

FRANKFURTER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

Serie D · Physische Geographie

Band 20

Pleistozäne und holozäne Böden aus Lößsubstraten am Nordrand der Oberrheinischen Tiefebene

**Exkursionsführer zur 15. Tagung des Arbeitskreises
für Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
vom 16. - 18.5.1996 in Hofheim am Taunus**

herausgegeben
von
Arno Semmel

Herausgegeben vom Fachbereich Geowissenschaften
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt
Frankfurt am Main 1996

Frankfurter geowiss. Arb.	Serie D	Bd. 20	144 S.	25 Abb.	20 Tab.	Frankfurt a. M. 1996
---------------------------	---------	--------	--------	---------	---------	----------------------

ISSN 0173-1807
ISBN 3-922540-52-X

Schriftleitung

Dr. Werner-F. Bär
Institut für Physische Geographie der Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Postfach 11 19 32, D-60054 Frankfurt am Main

Die Deutsche Bibliothek - CIP Einheitsaufnahme

Pleistozäne und holozäne Böden aus Lößsubstraten am Nordrand der Oberrheinischen Tiefebene: Exkursionsführer zur 15. Tagung des Arbeitskreises für Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft vom 16.-18.5.1996 in Hofheim am Taunus / hrsg. vom Fachbereich Geowissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt am Main. Hrsg. von Arno Semmel. - Frankfurt am Main: Inst. für Physische Geographie der Johann-Wolfgang-Goethe-Univ., 1996

(Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten: Ser. D, Physische Geographie; Bd. 20)
ISBN 3-922540-52-X

NE: Semmel, Arno [Hrsg.]; Universität <Frankfurt, Main> / Fachbereich Geowissenschaften; Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten / D

Alle Rechte vorbehalten

ISSN 0173-1807

ISBN 3-922540-52-X

Anschrift des Herausgebers

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Bestellungen

Institut für Physische Geographie der Johann Wolfgang Goethe-Universität,
Postfach 11 19 32, D-60054 Frankfurt am Main
Telefax (069) 798 - 2 83 82

Vorwort

Die 15. Tagung des Arbeitskreises Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft befaßt sich mit Böden aus Löß und verwandten Substraten und damit mit Fragen, die schon oft das Interesse des Arbeitskreises gefunden haben. Veranlassung, diesen Fragenkomplex erneut aufzugreifen, gab insbesondere die methodische Fortentwicklung der lößstratigraphischen Forschung und die Anwendung neuer Methoden an stratigraphisch wichtigen Profilen, vor allem an gut gegliederten Abfolgen im älteren Würm, die sehr selten gut zugänglich sind und deren bessere Erforschung nicht zuletzt aus paläoklimatischen Gründen als unbedingt notwendig erscheint. Darüber hinaus ergibt sich aber auch die Möglichkeit, neue Befunde über die Beziehungen zwischen fossilen Lößböden, vorgeschichtlichen Funden, Terrassenstratigraphie und Tektonik an den Rändern des nördlichen Oberrheingrabens vorzustellen. Schließlich soll versucht werden, das paläopedologische Interesse stärker als bisher auf die Entwicklung unterschiedlich alter holozäner Böden aus Lößsubstraten zu lenken, weil hier Kenntnislücken vermutet werden, die auch für die Klärung von Fragen der Bodennutzung und des Bodenschutzes von Nachteil sind.

Persönlich freut mich, gut 20 Jahre nach der 17. Tagung der Deutschen Quartärvereinigung, wieder viele Lößboden-Interessierte und -Begeisterte in Hofheim am Taunus begrüßen zu können. Ein besonders herzlicher Gruß gilt Helmut Stremme, der kurz nach seinem 80. Geburtstag erstmalig als "Past-President" an der Tagung unseres Arbeitskreises teilnimmt. Ihm sei in Dankbarkeit für seinen langjährigen, steten und die eigene Person hintanstellenden Einsatz zugunsten des Arbeitskreises Paläopedologie dieser Band der Frankfurter geowissenschaftlichen Arbeiten gewidmet.

Hofheim am Taunus, im Januar 1996

Arno Semmel

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Exkursion A am 17.05.1996: Jungpleistozäne und holozäne Böden aus Löß und Lößkolluvien.....	7
Exkursions-Route und -Themen	
(A. Semmel)	9
Stopp 1 Paläoböden im Würmlöß, insbesondere im Altwürmlöß des Steinbruchs Mainz-Weisenau - Problemstellung und Übersicht über die Forschungsergebnisse	
(A. Semmel)	11
- Der Altwürm- und Reißabschnitt im Profil Mainz-Weisenau und die Eigenschaften der Mosbacher Humuszonen	
(E. Bibus, W. Bludau, C. Bross & W. Rähle).....	21
- Kombinierte Lumineszenz-Datierungen am Beispiel des Lößprofils Mainz-Weisenau	
(M. Frechen & F. Preusser)	53
- Dünnschliffuntersuchungen an den Mosbacher Humuszonen im Steinbruch Mainz-Weisenau	
(Th. Poetsch).....	67
Stopp 2 Bodenentwicklung auf einem hallstattzeitlichen Hügelgrab östlich Nauheim bei Groß-Gerau	
(A. Semmel & Th. Poetsch).....	71
Stopp 3 Bodenentwicklung auf einer Flurwüstung am Kartaus östlich Wiesbaden-Breckenheim	
(A. Semmel)	75

	Seite
Stopp 4 Bodenentwicklung auf einer Flurwüstung am Eselsweg westlich Hofheim a. Ts. (A. Semmel & Th. Poetsch).....	79
Stopp 5 Junge Tektonik im Löß am Bahnhof westlich Hofheim a. Ts. (A. Semmel)	85
Exkursion B am 18.05.1996: Löß-Paläobodenabfolgen am westlichen Rheingrabenrand und im Mainzer Becken.....	87
Stopp 1 Paläoböden und Neotektonik im Profil Forst am Westrand des Oberrheingrabens (M. Weidenfeller & L. Zöller)	89
- Aminostratigraphic evaluation and malacological results of the loess-paleosol sequence at Forst a. d. Weinstraße (D. Gnieser & D. - D. Rousseau)	101
Stopp 2 Zur Geoarchäologie der paläolithischen Fundschichten von Wallertheim/ Rheinhessen (J. Preuß, A. Rebholz, Th. Schneidermeier & L. Zöller)	109
- Quaternary Geology and Paleolithic Archaeology in Wallertheim/ Rheinhessen (N. J. Conard, P. Haesaerts & R. Langohr)	131
Teilnehmerverzeichnis	143

EXKURSION A

am

17.05.1996

Jungpleistozäne und holozäne Böden aus Löß und Lößkolluvien

Anschließend führt die Fahrt in den Nordteil der Oberrheinischen Tiefebene in Richtung Groß-Gerau. Dabei wird die Grenze zwischen Mainzer Becken und Oberrheingraben gequert, die morphographisch nicht zu erkennen ist, weil die ältere Niederterrasse (t6) des Rheins, Neckars und Mains die Weststrandverwerfung des Oberrheingrabens kappt und postsedimentär keine nennenswerten Vertikalbewegungen mehr stattgefunden haben.

Östlich von Nauheim bei Groß-Gerau zeigt ein kleiner Einschnitt die Bodenentwicklung auf einem hallstattzeitlichen Hügelgrab. Wesentlich ist, daß hier kalkhaltiges lehmig-sandiges Hochflutsediment für die Aufschüttung verwendet wurde, in der Regel diente ansonsten dazu kalkfreies Material. In den ca. 3 000 Jahren nach der Aufschüttung ist eine sehr gut ausgeprägte Parabraunerde entstanden.

Das nächste Fahrtziel ist die westliche Umgebung von Hofheim am Taunus, die über die nach Norden zum Wiesbadener Kreuz führende Autobahn erreicht wird. Dabei queren wir den durch Bruchschollen und Main-Terrassen gegliederten Nordrand des Oberrheingrabens und erreichen den Eppsteiner Rotliegendhorst, an dessen Rändern mehrere Profile zu besichtigen sind, die schwache oder fehlende Bodenentwicklungen auf in der frühen Neuzeit (Anfang des 17. Jahrhunderts) erodierten Lößarealen und auf gleichalten kalkhaltigen und kalkfreien Kolluvien aufweisen.

Im gleichen Gebiet ergibt sich abschließend Gelegenheit, als Überleitung zum ersten thematischen Schwerpunkt der Exkursion B Profile vorzustellen, in denen jungpleistozäne und holozäne Böden tektonisch gestört sind.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	11-20	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 1

Paläoböden im Würmlöß, insbesondere im Altwürmlöß des Steinbruchs Mainz-Weisenau - Problemstellung und Übersicht über die Forschungsergebnisse

A. Semmel

mit 1 Abb. und 1 Tab.

Die moderne Lößforschung im Exkursionsgebiet begann mit den Arbeiten von SCHÖNHALS (1950, 1951), der den Würmlöß in drei, jeweils durch Bodenbildungen begrenzte stratigraphische Abschnitte gliederte (W I, W II, W III). Diese Gliederung fand den lebhaften Widerspruch von FREISING (1954), der für eine weniger starke Differenzierung plädierte. Als Basis des Würmlösses sah SCHÖNHALS einen B-Horizont mit mächtigem Ah-Horizont an und bezeichnete diesen fossilen Boden als "degradierte Schwarzerde des Riß-Würm-Interglazials" (1950:248ff.). Erst später (SEMMELE 1963:362) wurde deutlich, was beispielsweise schon BRANDTNER (1954:60ff.), FINK (1956:59f.), BRUNNACKER (1958:136f.) und LIEBEROTH (1962:76) in anderen Gebieten gezeigt hatten, daß nämlich der Ah-Horizont genetisch gar nicht zum liegenden B-Horizont gehört, sondern eine erhebliche Abtragungsdiskordanz beide trennt (vgl. dazu zahlreiche Profile in SEMMEL 1968:115ff.). Außerdem konnten häufig drei selbständige fossile Ah-Horizonte über dem Bt-Horizont gefunden werden, der als Bildung der letzten Warmzeit gedeutet wird. Diese Ah-Horizonte sind die "Mosbacher Humuszonen". Sie findet man, soweit mir bekannt, derzeit nur im Weisenauer Steinbruch und im neuen Dyckerhoff-Steinbruch auf der rechten Rheinseite (SEMMELE 1995). Von daher erklärt sich die starke Nachfrage von verschiedener Seite nach diesen Profilen, um neuere Untersuchungsverfahren anzuwenden, die bessere Kenntnis über Stratigraphie, Sediment-, Boden- und Klimaentwicklung in der beginnenden letzten Kaltzeit bringen sollen.

Die Untersuchungen wurden auf meine Anregung hin sämtlich im Weisenauer Steinbruch ausgeführt. Dem Direktor des Betriebes der Heidelberger Zement Aktiengesellschaft, Herrn Dipl.-Ing. P. Korf, seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern habe ich, auch im Namen der übrigen an den Arbeiten Beteiligten, sehr herzlich für die ständige Hilfsbereitschaft und häufig gewährte Hilfe zu danken. Aus abbautechnischen Gründen konnte das Profil, an dem der größte Teil der Probenserien entnommen wurde, nicht bis zum Ende der Untersuchungen erhalten bleiben. Jedoch besteht kein Zweifel, daß später die gleichen stratigraphischen Einheiten beprobt wurden.

Die nunmehr vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind zum größten Teil von der Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Dr. E. Bibus, Geographisches Institut der Universität Tübingen, ermittelt worden. Außerdem waren beteiligt: Herr F. Geissert, Sessenheim, mit Molluskenuntersuchungen, Frau Dr. A. Kreuz, Kommission für archäologische Landesforschung, Büdingen, mit Bestimmungen von Holzkohlen, Herr Dr. Th. Poetsch, Geographisches Institut der Universität Hamburg, mit Dünnschliffuntersuchungen, Herr Dr. F. Reinders, Geologisches Institut der Universität Köln, mit paläomagnetischen und Herr Dr. H. Thiemeyer, Geographisches Institut der Universität Jena, mit schwermineralogischen Untersuchungen. Besonders hervorzuheben ist, daß die Herren Dr. M. Frechen, Geologisches Institut der Universität Köln, und Priv.-Doz. Dr. L. Zöller, früher Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, bereit waren, parallel und unabhängig voneinander Thermolumineszenz-Datierungen an den gleichen Löß-Straten vorzunehmen.

Im folgenden werden die letztkaltzeitlichen Lößdecken im Weisenauer Steinbruch kurz beschrieben und die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt. Daran schließen sich die ausführlichen Befundschilderungen verschiedener Bearbeiter an.

Seit 1991 wird ein Lößrücken durch den Abbau geschnitten, in dessen Bereich zu Beginn der letzten Kaltzeit eine Delle in den liegenden älteren Löß eingetieft war. Das im Zentrum der Delle Ende 1991 aufgenommene Profil ist an anderer Stelle publiziert worden (SEMMELE 1995a:453f.; ZÖLLER 1995:95). Dieses Profil blieb größtenteils trotz fortschreitenden Abbaus gleich, bis es durch große Rutschungen im Jahre 1995 nicht mehr zugänglich war, so auch während der Inqua-Exkursion C 8 im August des gleichen Jahres. Glücklicherweise war aber inzwischen eine sehr ähnliche Abfolge in einer weiter südlich liegenden Delle angeschnitten worden, von der zu erwarten ist, daß sie auch noch im Mai 1996 zugänglich sein wird. Die Orientierung erschweren hier allerdings die starken Ausräumungs-Diskordanzen (vgl. Abb. 1), zugleich demonstrieren diese sehr anschaulich, daß es trotzdem möglich ist, wichtige Leithorizonte der hessischen Würmlößgliederung aufzufinden bzw. zu erklären, weshalb sie fehlen. Die nachfolgende Schilderung greift auf beide Dellenquerschnitte zurück.

Unter den Mosbacher Humuszonen liegt in der südlichen Delle (Abb. 1) eine sandige Fließerde, die zahlreiche eingeregeltete Bruchstücke aus Kalksandsteinlagen der hangaufwärts anstehenden jüngstpliozänen "Älteren Weisenauer Sande" (SEMMELE 1983: 228f.) enthält. Unter dieser Schuttlage folgt der Rest eines fossilen Bt-Horizonts. Da südlich des Profils zwischen Schuttlage und der Unteren Mosbacher Humuszone mehrere Meter kalkhaltigen Lösses zu finden sind, dürfte der fossile Bt-Horizont nicht in die letzte Warmzeit gehören. Zur Zeit gibt es keinen fossilen Bt-Horizont im gesamten Weisenauer Steinbruch, der mit einiger Berechtigung in die letzte Warmzeit einzuordnen wäre.

