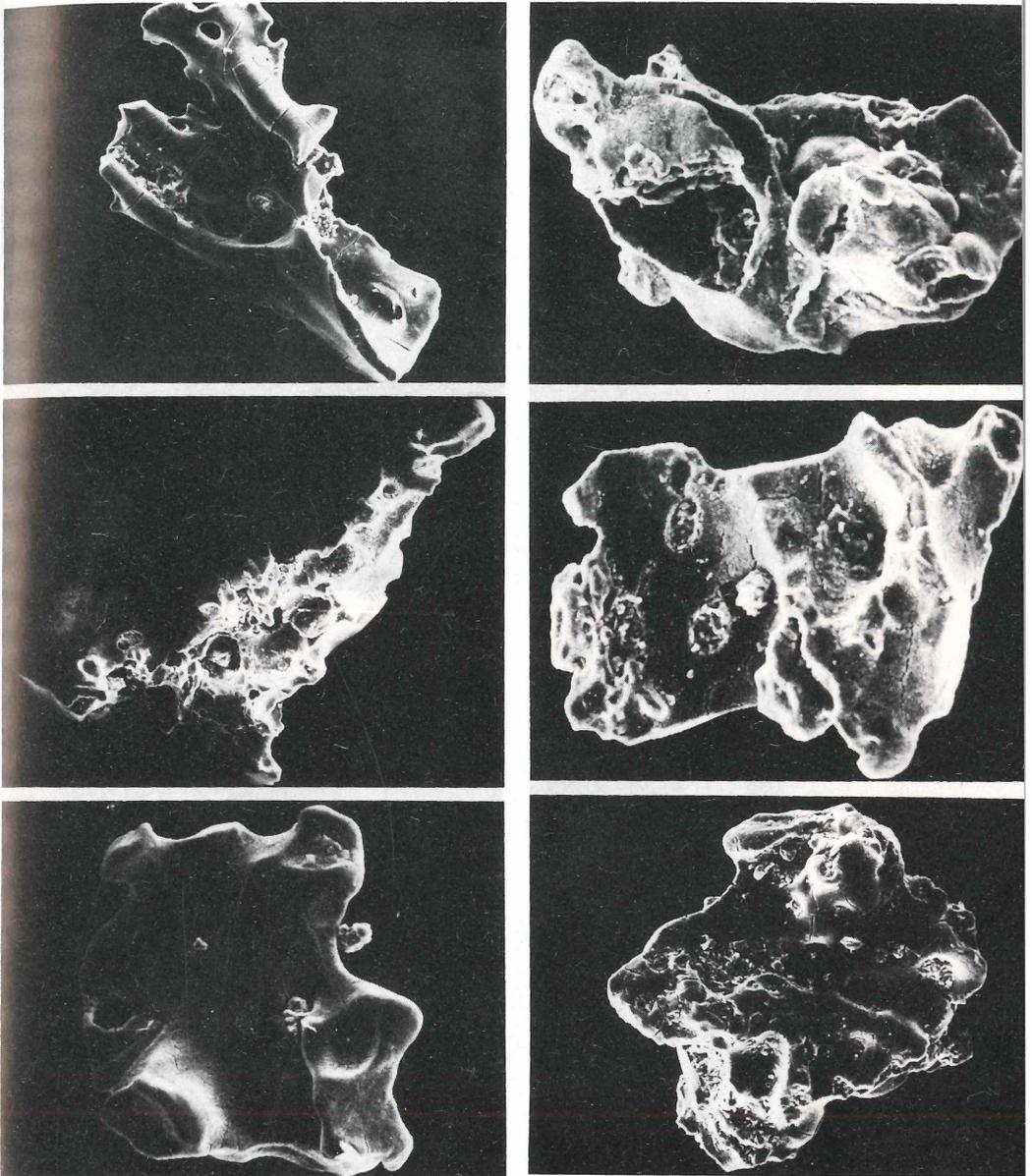
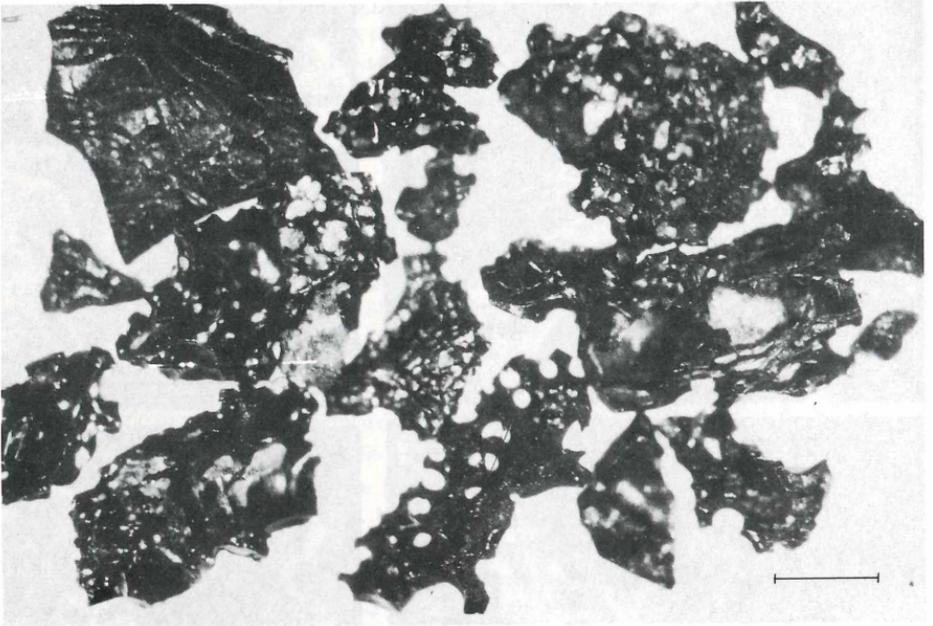
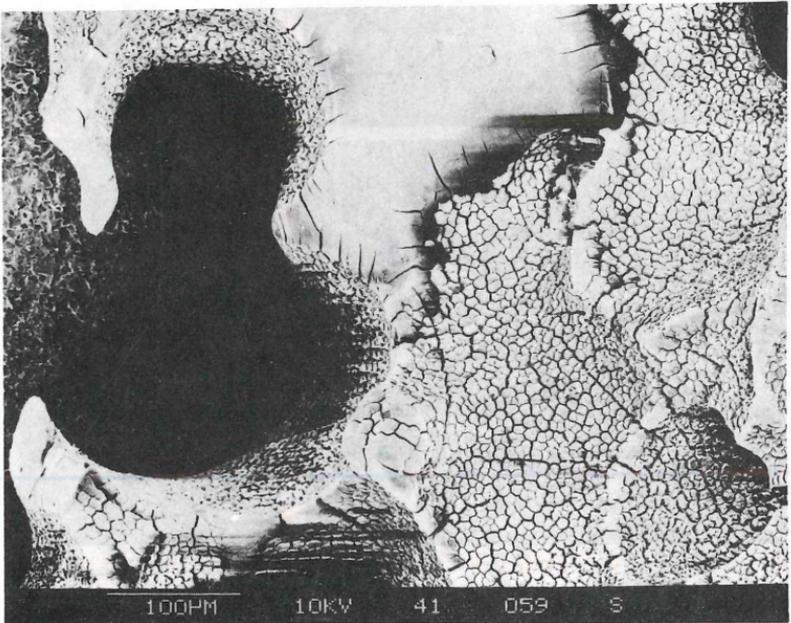