Der über der Schuttlage folgende Komplex der Mosbacher Humuszonen und die darüber erhaltenen übrigen Lößhorizonte ließen sich bereits vor den nunmehr vorliegenden Datierungen als typische Würmlöß-Abfolgen ansprechen, die ohne Probleme in das stratigraphische Würmlöß-Schema (SEMMELE 1969) einzugliedern waren. Da an einer Stelle in dem nördlichen, zuerst freigelegten Profil unter der Unteren Mosbacher Humuszone noch ein Rest einer weiteren Humuszone aufgeschlossen war, lag die Vermutung nahe, daß diese in der letzten Warmzeit entstand, ist doch der holozäne "Klimaxboden" in der westlichen Umgebung von Mainz gleichfalls eine Schwarzerde (vgl. Exkursion B, Stopp Wallertheim). Herr Bibus hielt dagegen diese (zweigeteilte) Humuszone für ein Äquivalent der vorletztaltzeitlichen Weilbacher Humuszonen (SEMMELE 1968:19). Ein durch ZÖLLER (1995:95) ermitteltes TL-Alter von 106 ± 11 ka (SEMMELE 1995a:454) für den Löß unter diesen älteren Humuszonen würde zwar für eine Einordnung in die letzte Warmzeit sprechen, doch ebenso auch für eine Einstufung in die beginnende letzte Kaltzeit. Kurzfristig (vgl. Beitrag BIBUS et al.) waren jedoch über diesen Humuszonen Reste der Bruchköbeler Naßböden (BIBUS 1974) aufgeschlossen, die belegen, daß es sich tatsächlich um rißzeitliche Bildungen handelt, und zwar um "Jungriß" der alpinen Stratigraphie nach BIBUS & KÖSEL (im Druck). Somit bestätigt sich also, daß gegenwärtig ein der letzten Warmzeit zugehöriger Boden im Weisenauer Steinbruch nicht zu finden ist.

Die ältesten würmzeitlichen Sedimente liegen wahrscheinlich mit dem Löß vor, aus dem zumindest Teile der Unteren Mosbacher Humuszone hervorgingen. Von den aus diesem Bereich vorliegenden TL-Daten spricht das von FRECHEN & PREUSSER ermittelte IRSL-Alter von $94,0 \pm 9,8$ ka für diese Annahme. Auch das TL-Alter von $100,3 \pm 17,6$ ka ließe sich entsprechend - wenngleich mit einigem Vorbehalt - interpretieren. Als "Ausreißer" ist das von ZÖLLER (1995:95) gemessene TL-Alter von $77,3 \pm 8,0$ ka anzusehen. Die übrigen von ZÖLLER (1995:95) mitgeteilten TL-Alter stimmen innerhalb der - allerdings beträchtlichen - Fehlergrenzen mit den Daten von FRECHEN & PREUSSER überein.

Die Untere Humuszone ist im nördlichen Profil durch einen 10 cm mächtigen Löß zweigeteilt. Sie zeigt die von ROHDENBURG (1964) eingehender beschriebene Braunfleckung, vor allem im basalen Teil, und hat einen kräftigen Cc-Horizont. Entgegen der Annahme von ROHDENBURG, in der Fleckung äußere sich Humusabbau entlang von Wurzeln, möchte POETSCH (vgl. weiter unten) annehmen, daß es sich dabei um mechanische Durchmischung von etwas dunkleren, dichteren Partien mit helleren, mehr lockeren Substraten handelt. Nach eigenen Beobachtungen (SEMMELE 1968: 20f.; vgl. auch Beitrag BIBUS et al.) wurde die kräftige Braunfleckung, die partiell zur völligen Verbraunung führt, als Bv-Entwicklung gedeutet, zumal die Gehalte an FeD und FeO zunehmen. Wichtig ist, daß in den Dünnschliffen keine Hinweise auf umgelagerte Reste eines Bt-Horizonts gefunden wurden. Ebenso fehlen Beimengungen aus benachbarten tertiären Sedimenten. Demnach ist die Untere Humuszone aus reinem Löß hervorgegangen, dem etwas Sand beigemischt wurde.

Die autochthone Bodenbildung in der Humuszone darf wohl wegen der Zunahme des Tongehalts gegenüber dem Löß als gesichert angesehen werden. Eine mehr oder weniger synchrone Sedimentzufuhr ist zu vermuten, wenn man die große Mächtigkeit, die stellenweise 1,30 Meter erreicht, berücksichtigt. Synchroner Sedimentaufwuchs wird außerdem durch die überraschenden Ergebnisse der Pollenanalyse (vgl. Beitrag BIBUS et al.) wahrscheinlich, die eine Schichtung anzeigen und denen zufolge die im Dünnschliff erkennbare Durchmischung nur in dünnen Zonen abgelaufen sein kann. Die Pollenfunde belegen nur Nadelwaldvegetation und liefern den Nachweis, daß die Untere Mosbacher Humuszone eine interstadiale und keine interglaziale Bodenbildung ist.

Diese Humuszone wird von einer Diskordanz geschnitten, die stellenweise durch eine Schwemmlage mit gröberen Partikeln aus den jüngstpliozänen Älteren Weisenauer Sanden auch makroskopisch zu erkennen ist. Darüber folgt umgelagertes Humuszonmaterial oder Löß, der teilweise verschwemmt ist, außerdem fast immer pedogene Überprägungen (Wurzelbahnen etc.) aufweist.

Die Mittlere Mosbacher Humuszone hat ebenfalls einen braunfleckigen oder völlig braunen basalen Saum, der auch im Dünnschliff partiell totale Entkalkung und Bildung von braunem Ton erkennen läßt. Im zentralen Teil ist primärer Kalk vorhanden (vgl. Beitrag POETSCH), dennoch gibt es reichlich Ton und Humus sowie Anzeichen reger biologischer Aktivität (Regenwurm-tätigkeit). Im oberen Teil sind wieder Anzeichen von Verschwemmung zu erkennen, worüber schließlich völlig umgelagertes Humuszonmaterial folgt. Auch im oberen Teil ist Braunfleckung mit partieller Entkalkung zu beobachten. Pollenanalytisch ergeben sich ähnliche Befunde wie für die Untere Mosbacher Humuszone.

Von dem über der Mittleren Mosbacher Humuszone liegenden Löß ziehen manchmal Eiskeilpseudomorphosen in das liegende Substrat (SEMMELE 1995a:453).

Die Obere Mosbacher Humuszone enthält besonders viel Regenwurm-Calcit, außerdem fast immer Holzkohlen und viele Mollusken. Die Holzkohlen stammen von Fichten oder Lärchen (Bestimmung durch Frau Dr. A. Kreuz, schriftliche Mitteilung vom 2.12.1993). Da pollenanalytisch *Larix* nicht nachgewiesen werden konnte (vgl. Beitrag BIBUS et al.), kommt wohl nur *Picea* als Lieferant der Holzkohlen in Betracht. Die Molluskenfauna wird von GEISSERT (vgl. SEMMELE 1995a:454) der *Helicopsis striata*-Fauna i. S. LOZEK (1964: Beilage 2) zugeordnet, die von allen Lößmollusken-Faunen den holozänen Schneckengesellschaften am nächsten kommt. Es fehlen ausgesprochen kaltzeitliche, aber auch typische warmzeitliche Formen. Charakteristisch sind xerophile Steppenschnecken (vgl. auch Beitrag BIBUS et al.).

Anzeichen für vulkanische Einschaltungen im Komplex der Mosbacher Humuszonen wurden nicht gefunden (THIEMEYER 1994). Die gesteinsmagnetischen Untersuchungen (vgl. Beitrag BIBUS et al.) zeigen deutlich den Einfluß der Bodenbildungen an. Paläomagnetische Untersuchungen durch Herrn Dr. F. Reinders ergaben wegen zu starker viskoser Komponente keine definitiv verwertbaren Resultate (schriftliche Mitteilung vom 5.1.1996).

Der Komplex der Mosbacher Humuszonen wird stellenweise von einer mächtigen Serie verschwemmten Humuszonmaterials überlagert, stellenweise kappt die Niedereschbacher Zone (SEMMELE 1968:30) aber auch den Komplex (Abb. 1). Diese Zone besteht aus einem tieferen braunen und lehmigeren Teil und einem hangenden grauen, grobschluffig-feinsandigen Abschnitt. Der tiefere Teil, der in manchen Aufschlüssen Reste fossilen Bt-Materials enthält, fehlt wahrscheinlich an der zu besuchenden Stelle im Weisenauer Steinbruch. Die hangende graue Zone, die anderenorts keine bodengenetische Beziehung zur liegenden braunen Zone erkennen läßt (ALTEMÜLLER 1974:125) unterscheidet sich - wie meist auch an anderen Orten - im Weisenauer Profil durch ihre Farbe und ihren hohen Feinsandgehalt sowie extrem niedrigen Tongehalt vom übrigen Löß sehr deutlich (Tab. 1). Sie hat Sandlöß-Eigenschaften. In einem benachbarten Vorkommen konnte REMY (1969:113) eine Molluskenfauna bestimmen, die der *striata*-Fauna ähnlich ist, also noch einmal relativ warme Verhältnisse anzeigt. Mikromorphologische Befunde lassen schwache Entkalkungstendenzen erkennen (ALTEMÜLLER 1974:123f.).

Die Niedereschbacher Zone wird von einer Delle geschnitten, die basal mit Schwemmlöß gefüllt ist (Abb. 1). Darauf liegt ein Löß, der einen grau- und rostfleckigen Horizont enthält, der dem E2-Naßboden (oberer Teil) entsprechen dürfte.

Schnecken, die einem äquivalenten Horizont bei Wiesbaden entnommen wurden (SEMMELE 1968:31), ergaben ^{14}C -Alter von 18 500 +/- 950 a. B. P. (Hv 1296) und 21 100 +/- 1 400 a. B. P. (Hv 1297). Da durch die Schnecken sehr wahrscheinlich älteres Carbonat aufgenommen wurde, sind die ^{14}C -Alter vermutlich zu hoch. Die TL-Daten aus diesem Bereich ergaben keine verlässlichen Werte (vgl. Beitrag FRENCHEN & PREUSSER), die IRSL-Daten schwanken um 20 ka, wobei sie über einen Meter Löß verteilt sind.

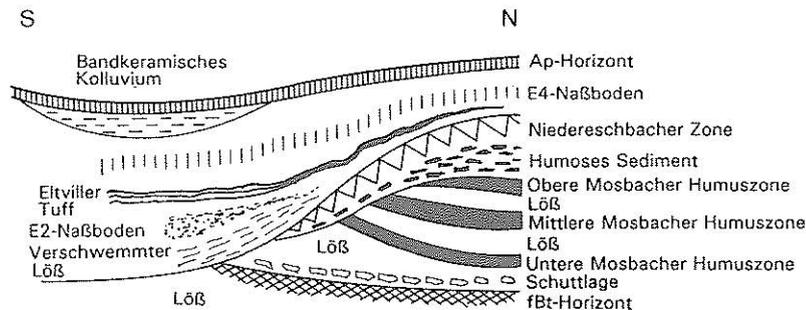


Abb. 1 Würmloß-Profil im Steinbruch Mainz-Weisenau (nicht maßstäblich)

Rezente Klimadaten Mainz-Weisenau:

Jährliches Temperaturmittel: ca. 9°C; Niederschlagsmittel: ca. 550 mm.

Tab. 1 Korngrößen Niederreschbacher Zone und hangender Löß (Gewichts-%)

	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS
Löß	12,01	3,11	17,51	55,86	11,19	0,29	0,04
NEZ	4,89	3,63	15,50	55,85	19,94	0,20	0,00

REMY (1969:113f.) fand im E2-Naßboden und anderen schwachen Naßböden Molusken, die extrem kaltes Klima anzeigen und sieht sich damit im Gegensatz zu ROHDENBURG (1966: 165), der ein Austauen des Permafrostes zur Zeit der Naßbodenbildung konstatiert. Eine oft zu beobachtende Zunahme des Tongehalts von 3 bis 4 % im Vergleich zum übrigen Löß läßt keine sichere klimatische Aussage zu. Der Ton besteht hauptsächlich aus Grobton, könnte also auch durch Kryoklastik entstanden sein. Eine Erhöhung des Humusgehaltes, die von der Graufärbung wahrscheinlich gemacht wird, stellt sich in rezenten Auftauböden oft ein, wenn diese sehr seicht und stark vernäßt sind. Ursache der geringen Auftautiefe kann eine gut isolierende dichte

Grasdecke sein (SEMMELE 1987:95). Wo diese fehlt, erreicht die Auftautiefe erheblich größere Werte.

Eine gewisse paläoklimatische Aussage erlauben Schwermineralunterschiede zwischen den Naßböden und dem übrigen Löß in einem Lößprofil im Kristallinen Odenwald. Im Granodioritgebiet der Weschnitzsenke steigt der Hornblendeanteil als lokale Komponente stark an (SEMMELE 1961:462). Die Körner sind gröber und eckiger und deuten auf starke Einwehung aus der unmittelbaren Umgebung. Daraus könnte auf feuchtere Klimaverhältnisse und eingeschränkten Fernlößtransport geschlossen werden. Im Weisenauer Profil finden sich aber keine entsprechenden Anhaltspunkte.

Über dem E2-Naßboden liegt der manchmal mehrgliedrige Eitviller Tuff. Die IRSL-Werte aus dem Löß über der Tufflage unterscheiden sich nicht signifikant von denen des unter dem Tuff liegenden Lösses, sind jedoch wesentlich größer als die von JÜVIGNE & WINTL (1988) aus dem zur Diskussion stehenden stratigraphischen Bereich gemessenen.

Im Hangenden des Eitviller Tuffes liegt schließlich der homogen graufarbige, schwach humose E4-Naßboden, der stark sekundär aufgekalzt ist. Er weist im Vergleich zum Rohlöß die kräftigsten Anstiege im Tongehalt auf, in dem Weisenauer Profil wie auch in der weiteren Umgebung beispielsweise von ca. 14 auf 18 bis 20 %.

Den Abschluß des Weisenauer Profils bildet bandkeramisches Kolluvium mit Holzkohlen und Hüttenlehm, das ein ^{14}C -Alter von 6 900 +/- 120 a. B. P. (Hv 18 700) hat. Von dem holozänen Oberflächenboden ist nur noch vereinzelt ein Rest des Bt-Horizontes erhalten, ansonsten wird im Rohlöß geackert. Bereits zur bandkeramischen Zeit war stellenweise der Rohlöß durch Bodenerosion freigelegt. Damals war jedoch noch keine Parabraunerde, sondern eine Schwarzerde ausgebildet (SEMMELE 1995b:159).

Abschließend sei noch einmal betont, daß die Analysendaten mit Ausnahme der Gesteinsmagnetik nicht aus dem auf Abb. 1 dargestellten Profil stammen, sondern aus einem heute nicht mehr vorhandenen weiter nördlich gelegenen. Da sich diese nördliche Delle aber weiter in den Hang hinein fortsetzt, kommen immer wieder Lößschichten mit zusätzlichen Leithorizonten vor. So könnten auch zukünftig eine schwach ausgebildete Variante des Lohner Bodens und der Rambacher Tuff zu finden sein. Der "Lohner Boden" hat zwar eine dunklere Farbe, ein feinplattigeres Gefüge und einen ca. 5 % höheren Tongehalt als der Rohlöß, erreicht dennoch nicht die in niederschlagsreicheren Gebieten bekannte Intensität. Der über ihm liegende Rambacher Tuff ist nur als feines Bändchen oder in fleckhafter Form zu finden. Die "Verdü-

nung" durch Löß ist so stark, daß die vulkanische Komponente schwermineralogisch nicht mehr nachgewiesen werden kann (THIEMEYER 1993:186).

In einer Zusammenfassung der Befunde ist zunächst das Fehlen eines letztwarmzeitlichen Bodens im Steinbruch Mainz-Weisenau zu betonen. Die Abfolge der fossilen Böden der letzten Kaltzeit beginnt mit den Mosbacher Humuszonen, deren Bildung jeweils von Lößsedimentation abgelöst wurde. Paläontologische Belege (Fauna und Flora) sprechen dafür, daß während der Humuszonenbildung Waldsteppenklima mit Nadelwald herrschte. Für den Löß, aus dem Teile der Unteren Mosbacher Humuszone hervorgingen, wurde ein Thermolumineszenz-Alter von ca. 100 ka, für den Löß der Oberen Mosbacher Humuszone ein solches von ca. 60 ka ermittelt.

Der Humuszonenkomplex wird von einer Delle geschnitten, in der Sandlöß-Sedimente der Niedereschbacher Zone liegen. Diese, der hangende Lohner Boden und der Rambacher Tuff sind wiederum im Bereich einer Delle ausgeräumt worden, die vor der Bildung des E2-Naßbodens (oberer Teil) eingetieft wurde. In dieser Delle liegen der E2-Naßboden (oberer Teil), der Eltviller Tuff und der E4-Naßboden. In diesem gesamten Abschnitt streuen die IRSL-Alter um ca. 20 ka und die TL-Alter zwischen ca. 25 und 45 ka.

Somit sind auch hier drei große Zerschneidungsphasen im Würmlöß nachweisbar, die in hessischen Lössen sehr oft gefunden wurden (SEMMELE 1968:56ff.). Die älteste dieser Phasen gehört in die beginnende letzte Kaltzeit. Ihr fiel offensichtlich der letztinterglaziale Boden total zum Opfer. Die zweite Zerschneidungsphase gehört ins Mittelwürm (i. S. von SCHÖNHALS et al. 1964) und die dritte in das frühe Jungwürm.

Literatur

- ALTEMÜLLER, H. - J. (1974): Mikromorphologische Untersuchungen am Lößprofil südlich Ostheim, Kr. Hanau (Kurzfassung). - Rhein-Main. Forsch., 78: 121-126; Frankfurt a. M.
- BIBUS, E. (1974): Abtragungs- und Bodenbildungsphasen im Rißlöß. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 25: 166-182; Öhringen.

- BIBUS, E. & KÖSEL, M.: Paläopedologische Klimazeugen zur Untergliederung der Rißeiszeit im Rheingletschergelände. - Eiszeitalter u. Gegenwart; Hannover. - [Im Druck].
- BRANDTNER, F. (1954): Jungpleistozäner Löß und fossile Böden in Niederösterreich. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 4/5: 49-82; Öhringen.
- BRUNNACKER, K. (1958): Zur Parallelisierung des Jungpleistozäns in den Periglazialgebieten Bayerns und seiner östlichen Nachbarländer. - Geol. Jb., 76: 129-150; Hannover.
- FINK, J. (1956): Zur Korrelation der Terrassen und Lössen in Österreich. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 7: 49-77; Öhringen.
- FREISING, H. (1954): Gibt es in Hessen drei Würmlösser? - Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 35: 54-66; Stuttgart.
- JUVIGNE, E. & WINTL, A. G. (1988): A New Chronostratigraphy of the Late Weichselian Loess Units in Middle Europe based on Thermoluminescence Dating. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 38: 94-105; Hannover.
- LIEBEROTH, I. (1962): Ein Beitrag zum Klima und zur Chronologie des Jungpleistozäns. - Forsch. u. Fortschr., 36: 73-77; Berlin.
- LOZEK, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. - Rozpravy, Svazek 31: 374 S.; Prag.
- REMY, H. (1969): Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Lößserien des Rheingaus und des nördlichen Rheinhessens. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 97: 98-116; Wiesbaden.
- ROHDENBURG, H. (1964): Ein Beitrag zur Deutung des "Gefleckten Horizontes". - Eiszeitalter u. Gegenwart, 15: 66-71; Öhringen.
- ROHDENBURG, H. (1966): Eiskeilhorizonte in südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. - Mitt. dt. bodenkdl. Ges., 5: 137-170; Göttingen.
- SCHÖNHALS, E. (1950): Über einige wichtige Lößprofile und begrabene Böden im Rheingau. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 6: 244-259; Wiesbaden.
- SCHÖNHALS, E. (1951): Über fossile Böden im nicht vereisten Gebiet. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 1: 109-130; Öhringen.
- SCHÖNHALS, E. & ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlößgliederung in Hessen. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 15: 199-206; Öhringen.
- SEMMELE, A. (1961): Die pleistozäne Entwicklung des Weschnitztales im Odenwald. - Frankfurter geogr. Hefte, 37: 425-492; Frankfurt a. M.

- SEMMELE, A. (1963): Mitteilung über ein Pleistozänprofil bei Hahnstätten (Limburger Becken). - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 359-365; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **94**: 104-108; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. - Frankfurter geogr. Hefte, **45**: 133 S.; Frankfurt a. M.
- SEMMELE, A. (1983): Die plio-pleistozänen Deckschichten im Steinbruch Mainz-Weisenau. - Geol. Jb. Hessen, **111**: 219-233; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1987): Periglaziale Formung im nordwestlichen Kanada. - Göttinger geogr. Abh., **84**: 91-107; Göttingen.
- SEMMELE, A. (1995): Die quartären Deckschichten im Dyckerhoff-Steinbruch am Kinzenberg westlich Wiesbaden-Erbenheim. - Geol. Jb. Hessen, **123**: 133-137; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1995a): Stop 14: Quarry of the Portlandzementwerke Heidelberg at Mainz-Weisenau. - In: SCHIRMER, W. [ed.]: Quaternary field trips in Central Europe, **1**: 452-454; München.
- SEMMELE, A. (1995b): Bodenkundliche Hinweise auf Ackernutzung und intensive Bodenenerosion um 8 000 B. P. im Rhein-Main-Gebiet. - Archäol. Korrespondenzbl., **25**: 157-163; Mainz.
- THIEMEYER, H. (1993): Die Schwermineralführung des Würmlößprofils Mainz-Weisenau. - Geol. Jb. Hessen, **121**: 181-186; Wiesbaden.
- ZÖLLER, L. (1995): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierungen in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. - Habil.-Schr. Fak. Geowiss., Univ. Heidelberg: 199 S.; Heidelberg. - [Unveröff.].

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Stopp 1

**Der Altwürm- und Rißabschnitt im Profil Mainz-Weisenau
und die Eigenschaften der Mosbacher Humuszonen**

E. Bibus, W. Bludau, C. Bross & W. Rähle

mit 5 Abb. und 2 Tab.

1 Profilbeschreibung, sedimentologische Eigenschaften und Molluskenerführung der Mosbacher Humuszonen

In Lößprofilen von Mitteleuropa ist der Altwürmabschnitt mit den interstadialen Mosbacher Humuszonen zumeist erodiert, da die mittelwürmzeitliche Niedererschbacher Umlagerungszone in der Regel unmittelbar dem letztinterglazialen Bodenrest aufliegt. In erosionsgeschützten Reliefpositionen, wie z. B. Dellen, kann auch noch vereinzelt eine Humuszone erhalten sein. Vermutlich handelt es sich hierbei um die jüngste Mosbacher Humuszone, doch gibt es für diese Einstufung von der Geländeaufnahme keine sicheren Anhaltspunkte. Möglicherweise können TL-Datierungen (ZÖLLER 1994; FRECHEN 1991) hier künftig weiterhelfen. In sehr seltenen Fällen mit günstigen Sedimentations- und Erhaltungsbedingungen wurden auch zwei und maximal drei Mosbacher Humuszonen überliefert (SEMMELE 1968:14ff.), die in Niederösterreich mit dem letztinterglazialen Boden als Stillfried A-Komplex benannt wurden (FINK 1954). Es bietet sich an, die interstadialen Humuszonen mit den ältesten würmzeitlichen Interstadialen (Brörup, Odderade, Oerel) im niederländisch-norddeutschen Raum zu parallelisieren, doch gibt es bislang dafür keine sicheren Belege. Darüber hinaus setzen BEHRE & LADE (1986:31f.) und andere Autoren das in Norddeutschland von thermophilen Laubhölzern freie Brörup und Odderade mit den thermophilen Laubmischwald führenden St. Germain I und II in Frankreich gleich und gehen davon aus, daß zwischen der Mainlinie und dem Alpennordrand mit der nördlichen Arealgrenze der

thermophilen Laubarten gerechnet werden muß. Da inzwischen im schweizerischen, baden-württembergischen und bayrischen Alpenvorland Interstadiale vom St. Germain-Typ beschrieben wurden (WELTEN 1981; GRÜGER 1979; BLUDAU in ELLWANGER et al. 1995:248), scheint zumindest von Westen nach Osten kein markanter Klima- und Vegetationswechsel zur Zeit der beiden klimagünstigen Abschnitte geherrscht zu haben. In diesem Zusammenhang gewinnt die Frage an Bedeutung, welchen paläoklimatischen Stellenwert den drei Altwürmhumuszonen im Löß zukommt und mit welchen bekannten Interstadialen sie gegebenenfalls zu parallelisieren sind. Die intensive Bearbeitung eines möglichst kompletten Altwürmabschnittes, wie er z. Zt. im Steinbruch der Heidelberger Zement AG in Mainz-Weisenau aufgeschlossen ist, schien deshalb angebracht, zumal die Lokalität im Grenzbereich liegt, ab dem BEHRE & LADE (1986) mit der möglichen Verbreitung von Eichen-Mischwalelementen in den beiden ältesten Würminterstadialen rechnen. Außerdem sind so gut gegliederte Profile weiter südlich im deutschen Alpenvorland nicht mehr bekannt geworden.

Die Profile waren 1994 und 1995 an der W-Wand in den Deckschichten des Kalksteinbruches aufgeschlossen. Es handelte sich um zwei Dellenfüllungen (Dellenposition 1 und 2), die ca. 150 m auseinander lagen und möglicherweise zur gleichen Form gehören. Eine direkte Verbindung zwischen den beiden Dellenfüllungen konnte jedoch nicht hergestellt werden.

Die Aufschlußaufnahmen und sedimentologischen Untersuchungen erfolgten durch BIBUS, die Gesteinsmagnetik durch BROSS (Betreuung Prof. Dr. E. APPEL, Tübingen), die Pollenanalysen durch BLUDAU und die Molluskenuntersuchungen durch RÄHLE.

Wir danken Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. A. SEMMEL für die Einführung zur Bearbeitung von Profilabschnitten und die Anleitung im Gelände sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für finanzielle Unterstützung im Rahmen des SFB 275 "Klimagekoppelte Prozesse in meso- und känozoischen Geoökosystemen".

1.1 Die obere Mosbacher Humuszone

Die obere Mosbacher Humuszone ist in beiden Dellenpositionen in ähnlicher Ausbildung aufgeschlossen. Es handelt sich im Profil 1 (vgl. Abb. 1) um einen maximal 85 cm mächtigen, kalkhaltigen Ah- Horizont mit sehr intensiver Humusfärbung. Im unteren Bereich läßt die Intensität nach. An einer Stelle war das Humuszonenmaterial in eine kleine Eiskeilpseudomorphose eingesunken. Vor allem im oberen Bereich der Humuszone sind zahlreiche Schnecken und Schneckenbruchstücke eingelagert. Die

mit Hilfe eines Binokulars aus einer Sedimentprobe ausgelesenen Mollusken sind in Tab. 1 unter OMH aufgeführt.

Eine Analyse des Artenspektrums läßt auf den ersten Blick erkennen, daß sich die Fauna aus zwei verschiedenen ökologischen Komponenten zusammensetzt, die ganz unterschiedlichen Lebensräumen entstammen. Deutlich zu unterscheiden sind eine Steppengemeinschaft (*Tridens*-Fauna) und eine sehr feuchtliebende, anspruchslose Wald- bzw. Waldsteppengesellschaft (*Fruticum*-Fauna). In dieser Hinsicht unterscheidet sich der aus dem Profil Mainz-Weisenau vorliegende Molluskenbestand auffallend von den bei REMY (1986) aus Altwürm-Humuszonen in verschiedenen Teilen Rheinhessens und des Rheingaus beschriebenen, nahezu reinen Steppengesellschaften. Aus dem mittleren Neckartal (Heilbronn-Böckingen) liegen indessen ganz ähnlich zusammengesetzte, altwürmzeitliche Faunen vor (BIBUS & RÄHLE 1986), allerdings ohne *Perforatella bidentata*. Diese osteuropäische Art ist weiter südlich (Baden-Württemberg, Elsaß) bisher nur aus voreemzeitlichen Fundzusammenhängen bekannt geworden (MÜNZING 1969, 1976).

Die *Fruticum*- und *Tridens*-Faunen, so benannt nach ihren Charakterarten, der eurosibirischen *Fruticicola* (= *Bradybaena*) *fruticum* und der osteuropäisch-kontinentalen *Chondrula tridens*, weisen unter den kaltzeitlichen Faunen Mitteleuropas die höchsten Ansprüche auf (LOZEK 1964, 1976; HORACEK & LOZEK 1988; MANIA 1995). Charakteristisch ist das Fehlen von ausgesprochen warmzeitlichen und ausgesprochen kaltzeitlichen Faunenelementen und die Tatsache, daß ihr Artenspektrum, im Gegensatz zu Faunen aus kälteren Phasen, eine größere Anzahl von Faunen umfaßt, die zwar gegenüber winterlicher Kälte unempfindlich, jedoch auf warme Sommer angewiesen sind. Insgesamt lassen diese Faunen auf ein mäßig kühles Kontinentalklima schließen.

Zur *Fruticum*-Fauna gehören in OMH zweifellos die schattenliebenden Arten, die mit ca. 16% aller Individuen verhältnismäßig zahlreich vertreten sind. Es ist anzunehmen, daß auch ein beträchtlicher Teil der mesophilen Ubiquisten, insbesondere *Cochlicopa lubrica* und Nacktschnecken aus den Familien Agriolimacidae und Limacidae, hierher gehört. Besonders auffällig, und offenbar eine lokale Besonderheit, ist der Individuenreichtum ausgesprochen hygrophiler Elemente, allen voran *Clausilia pumila* und *Perforatella bidentata*. Diese beiden Arten leben bevorzugt in sumpfigen Auwäldern und bruchwaldartigen Biotopen.