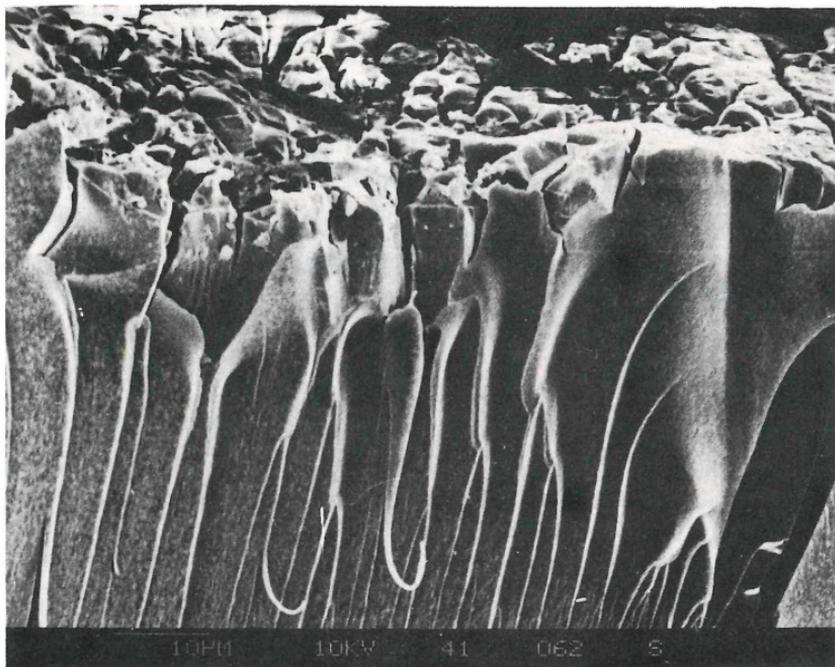
Abb. 3: Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen einzelner Gläser vom Lössaufschluß Emmendingen