Die im Profil deutlich erkennbare Muldenlage der Fundstelle scheint die Bildung eines Feuchtbiotops mit höherer Vegetation begünstigt zu haben. Der Fund eines *Bythiospeum*-Gehäuses (Die Gattung *Bythiospeum* umfaßt Arten, die in unterirdischen Ge-

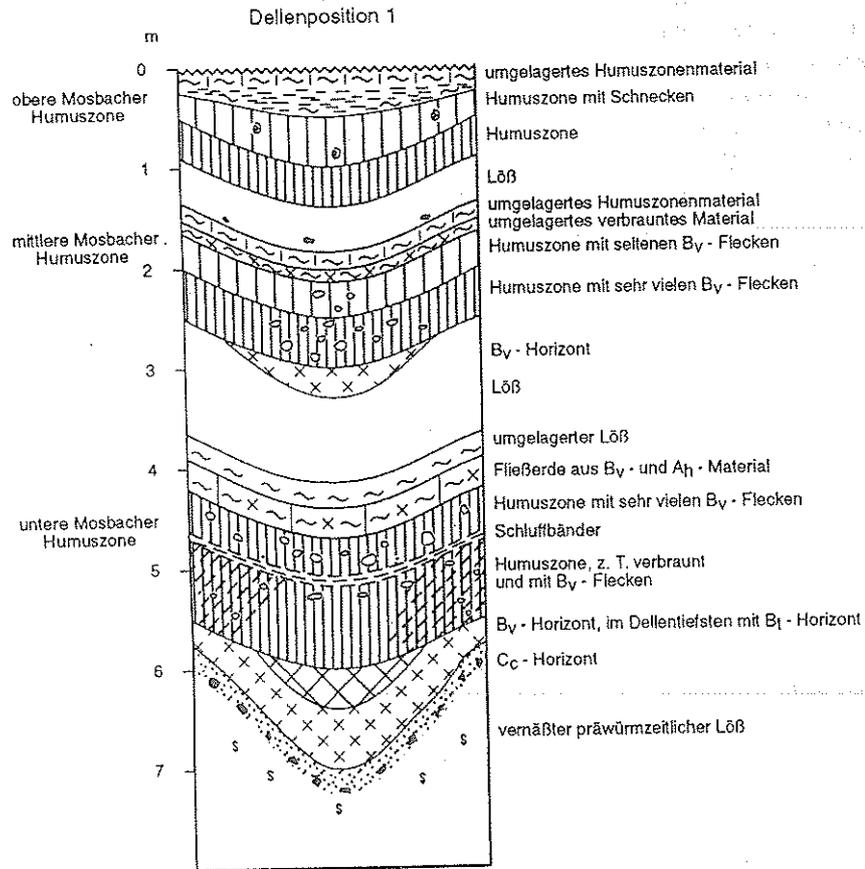


Abb. 1a Horizontalabfolge des Altwürmabschnittes in Dellenposition 1

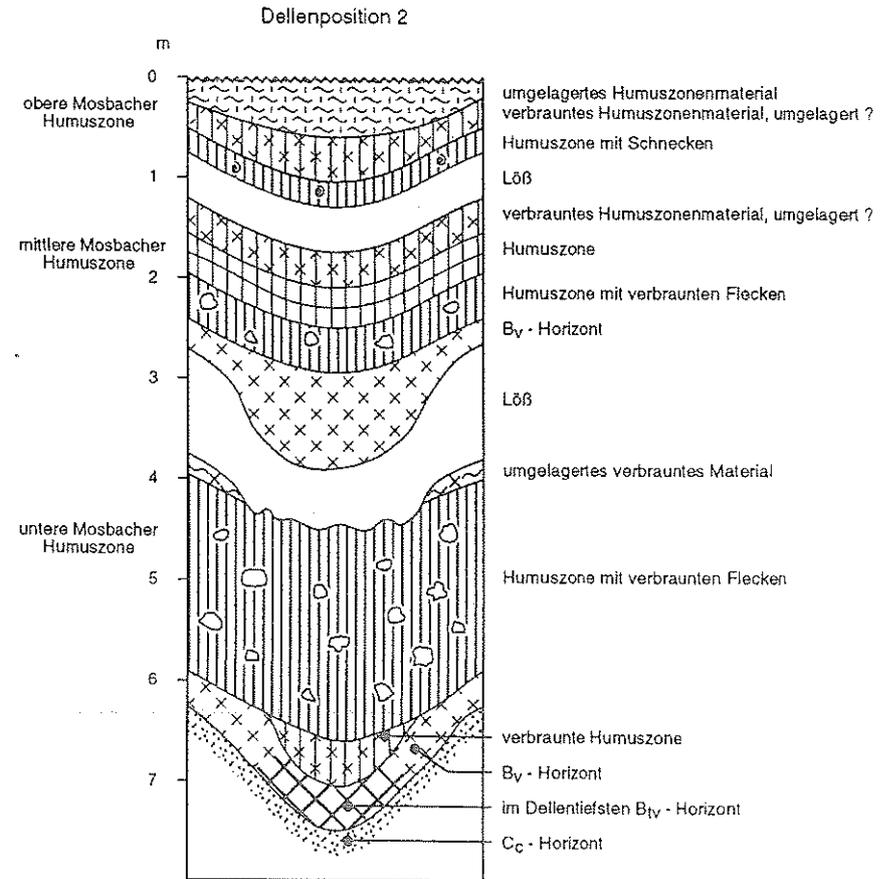


Abb. 1b Horizontalabfolge des Altwürmabschnittes in Dellenposition 2

Tab. 1 Mollusken aus dem Lößprofil Mainz-Weisenau

	UWH	RB1	RB3	OMH
1. Schattenliebende Arten				
Arianta arbustorum	1	1	-	30
Clausilia pumila	1 ?	-	-	85
Euomphalia strigella	3	-	-	-
Fruticicola fruticum	-	-	-	12
Orcula dolium	-	-	-	9
Perforatella bidentata	-	-	-	85
Vitrea crystallina	-	-	-	69
2. Ubiquisten				
Agriolimacidae etc.	-	75	35	90
Clausilia rugosa parvula	-	8	91	-
Cochlicopa lubrica	-	-	-	76
Nesovitrea hammonis	-	2	-	19
Punctum pygmaeum	-	1	-	7
Succinea oblonga	1	704	264	-
Trichia hispida	5	369	298	129
Vertigo substriata	-	-	-	3
3. Offenlandarten				
Chondrula tridens	23	-	-	54
Columella columella	-	276	104	-
Granaria frumentum	1	-	-	9
Helicopsis striata	1	-	-	1
Pupilla muscorum	6	320	277	97
Pupilla sterrii	-	1	-	-
Vallonia costata	3	140	209	1021
Vallonia pulchella	3	-	1	30
Vallonia tenuilabris	-	-	1	-
Vertigo parcedentata	-	149	53	-
Vertigo pseudosubstriata	-	1	198	-
Vertigo pygmaea	-	-	-	16
4. Wassermollusken				
Bythiospeum spec.	-	-	-	1

UWH Untere Weilbacher Humuszone (Jungriß-Frühglazial)
 RB1 Rißlöß, unterster Naßboden (Hochglazial)
 RB3 Rißlöß, dritter Naßboden von unten (Hochglazial)
 OMH Obere Mosbacher Humuszone (Würm-Frühglazial)

wässern leben und deren Schalen gewöhnlich in Quelltöpfen ausgeworfen werden) ist ein Indiz dafür, daß das Feuchtgebiet entweder von Quellen gespeist wurde oder einen oberirdischen Zufluß hatte.

Die Offenlandarten (zum überwiegenden Teil der *Tridens*-Fauna zuzurechnen) stellen ca. 2/3 der ausgezählten Individuen. Charakteristisch sind xerophile Steppenschnecken wie *Granaria frumentum*, *Chondrula tridens* und *Helicopsis striata*. Auch das massenhafte Vorkommen von *Vallonia costata* ist sehr bezeichnend. Einige Offenlandarten (*Vertigo pygmaea*, *Granaria frumentum*, auch *Vallonia pulchella*) sind, was die Wärmebedürftigkeit angeht, etwas anspruchsvoller und bezeugen, wie übrigens auch *Chondrula tridens* selbst, ein sommerwarmes Klima.

Fruticum-Fauna und ihre Steppenanalogue, die *Tridens*-Fauna, sind nicht selten eng miteinander verzahnt. Ob im Falle der Fundstelle Mainz-Weisenau die beiden Faunenkomponenten eine chronologische Abfolge widerspiegeln oder ob sie gleichzeitig bzw. abwechselnd nebeneinander existiert haben, wobei die eine auf trockenem, die andere auf feuchten Flächen lebte, ist dem vorliegenden Fossilbericht, der auf einer einzigen Probe beruht, nicht zu entnehmen.

Im Profil 2 ist der Ah-Horizont der oberen Mosbacher Humuszone nur 45 cm mächtig und keilt zu den Dellenrändern sehr schnell aus. Im Dellenzentrum wird er von einem 30 cm mächtigen humusbraunen Horizont überlagert. Da in diesem Bereich vereinzelt hellgraue Grobschluffbänder auftreten, liegen Hinweise für ein Bodensediment vor. Auch in der Delle 1 wird die Humuszone an einer scharfen Grenze von einem feingeschichteten Sediment aus Grobschluffbändern und umgelagertem Humuszonematerial überdeckt, das die Basis einer mehrere Meter mächtigen Umlagerungszone ist. Es handelt sich hierbei um die Niedererschbacher Zone, welche die gesamte Delle aufgefüllt hat. In der Humuszone lassen sich zahlreiche verfüllte Gänge nachweisen. Da die Gänge mit Material aus dem Hangenden verfüllt sind, erfolgte zumindest ein Teil der biogenen Tätigkeit nach Ausbildung der Schwarzerde.

In beiden Profilen wird die obere Humuszone von kalkhaltigem Löß unterlagert. Im Profil 1 handelt es sich um einen gelblichen Primärlöß. Im Profil 2 ist der Löß schwach bräunlich gefärbt. Selten eingelagerte Krümel von einer älteren Humuszone zeigen eine lokale Verlagerung an.

Im Analysediagramm (vgl. Abb. 2) steigt der Tongehalt vom unterlagernden Löß zur Humuszone nur um 3% an. Dies ist erklärlich, da die Humuszone noch primären Kalk besitzt und deshalb nicht verlehmt ist. Der Humusgehalt liegt bei 2,8% und fällt zum unterlagernden Löß auf 1,2% ab. Trotz der intensiven dunklen Färbung hält sich der

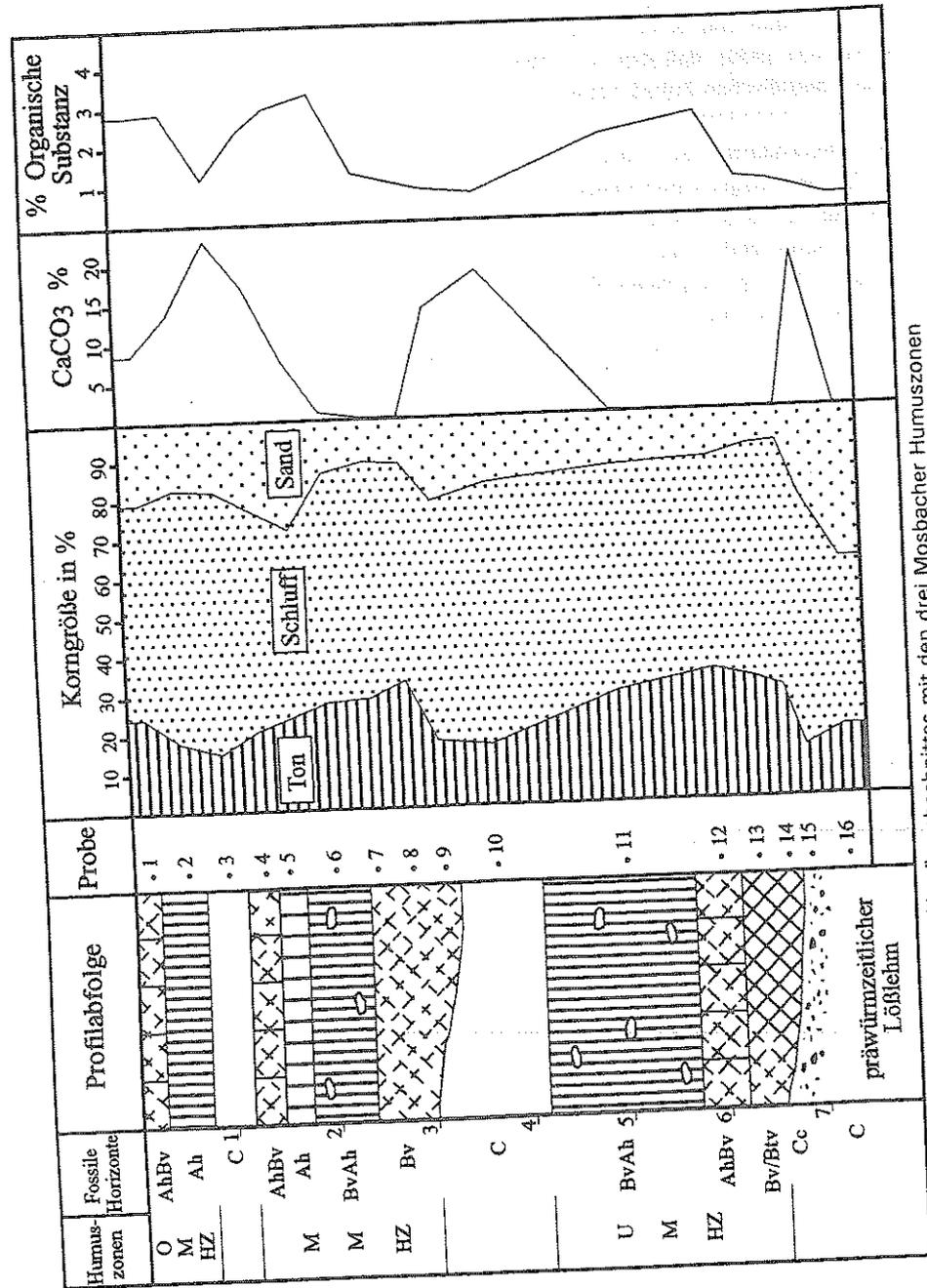


Abb. 2 Analysendiagramm des Altwürmabschnittes mit den drei Mosbacher Humuszonen

Humusgehalt in Grenzen. Der Kalkgehalt steigt von der Humuszone (12,5%) zum Löß um ca. 10% an. Ob sich in dem Anstieg eine ursprüngliche Entkalkungstendenz der Humuszone abzeichnet, läßt sich schwer entscheiden, da der gesamte Profilabschnitt unterschiedlich stark sekundär aufgekalkt wurde.

1.2 Die mittlere Mosbacher Humuszone

Die mittlere Humuszone ist mächtiger und stärker gegliedert als die obere Humuszone. Vor allem weist sie im Dellenzentrum starke Merkmale einer Degradation in Form von braunen, kalkfreien Flecken auf. Es handelt sich hierbei um den sogenannten "gefleckten Horizont" oder die "Pantherfleckung", die nach ROHDENBURG (1964: 66ff.) keine stratigraphische Bedeutung besitzen. ROHDENBURG führt die Fleckung auf Humusentfernung längs von Wurzelbahnen in der Rhizosphäre zurück. Im Gegensatz zu den von ROHDENBURG beschriebenen Beispielen ist in den Flecken nicht nur eine Entfärbung durch Humusabbau, sondern auch eine deutliche Verbraunung eingetreten. Da die Flecken vor allem im Zentrum der Delle auftreten (vgl. Abb. 1), besteht die Möglichkeit, daß die Fleckung an dieser Stelle mit verstärkter Wasserzufuhr, möglicherweise auch mit einem ursprünglichen Vegetationswechsel im Zusammenhang steht.

Die mittlere Humuszone beginnt mit einem humosbraunen, bröckelig-krümeligen Horizont, der sehr stark von verfüllten Röhren durchsetzt ist und wahrscheinlich wie bei der oberen Humuszone durch Umlagerung entstanden ist. Mit einem diffusen Übergang geht dieser Horizont in beiden Profilen in einen bräunlich-schwarzen Ah-Horizont über. Im Dellentiefsten treten sehr selten die erwähnten verbräunten Flecken auf. Die Fleckung wird häufiger im unteren Bereich der mittleren Humuszone, welcher auch noch eine sehr intensive Humusfärbung besitzt. Die mittlere Humuszone zeigt somit aufgrund der Färbung eine Zweiteilung an. Von Bedeutung ist die Tatsache, daß im Zentrum der Delle die Humuszone von einem Bv-Horizont unterlagert wird, der im oberen Bereich dunkelbraun, in tieferen Abschnitt schwach rötlichbraun gefärbt ist. Kleine Kalkkonkretionen und Kalkpseudomycelien zeigen eine sekundäre Aufkalkung an. Sehr seltene Schneckenbruchstücke belegen jedoch, daß dieser Horizont auch einen primären Kalkgehalt besitzen kann. Der Bv-Horizont weist ein kohärentes bis bröckeliges Gefüge auf, welches im Dellentiefsten auch in ein Polyedergefüge ohne sichtbare Tonüberzüge übergeht. Das Aussetzen des Bv-Horizontes an den Flanken der Delle zeigt an, daß er sich nach dem Catenaprinzip nur an der tiefsten Stelle mit Wasserzug und verstärkter Versickerung gebildet hat.

Nach den durchgeführten Korngrößenanalysen ist die Degradation erheblich. So

nimmt der Tongehalt vom unterlagernden Löß zum oberen Bereich des Bv-Horizontes von 11% auf 28% zu. Auch der braungefleckte Bereich der Humuszone hat einen vergleichbaren Tongehalt. Die Humuszone war ursprünglich sicherlich entkalkt, im oberen Abschnitt hat sie offensichtlich eine sekundäre Aufkalkung erfahren (vgl. Abb. 2).

Unter der mittleren Humuszone folgt ein gelber, stark kalkhaltiger Primärlöß, der über 1 m mächtig werden kann. Solche mächtigen altwürmzeitlichen Lößvorkommen sind in Mitteleuropa selbst in geschützten Reliefpositionen außerhalb des Mainz-Wiesbadener Raumes (vgl. auch SEMMEL 1968) nahezu unbekannt, wodurch die Sonderstellung des Profils von Mainz-Weisenau dokumentiert wird.

1.3 Die untere Mosbacher Humuszone

Die untere Humuszone beginnt mit einer Fließerde aus degradiertem Humuszonematerial. Die Humuszone selbst ist durch ein bis 8 cm mächtiges, an der Aufschlußwand durch seine hellere Färbung herausstechendes Band zweigeteilt. An einzelnen Stellen konnten in dieser Schicht feingebänderte Schlufflagen nachgewiesen werden, so daß wohl während der Humuszoneneubildung auch schwache Sedimentationsvorgänge abgelaufen sind. Solche sind auch zur Zeit der Entstehung des oberen Teiles der Humuszone möglich, da in deren braungrauen Ah-Horizont ebenfalls einzelne Schlufflagen beobachtet werden konnten. Da der gesamte Horizont von einer intensiven braunen Fleckung überprägt ist, müssen die schwachen Verlagerungsvorgänge vor dieser Degradation erfolgt sein. Der untere Bereich der unteren Humuszone ist aufgrund seiner humusbraunen Farbe stärker degradiert und weist eine äußerst intensive Braunfleckung auf. Lokal können sich die Flecken auch zu einem schmutzigbraunen Bv-Horizont zusammenschließen. Ähnlich wie bei der mittleren ist auch bei der unteren Mosbacher Humuszone im Dellenzentrum ein dunkelbrauner Bv-Horizont entwickelt. An der tiefsten Stelle hat er nahe der Obergrenze ein schwach prismatisches bis polyedrisches Gefüge. Auf den Aggregatflächen sind braune Überzüge vorhanden, die als Toncutane gedeutet werden müssen. Da die Frage nach der Lessivierung auch für die klimatische Interpretation der degradierten Humuszone von Bedeutung ist, wurden mehrere Dünnschliffe aus den B-Horizonten der mittleren und unteren Humuszone angefertigt. Es zeigte sich dabei, daß in dem Bv-Horizont der unteren Humuszone in der Matrix wenig tonige Feinsubstanz auftritt, wie es bei schwachen Bv-Horizonten üblich ist. Ca. 3/4 der Poren haben sehr dünne Tonbeläge. In dem makroskopisch tondurchschlammten Bereich nimmt von unten nach oben die Tonsubstanz in der Matrix deutlich zu. Auch die Tonüberzüge in einzelnen Poren werden kräftiger, doch sind sie mit rezenten und fossilen Bt-Horizonten nicht zu vergleichen. Eine Ansprache als

Btv-Horizont ist deshalb angebracht. Als Zeichen einer schwachen Vernässung lassen sich vereinzelt in den Dünnschliffen Sesquioxidkonkretionen in der Matrix und Mn-Überzüge auf der Tonsubstanz in den Poren nachweisen.

Im Bv-Horizont unter der mittleren Humuszone konnte im Dellen tiefsten in der Matrix deutliche Feinsubstanz nachgewiesen werden, die im oberen Bereich des Bv-Horizontes zunahm. Im Gegensatz zum Bv-Horizont der unteren Humuszone waren jedoch sämtliche Poren frei von Tonüberzügen, so daß auch mikromorphologisch keinerlei Anzeichen einer Lessivierung vorhanden waren. Ähnliches gilt auch für die Dünnschliffe aus braunen Flecken in den Humuszone. In den Bv-Horizonten und den braunen Flecken ist in den Schliffen z. T. sekundärer Kalk zu erkennen.

Die Degradation und Lessivierung der unteren Humuszone kommt auch in einem beachtlichen Anstieg des Tongehaltes von 13% im Cc-Horizont auf 32% im Btv-Horizont zum Ausdruck. Im überlagernden AhBv-Horizont ist der Tongehalt mit 33% vergleichbar hoch, während er im gefleckten Ah-Horizont auf 27% in einer Mischprobe abnimmt. Leider wurde es versäumt, die Korngrößenbestimmung von Material aus verbraunten Flecken und verbrauntem Ah-Horizont getrennt durchzuführen. In Übereinstimmung mit der stärkeren Degradation ist die Humuszone und der Btv-Horizont entkalkt. Ihr Humusgehalt liegt mit 2,6% etwas unter dem der oberen und mittleren Humuszone (vgl. Abb. 2).

Der Bv-Horizont der unteren Mosbacher Humuszone keilt zu den Dellenflanken aus; allerdings gibt es nahe dem im Aufschluß erhaltenen Dellenrand auch einzelne Stellen, an denen ein humoser Bv-Horizont auftritt. Dies muß nicht immer nur an der Basis der Humuszone sein, sondern kann auch durchaus in höheren Bereichen der Humuszone auftreten. Man kann deshalb feststellen, daß zwar die Degradationserscheinungen zum Dellen tiefsten hin zunehmen, jedoch auch am Rande mit offensichtlich willkürlicher Verbreitung vorhanden sind. Im Gegensatz zu den beiden jüngeren Humuszone weist die ältere Mosbacher Humuszone in der Delle 1 einen intensiven Cc-Horizont auf, welcher in der gesamten Dellenstruktur unter der Humuszone liegt und deshalb auch genetisch mit der Degradation der Humuszone in Verbindung stehen dürfte. Bei dem Cc-Horizont handelt es sich um horizontal angeordnete weiche Carbonatausfällungen mit einzelnen größeren Kalkkonkretionen. Von der Intensität kann der Cc-Horizont durchaus mit dem Kalkanreicherungshorizont von Parabraunerden auf stark kalkhaltigem Ausgangssubstrat verglichen werden. Da der Cc-Horizont mit ca. 20% CaCO₃ in der Delle 2 auf kalkfreiem Lößlehm entwickelt ist, kann davon ausgegangen werden, daß der genannte Kalkgehalt insgesamt sekundär zugeführt wurde. Eine denkbare Möglichkeit, daß der Cc-Horizont u. U. zum letztinterglazialen Boden gehört, läßt sich nicht vollkommen ausschließen, zumal der letztinterglaziale Boden

erodiert wurde und der Cc-Horizont in vernäßigem präwürmzeitlichem Löß entwickelt ist. Von den Aufschlußverhältnissen gibt es jedoch für eine solche Auffassung keine sicheren Belege.

Bemerkenswerterweise konnte bislang auch an keiner Stelle innerhalb und außerhalb der Dellen der letztinterglaziale Boden nachgewiesen werden. Es kann deshalb der Schluß gezogen werden, daß es nicht nur zu Beginn des Mittelwürms, sondern auch bereits zu Beginn des Altwürms starke Abtragungsphasen gegeben hat (vgl. auch SEMMEL 1968:14ff.).

2 Der Rißlöß mit den Weilbacher Humuszonen

Wie in Abb. 3 zu sehen ist, wurde die Füllung der ersten Delle in ältere Sedimente eingeschnitten, in denen typische Horizonte des Rißlöß i. S. v. BIBUS (1974) vorhanden sind. Es handelt sich hierbei um den Bruchköbeler Naßbodenkomplex und die beiden Weilbacher Humuszonen. Aufgrund der vorliegenden Lagerungsverhältnisse, die durch Diskordanzen und weitere Rinnenfüllungen zwar etwas kompliziert sind, läßt sich jedoch die stratigraphische Einstufung der beschriebenen Straten absichern.

Die ältere Weilbacher Humuszone lag in einer schmalen Rinne. Entsprechend der Reliefposition war die Humuszone sehr stark vernäßig, was sich durch fahlgroße Färbung, zahlreiche fahle Flecken und viele nadelstichgroße Sesquioxidkonkretionen nachweisen ließ. Im Rinnentiefsten treten Schnecken auf. Die Funde waren zwar eher spärlich, sie sind jedoch insofern von Bedeutung, als über die Molluskenfauna der unteren Weilbacher Humuszone bisher noch so gut wie nichts bekannt ist (Tab. 1, UWH).

Die Fauna setzt sich zum überwiegenden Teil (ca. 77% der Individuen) aus Offenlandarten zusammen. Darunter befinden sich mit *Granaria frumentum*, *Chondrula tridens* und *Helicopsis striata* einige typische Steppenelemente, von denen insbesondere die beiden zuerst genannten Arten höhere Sommertemperaturen beanspruchen. Für ein sommerwarmes, kontinentales Steppenklimate spricht auch das Vorkommen der xerophilen Art *Euomphalia strigella*, die hier als typische Art der Waldsteppe die *Fruticum*-Fauna vertritt. Ihr Auftreten weist zugleich auf die wenigstens zeitweilige Existenz von Gebüsch oder lockeren Baumbeständen hin. Den Dominanzverhältnissen nach kann die vorliegende Fauna als *Tridens*-Fauna mit Übergängen zu einer allerdings nur schwach entwickelten *Fruticum*-Fauna bezeichnet werden. Irgendwelche markante Unterschiede gegenüber Molluskenfaunen aus den Altwürmhumuszonen sind nicht zu erkennen, so daß letztlich für dieses Interstadial des frühen Jungriß

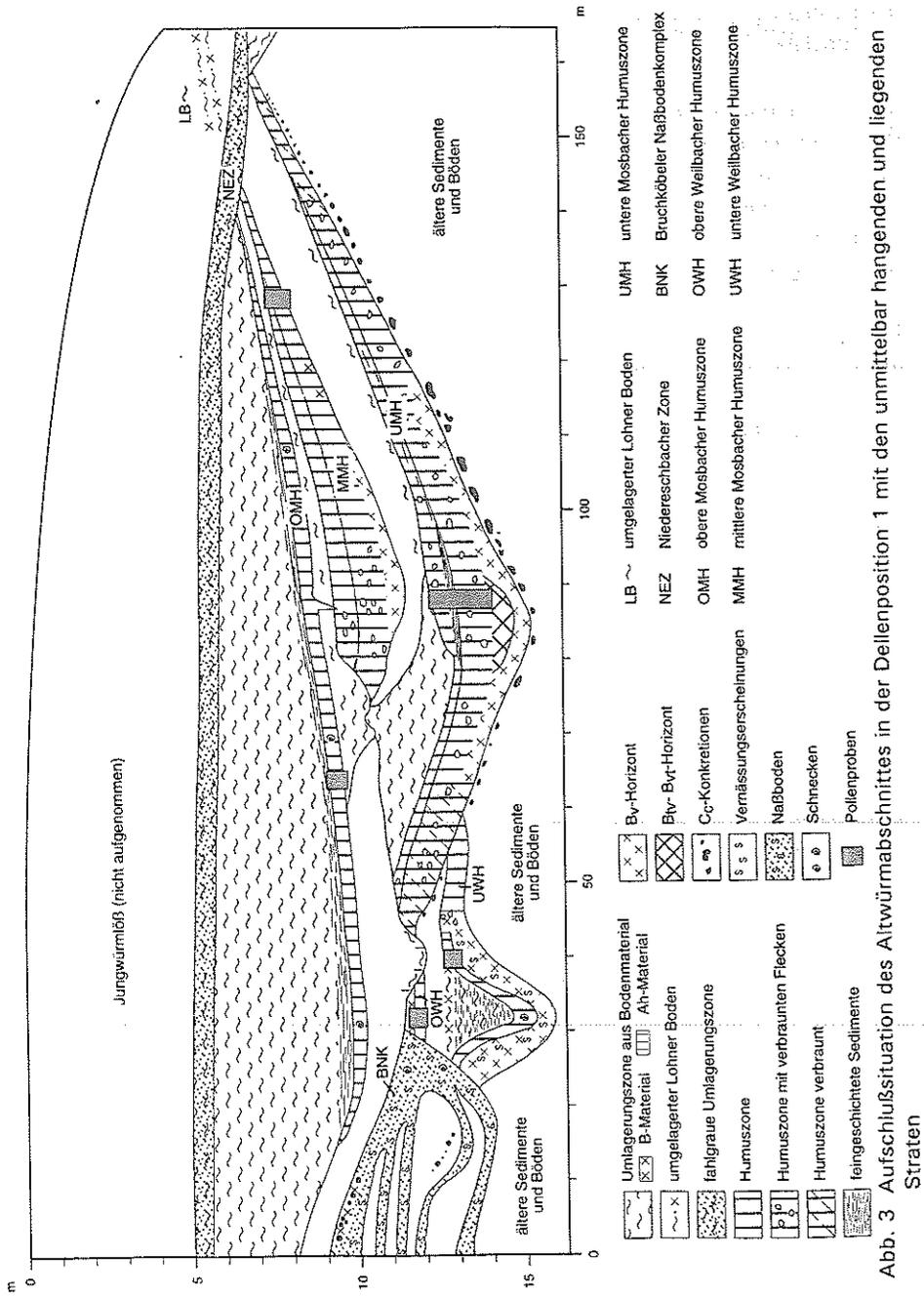
ganz entsprechende klimatische Verhältnisse anzunehmen sind wie für die Altwürm-Interstadiale.