4 a



4 b



4 c

Abb. 4a: Lichtmikroskop-Aufnahme verschiedener Gläser von Echterdingen zum Vergleich (Maßstab = 0,2 mm)

Abb. 4b: Echterdingen, Ausschnitt einer Partikeloberfläche mit Schmelzkanal und Schrumpfrissen (Rasterelektronenmikroskop)

Abb. 4c: Echterdingen, Ausschnitt einer Bruchfläche mit Schrumpfrißnetz (Rasterelektronenmikroskop)  
(REM-Aufnahmen b und c von Dr. R. HANSEN, Universität Trier)

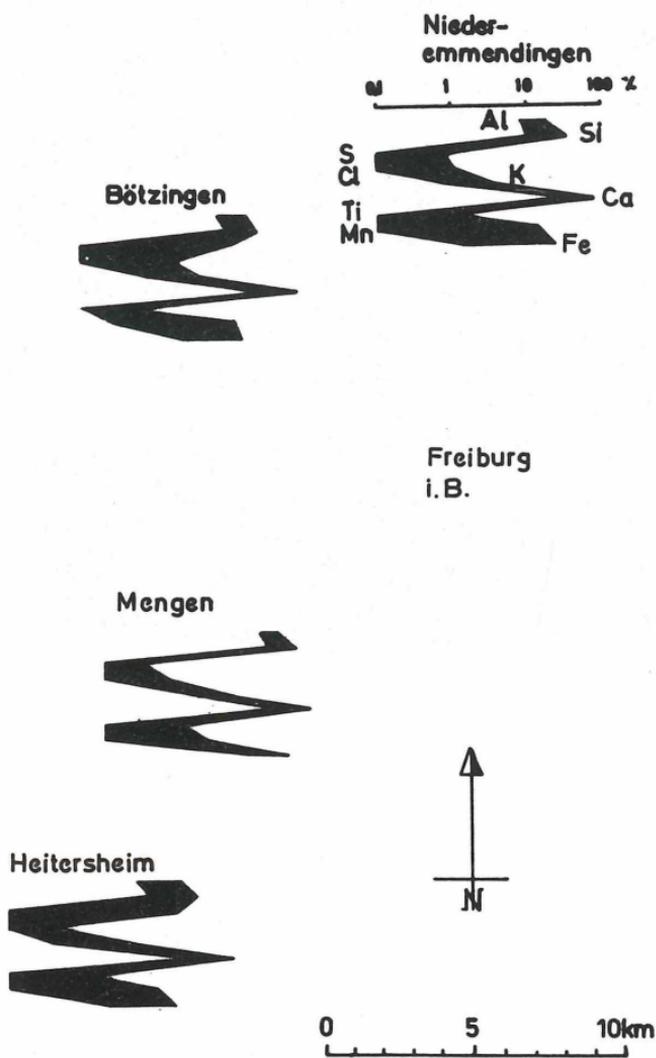


Abb. 5: Relative Elementgehalte und deren Streubreite in Gläsern aus dem Löß Südbadens

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Bleich Klaus Eberhard, Hädrich Friedhelm, Wurster Roland

Artikel/Article: [Die Bedeutung vulkanischer Glasfunde für die Chronostratigraphie des oberrheinischen Lösses 5-24](#)