Die Humuszone wurde von einem Bv-Horizont unterlagert, dessen Vernässung zum Rinnentiefsten an Intensität zunahm. Außerhalb der Rinne wies auch diese Humuszone eine braune "Pantherfleckung" auf, welche in gleichmäßig verbrauchtes Humusmaterial überging. Die vernäßte Rinnenfüllung über der Schwarzerde bestand aus verlagertem Humusmaterial mit eingeschalteten Schluffbändern, die eine Schichtung anzeigten. Abgeschlossen wurde das Rinnensediment von einer Fließerde aus verbrauchtem Humusmaterial. Nach einer geringmächtigen Lößzwischenlage folgte die jüngere Weilbacher Humuszone, welche durch einen verbrauchten Horizont, möglicherweise wieder eine abschließende Fließerde, überlagert wurde. Diese Humuszone war nur auf wenigen Metern erhalten geblieben, da sie beiderseits von jüngeren Muldenfüllungen geschnitten wurde (vgl. Abb. 3). In der linken Muldenfüllung war der Bruchköbeler Naßbodenkomplex entwickelt. An einer Stelle haben sich an der Obergrenze des Naßbodenkomplexes ein Bv- und ein Cc-Horizont erhalten, die wahrscheinlich mit dem unteren Abschnitt der ältesten Mosbacher Humuszone zu parallelisieren sind. Durch diese Lagerungsverhältnisse ist trotz Fehlen des letztinterglazialen Bodens eindeutig abgesichert, daß die beiden Humuszonen älter als die Würmeiszeit sind. Bei dem Bruchköbeler Naßbodenkomplex handelt es sich um fünf deutlich abzugrenzende Naßböden und eine schwächere Vernässung im obersten Abschnitt, die am Rande der Delle zu einem sehr stark vernäßigem Löß zusammenliefen.

Dem ersten und dem dritten Naßboden von unten wurden Proben für die Untersuchung der Mollusken entnommen (Tab. 1, RB1, RB3). Aus beiden Proben liegen Molluskenassoziationen der subarktischen Tundra vom Typus der *Columella columella*-Faunen vor.

Über die Hälfte der Individuen entfällt jeweils auf die drei klimatisch indifferenten kaltzeitlichen Häufigkeitsformen *Succinea oblonga*, *Pupilla muscorum* und *Trichia hispida*. Die vier an extrem kalte Klimate angepaßten Arten *Columella columella*, *Vertigo parcedentata*, *Vertigo pseudosubstriata* und *Vallonia tenuilabris* erreichen zusammen Anteile zwischen 20 und 24% und bezeugen als Leitarten hochglaziale Verhältnisse.

Dabei stellt der Fund des heute in den Hochgebirgen Kirgisiens und Südost-Kasachstans lebenden *Vertigo pseudosubstriata* insofern eine echte Überraschung dar, als diese Art, die in ihrer derzeitigen Heimat vorwiegend auf alpinen Matten bis in Höhen von 3 500 m anzutreffen ist (SCHILEYKO 1984), in Deutschland anscheinend noch nie in kaltzeitlichen Molluskenfaunen nachgewiesen wurde. Die wenigen



bisher vorliegenden Fundangaben aus dem Pleistozän beziehen sich auf viel weiter östlich gelegene Gebiete. LOZEK entdeckte die Art 1954 in einem Löß aus dem jüngeren Mittelwürm (Dolni Vestonice in Mähren). Dazu kommen ein Fund in einem würmzeitlichen Naßboden in der Westukraine (Molodova am Dnjestr, LOZEK 1976) und zwei Funde aus dem Würmlöß Ungarns (KROLOPP 1958; LOZEK 1964; KROLOPP & SÜMEGI 1992). Außerdem ist die Art aus einem Löß des viertletzten Glazials (vermutlich Mindel) bekannt (Horky an der Iser in Böhmen, LOZEK 1956). Die Funde im Profil Mainz-Weisenau belegen, daß *V. pseudosubstriata* nicht nur im Mindel und im Würm, sondern auch im Riß von ihrer zentralasiatischen Heimat aus weit nach Mitteleuropa vorgestoßen ist. Diese Art verhält sich damit ganz ähnlich wie *Vallonia tenuilabris*, die heute in Sibirien, Nordchina und in den Gebirgen Zentralasiens lebt.

In RB1 ist die *Columella*-Fauna durch eine feuchtliebendere Fazies vertreten als in RB3 (Tab. 1). Arten, die in höherem Maße auf Feuchtigkeit angewiesen sind (Wasser- und Sumpfmollusken, aber auch *Vertigo parcedentata* und *Succinea oblonga*) erreichen in RB1 deutlich höhere prozentuale Anteile; solche mit geringerem Feuchtigkeitsbedürfnis (*Vallonia costata*, *Clausilia rugosa parvula* und möglicherweise auch *Vertigo pseudosubstriata*) sind dagegen in RB3 häufiger zu finden.

3 Gesteinsmagnetische Eigenschaften der Mosbacher Humuszonen

In den mächtigen quartären Lößvorkommen Chinas konnte erstmals eine Korrelation zwischen der marinen $d^{18}O$ -Kurve, dem gesteinsmagnetischen Parameter Suszeptibilität c (s. Anm. 1 am Ende des Kapitels) und Paläoböden nachgewiesen werden (HELLER & LIU 1984). Kräftige interstadiale und interglaziale Böden weisen eine hohe Konzentration an ferrimagnetischem Material, vor allem Magnetit auf. Zusätzlich konnte eine Anreicherung von SP-Magnetit-Teilchen (s. Anm. 2) diagnostiziert werden. Die pedogenetische Bildung von magnetischen Mineralen in wärmeren Klimaphasen wird durch anorganische (MAHER & THOMPSON 1994) und organische Prozesse (FASSBINDER et al. 1990) erklärt. Somit können auch gesteinsmagnetische Parameter verwendet werden, um Klimaschwankungen zu erfassen.

Für den Altwürmabschnitt von Mainz-Weisenau wurden mit Hilfe verschiedener Parameter die gesteinsmagnetischen Eigenschaften untersucht. Es sollte dabei vor allem geprüft werden, inwieweit sich auch interstadiale Böden vom Typ der Humuszonen mit unterschiedlichen Degradationserscheinungen gesteinsmagnetisch nachweisen lassen. Zu diesem Zweck wurden zwei Profile mit Hilfe eines Stechzylinders aus unmagnetischem Stahl in 2 cm Abstand beprobt. Das Profil WW liegt in der Dellenposi-

tion 1 und setzt sich aus drei Teilprofilen zusammen (vgl. Abb. 1). Das Profil WW2 stammt aus der Dellenposition 2 zu einem Abbaustand, als die mittlere Humuszone etwas geringmächtiger und zum Teil parautochthon ausgebildet war. Mit Hilfe der parallelen Probeentnahme sollten die Korrelationsmöglichkeiten benachbarter Profile überprüft werden.

Der Verlauf der Suszeptibilität c (Abb. 4) zeigt eine eindeutige Korrelation mit den Bodenhorizonten. Im kaltzeitlichen Löss liegt die Suszeptibilität bei ca. $150 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$. In den Humuszonen ist sie stark erhöht und erreicht Maximalwerte von $460 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$. Dies zeigt die hohe Konzentration an ferrimagnetischen Mineralen in den interstadialen Humuszonen, die durch Pedogenese erzeugt wurden. Die vernähten B-Horizonte an der Basis von Profil WW sind mit ihrer geringen Suszeptibilität von $120 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$ ein Sonderfall. Durch Vernässung kann ein reduzierendes Milieu im Boden erzeugt werden, so daß es nicht zur Bildung von magnetischen Mineralen kommt oder gebildete magnetische Minerale durch Alterationsprozesse zerstört werden.

Die NRM (s. Anm. 3 und Abb. 4) zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die Suszeptibilität. In den Humuszonen ist die NRM um den Faktor 3 - 4 höher als in den Lössschichten. Die weniger stark humos ausgebildeten Bereiche zeigen eine geringere NRM. Die vernähten B-Horizonte sind wieder durch eine geringere NRM gekennzeichnet. Wie durch die Suszeptibilität wird jedoch auch durch die NRM deutlich, daß in den interstadial gebildeten Böden eine höhere Konzentration an magnetischem Material vorhanden ist.

Die Parameter Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität Cfd (s. Anm. 4) und das SIRM/ c -Verhältnis (s. Anm. 5) geben eine Information über die magnetische Korngröße. Mit zunehmender SP-Teilchen-Konzentration nimmt die Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität Cfd zu und das SIRM/ c -Verhältnis ab.

Die drei Mosbacher Humuszonen zeigen mit einer Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität (vgl. Abb. 4) von 6 - 8 % eine höhere SP-Teilchen-Konzentration als die Lössschichten. Das SIRM/ c -Verhältnis (Abb. 4) ist mit 6 kA/m um ca. 50 % geringer als in den Lössschichten. Auch dies zeigt den höheren Gehalt an pedogenetisch gebildeten SP-Teilchen in den interstadialen Humuszonen an. Die vernähten B-Horizonte weisen eine sehr geringe Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität und ein hohes SIRM/ c -Verhältnis auf und besitzen somit eine sehr geringere Konzentration an SP-Teilchen. Auffallend ist jedoch, daß die B-Horizonte mit $120 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$ eine geringere Suszeptibilität als der Löss besitzen. Dies ist ungewöhnlich und als Sonderfall anzusehen. Die Ursache liegt wohl in der schwachen Vernässung des Horizontes. Vermutlich wurden im lokal reduzierenden Milieu verstärkt die feinen magnetischen Minerale,

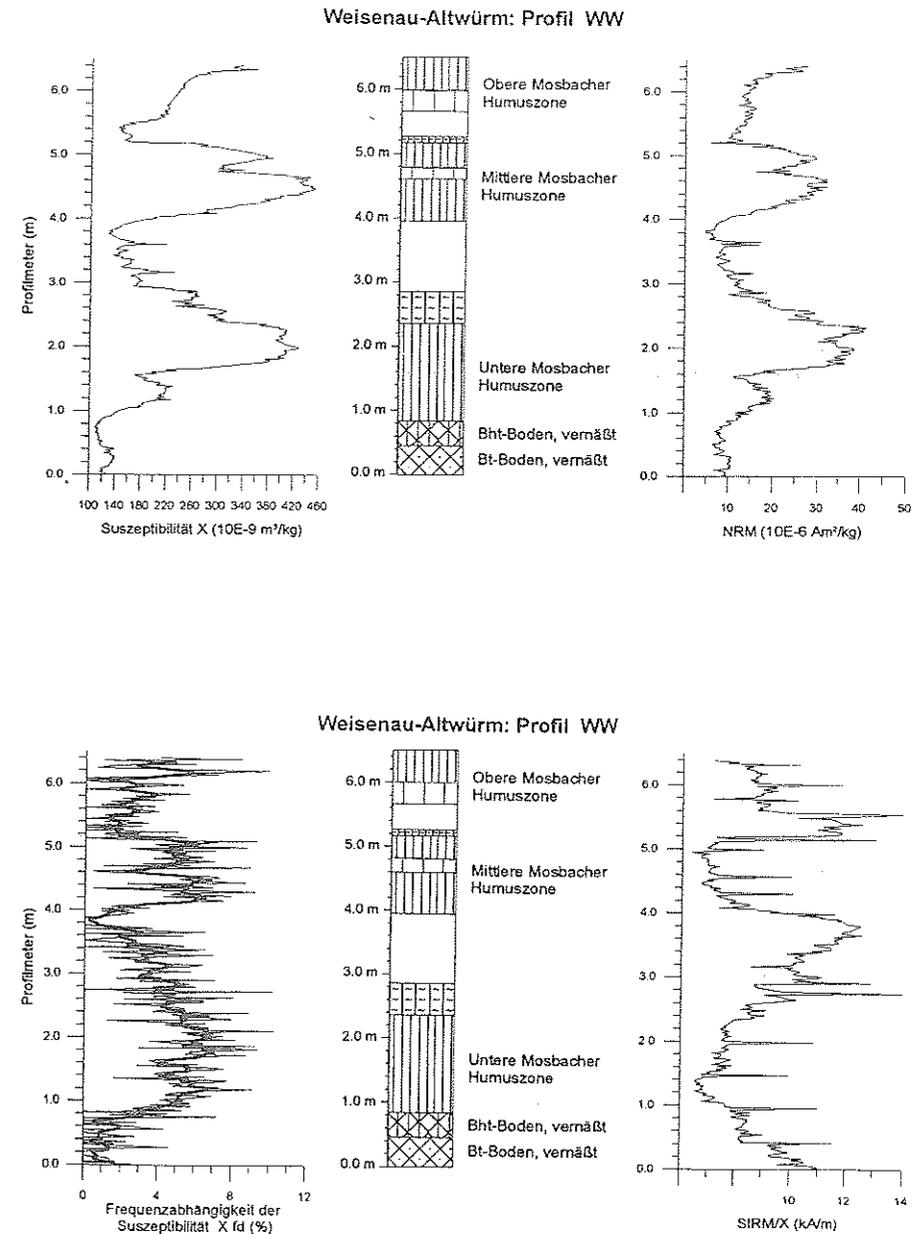


Abb. 4 Die gesteinsmagnetischen Parameter Suszeptibilität, NRM, Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität und SIRM/ χ -Verhältnis des Profils WW

die aufgrund ihres kleinen Volumens eine große Oberfläche besitzen, gelöst.

Mit verschiedenen gesteinsmagnetischen Parametern konnten als Hauptremanenzträger die Minerale Magnetit (Fe_3O_4) und Hämatit ($\text{g-Fe}_2\text{O}_3$) identifiziert werden. Im gesamten Profil konnten beide Minerale nachgewiesen werden, jedoch schwankt das Konzentrationsverhältnis der Minerale zueinander. Das $\text{IRM}_{25\text{mT}}/\text{SIRM}$ -Verhältnis (s. Anm. 6) schätzt die relative Konzentration an weichmagnetischem Magnetit ab. Im Profil WW2 liegt dieser Parameter in den Humuszonen bei ca. 34 - 36 %. In den Lößhorizonten sinkt das $\text{IRM}_{25\text{mT}}/\text{SIRM}$ -Verhältnis auf ca. 26 - 30 % ab. Somit ist eine Erhöhung an der relativen Konzentration von weichmagnetischem Magnetit zum härtermagnetischen Hämatit in den Humuszonen nachgewiesen. Durch die Pedogenese während wärmerer Klimaphasen wird demzufolge hauptsächlich Magnetit gebildet.

In Tab. 2 sind die gesteinsmagnetischen Parameter der untersuchten Altwürmprofile Weisenau zusammengefaßt.

Tab. 2 Zusammenfassung der gesteinsmagnetischen Parameter der Profile Weisenau -Altwürm

	c ($10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$)	NRM (10^{-6} Am^2/kg)	Cfd (%)	SIRM/c (kA/m)	$\text{IRM}_{25\text{mT}}/\text{SIRM}$ (%)
Löß WW (Glazial)	160	8-10	1-5	11-13	
Löß WW2 (Glazial)	160	10	3-5	9-10	26-30
Humuszone WW (interstadial)	380-420	30-40	6-8	6-7	
untere/obere Humuszone WW2 (interstadial)	300-420	30-40	7-9	6-8	34-36
mittlere paraut. Humuszone WW2 (interstadial)	260	18	6-8	7	32-34
vernäßte B-Horizonte WW (interstadial)	120	10	1-2	8-10	

Durch die Pedogenese kam es in den wärmeren Klimaphasen in den Humuszonen zu einer Anreicherung von ferrimagnetischen Mineralen, verstärkt in der SP-Fraktion. Die vernäßten B-Horizonte sind ein Sonderfall, da in dem reduzierenden Milieu keine magnetischen Minerale gebildet oder sekundär wieder gelöst wurden.

Eine Korrelation zwischen gesteinsmagnetischen Parametern und bodenkundlichem Profil ist möglich. Demzufolge können die gesteinsmagnetischen Parameter auch bei

interstadialen Böden vom Typ der Humuszonen verwendet werden, um als Indikator für Klimaschwankungen zu dienen. Jedoch muß eine detaillierte bodenkundliche Profilaufnahme erfolgen, um spezielle Situationen (Vernässung, Umlagerungen) zu erkennen. Vergleichbare Ergebnisse konnten auch bei der gesteinsmagnetischen Untersuchung der rißzeitlichen Weibacher Humuszonen erzielt werden.

Anmerkungen 1 - 6

- 1 Suszeptibilität χ ist die Proportionalitätskonstante zwischen der in einem äußeren Magnetfeld erzeugten Magnetisierung und dem äußeren Magnetfeld. Dieser Parameter ist ein Maß für die Konzentration aller magnetischen Minerale in einer Probe.
- 2 SP-Teilchen: Super-Paramagnetische Teilchen sind die kleinsten magnetischen Körner (Durchmesser $<0.03 \mu\text{m}$ für Magnetit). Sie können keine remanente Magnetisierung speichern, tragen jedoch zur Suszeptibilität bei.
- 3 Natürliche Remanente Magnetisierung NRM: die NRM ist der permanente Teil der Gesamtmagnetisierung der Probe, der im feldfreien Raum gemessen wird. Dieser Parameter ist ein Maß für die Konzentration an magnetischen Mineralen, die eine Magnetisierung speichern können.
- 4 Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität χ_{fd} : Messung der Suszeptibilität bei zwei Frequenzen. Die Differenz der Suszeptibilität bei zwei Frequenzen kann zur Abschätzung der Konzentration der SP-Teilchen verwendet werden.
- 5 SIRM/ χ -Verhältnis: Verhältnis der Sättigungsremanenz (SIRM), die im Labor durch ein starkes Magnetfeld erzeugt wird, zur Suszeptibilität χ .
- 6 $\text{RM}_{25\text{mT}}/\text{SIRM}$ -Verhältnis: Verhältnis der remanenten Magnetisierung bei einem Magnetfeld von 25 mT zur Sättigungsremanenz. Der Anteil an weichmagnetischem Magnetit kann abgeschätzt werden.

4 Pollenanalytische Untersuchungen der Mosbacher Humuszonen in Mainz-Weisenau

Pollenanalytische Untersuchungen an Lößprofilen und den darin erhaltenen Bodensequenzen scheitern meistens an der geringen Fossiliedichte oder an der schlechten Erhaltung der zu untersuchenden Sporomorphen. Grund ist meist die oxidative Zer-

störung und/oder ein niedriger pH-Wert. Gelegentlich jedoch haben besondere, nicht immer nachvollziehbare Bedingungen dazu geführt, daß auch in solchen Profilen auswertbare Pollenfloren erhalten geblieben sind. So waren die beiden Weilbacher Humuszonen im Rißlöß vollkommen fossilfrei, während die drei Mosbacher Humuszonen Pollen führten. Die Pollenerhaltung und -dichte war keinesfalls ideal, so daß eventuell mit einer selektiven Auswahl der Sporomorphen gerechnet werden muß (vgl. HAVINGA 1971; LESSMANN 1983). Außerdem ist gerade in Böden, die aus Löß entstanden sind, nicht immer zu unterscheiden, welche Sporomorphen bereits syndementär mit dem Löß eingetragen worden sind und welche während der Pedogenese ins Profil gelangt sind. So können im Extremfall Fernflugpollen vom Ausbläsungsort und lokaler Pollenbestand zu gleichen Anteilen nebeneinander vorkommen. Daneben muß vor allem bei Humuszonen mit Verlagerung durch die Bodenfauna gerechnet werden (HAVINGA 1974; WELTEN 1962; WALCH et. al. 1970). Dennoch haben sich Pollenprofile ergeben, die vegetationsgeschichtlich und stratigraphisch einigermaßen zu deuten sind.

Aus den fünf Humuszonen des Löß-Profiles Mainz-Weisenau (vgl. Abb. 5) wurden insgesamt 48 Proben für die Pollenanalyse entnommen. Die Aufbereitung wurde nach der Methode von FRENZEL (1964, 1994) im Pollenlabor der Universität Hohenheim durch Frl. LINER durchgeführt, wofür ich an dieser Stelle herzlich danken möchte. Die Berechnung der Diagramme erfolgte auf der Basis der Gesamtsumme.

4.1 Die Obere Mosbacher Humuszone (III)

Kiefern-Fichtenzeit (70 - 0 cm)

Die Pollenflora wird dominiert von Nadelhölzern der Kiefern-Fichtenzeit (70 - 0 cm), allen voran *Pinus* (um 50%). Die Kurve von *Picea* steigt von etwa 5% auf Werte um 30% an und geht am Ende auf ca. 1% zurück. *Abies* ist nur in Spuren vorhanden. Parallel zur Ausbreitung von *Picea* geht der NBP (45%, darunter über 10% *Artemisia*) auf Werte unter 20% zurück und steigt gegen Ende wieder auf 40% an. An der Obergrenze des Abschnitts erreicht *Betula* etwa 12%. Der Verlauf der Kurven von *Picea* und NBP deutet an, daß der Vegetationszyklus einigermaßen vollständig dokumentiert ist.

4.2 Die Mittlere Mosbacher Humuszone Würm (II)

NBP-Kiefern-Zeit (90 - 80 cm)

Eine von *Artemisia* dominierte Steppenphase ist im untersten Teil der Humuszone II

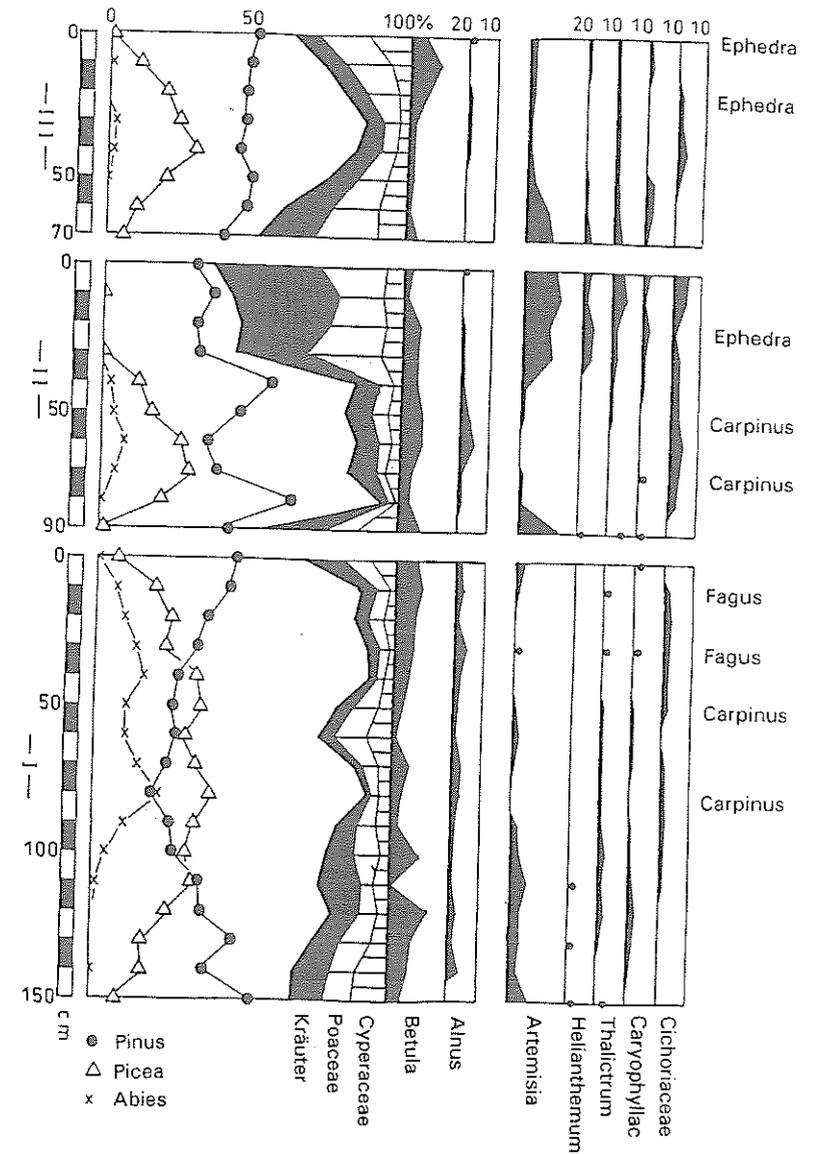


Abb. 5 Pollendiagramm der drei Mosbacher Humuszonen in Delienposition 1

gerade noch angedeutet. Der NBP liegt bei 45%, darunter 15% *Artemisia*. Der BP wird von *Pinus* (um 50%) beherrscht.

Kiefern-Fichten-(Tannen)-Zeit (80 - 30 cm)

Mit dem Anstieg der Kurven von *Picea* (bis 30%) und *Abies* (bis 5%) fällt *Pinus* auf Werte um 35% ab. Daneben erreicht *Alnus* Werte um 5%. Der NBP fällt unter 20%, die Kurve von *Artemisia* zeigt eine Unterbrechung.

NBP-Kiefern-Zeit (30 - 0 cm)

Bei 30 cm tritt ein rascher Wechsel in der Zusammensetzung der Pollenflora auf. Es ist der Bereich, in dem im Profil die Humuszone nach oben deutlicher wird, was möglicherweise auf eine Diskordanz hinweist. Steppenkräuter breiten sich rasch aus, darunter *Artemisia* (um 15%) und *Helianthemum* (um 5%), daneben *Thalictrum* und *Caryophyllaceae*. Außer *Pinus* (um 40%) ist kaum noch BP vorhanden. Auch diese Abfolge ist auf Grund der ausgeprägten NBP-Phasen nahezu vollständig.

4.3 Untere Humuszone (I)

Kiefern-Fichten-(NBP)-Zeit (150 - 110 cm)

Pinus dominiert mit Werten um 60% den BP, daneben erreicht *Picea* Werte um 10%. Der NBP wird im wesentlichen von *Artemisia* und Gräsern beherrscht und liegt bei 30%.

Kiefern-Fichten-Tannen-Zeit (110 - 0 cm)

Picea kann sich am Beginn des Abschnitts zur führenden Holzart durchsetzen (Werte um 35%), wird aber am Ende wieder durch *Pinus* überflügelt (um 50%). *Abies* erreicht mit ca. 20% die höchsten Werte von allen drei Humuszonen. Der NBP liegt bei 10-15%. Vereinzelt finden sich Pollenkörner von *Fagus* und *Carpinus*, die jedoch vollkommen unbedeutend sind. Die bei ca. 55 cm Tiefe liegende Schlufflage innerhalb der Humuszone wirkt sich im Diagramm nicht besonders stark aus. Dennoch ist ein deutlicher Anstieg der NBP und ein geringer Abfall von *Abies* und *Picea* zu verzeichnen.

Die vegetationsgeschichtliche Entwicklung verläuft in allen drei überlieferten wärmeren Abschnitten grundsätzlich ähnlich. Dominierende Elemente sind die Nadelhölzer (*Pinus*, *Picea* und *Abies*). Lediglich das Mischungsverhältnis erlaubt, zumindest die untere Humuszone von den beiden anderen in botanischer Hinsicht zu differenzieren. Während die oberen beiden Profile (II und III) von *Pinus* und *Picea* beherrscht werden, spielt *Abies* in Profil I zumindest zeitweise eine gewisse Rolle. Das deutet darauf hin,

daß dieses Interstadial das thermisch anspruchsvollste gewesen ist. Die beiden oberen Interstadiale weisen in vegetationsgeschichtlicher Hinsicht praktisch keine Unterschiede auf, wären also als Einzelprofile nicht zu unterscheiden (vgl. FRENZEL 1989).

Unterschiede gibt es allerdings in der Vollständigkeit der Überlieferung. Dies ist insofern von Bedeutung, als Nadelwarmzeiten einerseits in sich abgeschlossene Interstadiale darstellen können, andererseits aber auch den Beginn oder das Ende eines Interglazials andeuten können (vgl. BLUDAU 1996a, 1996b).

Während die Abschnitte II und III wegen der NBP-Phasen am Beginn und am Ende (besonders II) halbwegs vollständig zu sein scheinen und damit fehlende Teile nahezu ausgeschlossen werden können (möglicherweise liegt in der Humuszone II bei 30 cm ein kürzerer Hiatus vor, s. o.), gilt dies zumindest für den Beginn des Abschnitts I nicht ohne weiteres, da eine ausgesprochene NBP-Phase nur angedeutet ist. Lediglich die Kurve von *Abies* ist ein Indiz dafür, daß zumindest das Optimum eines Interstadials repräsentiert ist und somit keine wesentlichen Abschnitte fehlen dürften.

Das Klima kann in allen drei Vegetationsabschnitten als kühl bezeichnet werden. Ob der höhere Tannenanteil in I auf das höhere Wärmeangebot oder größere Feuchtigkeit zurückzuführen ist, läßt sich wegen des wenig differenzierten NBP nicht mit Sicherheit entscheiden.

Für die Beurteilung der stratigraphischen Position muß zunächst festgehalten werden, daß alle drei Warmzeiten interstadialen Charakter haben und auch keine Anzeichen dafür vorhanden sind, daß wesentliche Abschnitte fehlen könnten. Insofern sind Interglaziale auszuschließen. Gerade dies bereitet aber bei der stratigraphischen Wertung Schwierigkeiten, da Nadelwaldphasen normalerweise keine charakteristischen Unterschiede aufweisen und somit meist aus Sicht der Paläobotanik nicht zu differenzieren sind (s. o.). Lediglich das rißzeitliche Interstadial von Riedmatt (BLUDAU et al. 1994) und das frühwürmzeitliche Brörup-Interstadial (vgl. BEHRE & LADE 1986) weisen durch ihre Zweiteilung Besonderheiten auf. Da rißzeitliches Alter auszuschließen ist (vgl. Abb. 3), muß sich das Augenmerk auf würmzeitliche Vorkommen richten.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der exakten Korrelierung nord- und südmitteleuropäischer Warmzeiten. Es soll auf die bekannte Diskussion darüber hier nur insofern eingegangen werden, als bislang immer noch nicht geklärt ist, in welchem Zusammenhang die Vorkommen wie etwa der Grande Pile (WOILLARD 1979; DE BEAULIEU 1992) oder das Füramoos (BLUDAU 1996b) mit den nördlichen Vorkommen stehen (Charakterisierung Interglazial - Interstadial).

Unter den oben genannten Gesichtspunkten lassen sich die drei vorliegenden Warmzeiten im Grunde nur nach dem "Ausschlußverfahren" zuordnen, d. h. es läßt sich umschreiben, welche stratigraphische Position sie mit Sicherheit nicht haben. Für Interglaziale wurde dies bereits ausgeführt.

Auch die auf das süddeutsche Eem-Interglazial folgenden, im dortigen Sprachgebrauch ebenfalls als Interglaziale (WOILLARD 1979) bezeichneten Warmzeiten (St. Germain-Komplex, Füramoos III, BLUDAU 1996b) können ausgeschlossen werden, da thermophile Laubwaldelemente fast völlig fehlen.

Somit bleibt nur noch die in vermutlich vollständiger Abfolge bislang nur aus Norddeutschland bekannten Würm-Interstadiale als stratigraphische Position übrig.

Da eine eindeutige pollenanalytische Zweiteilung in keiner der Warmzeiten von Mainz-Weisenau auszumachen ist, könnte man den Schluß ziehen, daß die überlieferten Interstadiale den Zeitraum jünger als Brörup, also das Ende von Frühwürm bis Mittelwürm repräsentieren. Andererseits ist in der unteren Humuszone eine geringmächtige Lößzwischenlage eingeschaltet, die zumindest eine Unterbrechung der Humuszonbildung und somit eine Zweiteilung anzeigt. Im Pollenprofil deutet sich in diesem Abschnitt eine gewisse Veränderung an, allerdings nicht mit einer drastischen Klimaverschlechterung. Vielleicht ist dieser Abschnitt im Pollenprofil zu wenig aufgelöst worden. Insgesamt glauben wir, daß nach den dargelegten Befunden eine Parallelisierung der Humuszon mit Brörup, Odderade und Oerel wahrscheinlich ist. Eine Korrelation mit den wenigen süddeutschen Würminterstadialen ist nicht sinnvoll, da diese nur isolierte Einzelvorkommen darstellen (vgl. ELLWANGER et al. 1995).

Liste der wissenschaftlichen und deutschen Pflanzennamen:

<i>Pinus</i>	- Kiefer	<i>Poaceae</i>	- Süßgräser
<i>Picea</i>	- Fichte	<i>Cyperaceae</i>	- Sauergräser
<i>Abies</i>	- Tanne	<i>Artemisia</i>	- Beifuß/Wermut
<i>Betula</i>	- Birke	<i>Helianthemum</i>	- Sonnenröschen
<i>Alnus</i>	- Erle	<i>Thalictrum</i>	- Wiesenraute
<i>Fagus</i>	- Buche	<i>Caryophyllaceae</i>	- Nelkengewächse
<i>Carpinus</i>	- Hainbuche	<i>Cichoriaceae</i>	- Korbblütler
<i>Ephedra</i>	- Meerträubel		

5 Zusammenfassung

Im Profil Mainz-Weisenau treten in Dellenpositionen insgesamt fünf durch kalkhaltigen Löß getrennte Humuszon auf. Obwohl der letztinterglaziale Boden durch frühestwürmzeitliche Abtragungsvorgänge unmittelbar nach dem Eem erodiert wurde, läßt sich aufgrund von typischen Horizonten im hangenden und zwischengeschalteten Löß zweifelsfrei belegen, daß es sich um den Altwürmabschnitt mit den 3 interstadialen Mosbacher Humuszon und den Reißlöß mit den Weilbacher Humuszon handelt, der in der alpinen Gliederung dem Jungriß entspricht (vgl. BIBUS & KÖSEL 1995). Die Humuszon sind durch mächtigere Lößzwischenlagen, die kalttrockene Abschnitte anzeigen, voneinander getrennt. Die beiden untersten Mosbacher Humuszon sind stark durch Entkalkungs- und Verbraunungserscheinungen unterschiedlicher Intensität und Verbreitung degradiert. Einerseits handelt es sich um braune Flecken i. S. des gefleckten Horizontes von ROHDENBURG (1964), zum anderen jedoch auch um basale Verbraunungszone, die vor allem im Dellentiefsten verbreitet sind.

Bei der untersten Humuszone ist im Dellenzentrum auf wenigen Metern eine Lessivierung festzustellen. Nach den makroskopischen und v. a. mikromorphologischen Merkmalen handelt es sich jedoch um eine äußerst schwache Tondurchschlammung, die mit den Bt-Horizonten interglazialer Parabraunerden nicht verglichen werden kann. Dennoch ist der Tonaustrag gegenüber dem liegenden Löß erheblich, was wohl auf eine starke Verlehmung zurückzuführen ist. Auch weisen die Verbraunungsbereiche eine humose Färbung und nicht die rötlichbraunen Farben von interglazialen Bt-Horizonten auf. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß bei den gesteinsmagnetischen Untersuchungen der Humuszon, und dabei auch bei der jüngsten Humuszone ohne Verbraunung, deutliche Anzeichen für pedogene Prozesse nachzuweisen sind, während dies in den Verbraunungszone nicht der Fall ist. Dies könnte auf eine geringere Verwitterung in den Verbraunungszone hinweisen. Da jedoch die Werte für die Suszeptibilität und die NRM geringer als beim kalkhaltigen Löß sind, liegen in den Verbraunungszone offensichtlich besondere Verhältnisse vor, die auf reduzierendes Mileu in Folge von Vernässungserscheinungen zurückgeführt werden. In der Tat lassen sich auch in den Verbraunungszone Sesquioxidkonkretionen und Mn-Flecken nachweisen, doch sind diese hydromorphen Merkmale insgesamt nicht sehr stark ausgebildet. Erst der unter dem Btv/Bv-Horizont folgende ältere Löß weist eine intensive Pseudovergleyung durch Marmorierung und Roströhren auf.

Aus den makroskopischen Merkmalen der beiden unteren Mosbacher Humuszon kann abgeleitet werden, daß nach der Humuszonbildung unter Steppe oder Waldsteppe eine feuchtere Phase folgte, in der Degradation abgelaufen ist. Auch aus anderen Gebieten sind im Kontakt mit Humuszon stehende Verbraunungszone aus

dem Altwürmabschnitt bekannt (KHODARY EISSA 1968:137; SEMMEL 1968; BIBUS 1976:193). Eine ähnliche Situation liegt offensichtlich auch im Profil Koblenz-Metternich vor, in dem über dem als letztinterglazial angesehenen Bt-Horizont ein schwacher Bt-Horizont mit einer abschließenden Humuszone unter typischen mittel- und jungwürmzeitlichen Horizonten beschrieben wird (vgl. auch REMY 1960:117; BIBUS 1980:192). FRECHEN et al. (1995:178) ziehen daraus den Schluß, daß das Vorkommen eines Bt-Restes einer Parabraunerde nicht zwangsläufig gleichbedeutend mit dem Zeitintervall eines kompletten Interglazials i. S. der marinen Stratigraphie ist. Bereits ROHDENBURG & MEYER (1966) und RICKEN (1983:117ff.) hatten in feuchteren Gebieten des Harzvorlandes und in Nordhessen bis zu drei Parabraunerdereste aus dem Altwürm beschrieben. Diese Befunde führen letztendlich zu der Frage, ob die beiden älteren degradierten Mosbacher Humuszonen den beiden thermophilen St. Germain-Interstadialen entsprechen und der jüngste fossile Bt-Horizont in manchen Profilen nicht mit dem Eemboden (Riß/Würm-Boden) zu parallelisieren ist, was in einzelnen Aufschlüssen und Regionen zu lößstratigraphischen Problemen führen könnte, vor allem, wenn interstadiale Parabraunerden nicht mehr von interglazialen zu unterscheiden sind. Degradierung und Lessivierung könnten dann als pedogene Anzeichen einer Klimagunst in Interstadialen gewertet werden. Aus diesem Grund wurden die Humuszonen in Mainz-Weisenau pollenanalytisch untersucht. Erfreulicherweise führten alle Proben aus den Mosbacher Humuszonen so viele Pollen, daß durchgehende Pollendiagramme erstellt werden konnten. Die Diagramme zeigen sogar Vegetationsabfolgen, wie sie für ein komplettes Interstadial zu erwarten sind, was zunächst doch überrascht, da der Humus und damit auch die Pollen bei der Schwarzerdenbildung biogen in den Untergrund hätten eingemischt werden müssen. Solche Bioturbationen sollten eigentlich zu einer gleichmäßigen Durchmischung und einem ungegliederten Pollendiagramm führen. Andererseits besteht in Dellenpositionen die Möglichkeit eines kolluvialen Aufwachsens von Ah-Material während der Pedogenese. Ein solcher Prozeß, der im oberen Bereich der mittleren Humuszone auch im Profil durch ange deutete Schichtung zu erkennen war, könnte die Vegetationsentwicklung in den Pollendiagrammen und die z. T. auch mächtige Ausbildung der fossilen Ah-Horizonte erklären. Im Gegensatz zu anderen Profilen weisen die Humuszonen zudem im Profil Mainz-Weisenau nur geringe Anzeichen einer größeren Durchmischung in Form von Regenwurmgingen und Krotowinen auf.

Alle drei Altwürm-Interstadiale zeigen einen kühlen Klimaverlauf, der im BP durch *Pinus* und *Picea* dominiert wird. Außerdem ist *Abies* im Pollenspektrum abschnittweise in allen drei Interstadialen vertreten, verliert jedoch zu den jüngeren Interstadialen an Bedeutung. Der deutliche Anteil von *Abies* in der unteren Mosbacher Humuszone könnte auf geringfügig bessere Klimaverhältnisse hinweisen. Da Pollenkörner von thermophilen Laubbäumen, wie *Fagus* und *Carpinus* in der unteren Humuszone und

Carpinus in der mittleren Humuszone, nur äußerst vereinzelt vorkommen, können diese Bäume am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges zum Mainzer Becken keine Bedeutung gehabt haben. Vielmehr war die Vegetation in allen drei Interstadialen durch eine Koniferenwaldsteppe gekennzeichnet. Bisher bestimmte Holzkohlebröckchen aus den Humuszonen haben bislang auch nur Hinweise auf *Picea* und *Pinus* erbracht. Es ist deshalb nach unserer Auffassung nicht möglich, die beiden älteren Humuszonen mit den thermophilen Laubmischwald-Interstadialen St. Germain I und St. Germain II zu parallelisieren, zumal der Fundort Mainz-Weisenau bereits in einer Grenzzone liegt, ab der BEHRE & LADE (1986) in den St. Germain-Interstadialen mit thermophilen Laubmischwaldelementen rechnen.

Die Degradationserscheinungen in einzelnen Humuszonen, die mit der Lage in Dellenpositionen durch Ausbildung von B-Horizonten zunehmen können, sind deshalb nicht primär Zeichen einer deutlichen Klimaverbesserung, sondern eher von Reliefpositionen mit starkem Wasserzug aber noch vertikaler Sickerwasserbewegung abhängig. Leider sind keine gut drainierten Rückenpositionen mit Schwarzerden erhalten geblieben. Andererseits konnte in Reliefpositionen mit sehr starker Vernässung, wie in der Rinnenfüllung mit der unteren Weißbacher Humuszone, eine Degradation auch verhindert werden. So ist in der Rinne die Humuszone noch kalkhaltig und schneckenführend geblieben, während sie am Rand Degradationsflecken aufweist und kalkfrei ist.

Wir ziehen aus den geschilderten Befunden in Mainz-Weisenau den Schluß, daß Teile des Altwürmhumuskomplexes als älteste überlieferte Paläoböden im Würmlöß nicht die St. Germain-Interstadiale repräsentieren, sondern diese thermophilen Interstadiale älter sind. Da bislang im Würmlöß keine älteren Paläoböden als die Mosbacher Humuszonen gefunden worden sind, besteht eigentlich nur die Möglichkeit, daß sich die St. Germain-Interstadiale aufgrund fehlender Lößsedimentation in den zwischengeschalteten kälteren Abschnitten an der Oberfläche des vorhandenen Eemboden entwickelt bzw. hineinprojiziert haben und deshalb in den auch zumeist stark gekappten letztinterglazialen Bodenresten pedologisch nicht mehr zu fassen sind. Wahrscheinlich gehören diese Interstadiale sogar noch in den eemzeitlichen Abschnitt und nicht in das Altwürm, was umso wahrscheinlicher wird, da neuerdings in grönländischen Eiskernen zwei abrupte Klimawechsel zwischen kalten (5e2, 5e4) und warmen Phasen (5e1, 5e3) im jüngeren Abschnitt des Eems nachgewiesen wurden (GRIP 1993:204).

Die Mosbacher Humuszonen repräsentieren deshalb nach unserer Auffassung die über St. Germain I und St. Germain II liegenden Kiefern-/Fichtenwaldinterstadiale. Wir sehen deshalb auch keine grundsätzlichen Probleme, sie mit Brörup (Amersfoort), Odderade und gegebenenfalls Oerel im norddeutschen-niederländischen Raum zu parallelisieren.

Leider waren die Weilbacher Humuszonen aus dem Rißlöß vollkommen pollenleer. Die Molluskenfunde aus der unteren Weilbacher und der obersten Mosbacher Humuszone weisen jedoch auf ähnlich ökologische und damit wohl auch vergleichbare klimatische Bildungsbedingungen hin. Es handelt sich um Mollusken, die mit Wald- und Offenlandarten einer Waldsteppe ein sommerwarmes Kontinentalklima anzeigen. Diese Befunde stimmen in der oberen Mosbacher Humuszone voll mit den Pollenanalysen überein. Außerdem sind als Besonderheit in der oberen Mosbacher Humuszone hygrophile Elemente vorhanden, die in sumpfigen Auenwäldern und Bruchwäldern leben. Entsprechende Verhältnisse haben deswegen im Einzugsgebiet oder innerhalb der Delle geherrscht. Möglicherweise war ein zeitweilig hochstehender Grundwasserstand auch der Grund für die fehlenden Degradationserscheinungen, da sie an anderer Stelle in diesem Horizont im gleichen Raum gefunden wurden (vgl. SEMMEL 1968:20ff.).

Literatur

- DE BEAULIEU, J. L. (1992): The last climatic cycle at La Grande Pile (Vosges, France) - a new pollen profile. - *Quaternary Science Reviews*, **11**: 431-438; Oxford.
- BEHRE, K. - E. & LADE, U. (1986): Eine Folge von Eem und 4 Weichsel-Interstadialen in Oerel/Niedersachsen und ihr Vegetationsablauf. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **36**: 11-36; Hannover.
- BIBUS, E. (1974): Abtragungs- und Bodenbildungsphasen im Rißlöß. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **25**: 166-182; Öhringen.
- BIBUS, E. (1976): Zur geomorphologischen Fundsituation und Altersstellung der oberhessischen Geröllgeräte vom Münzberger Typ. - *Rhein-Main. Forsch.*, **82**: 179-203; Frankfurt a. M.
- BIBUS, E. (1980): Zur Relief-, Boden- und Sedimententwicklung am unteren Mittelrhein. - *Frankf. geowiss. Arb., Serie D*, **1**: 296 S.; Frankfurt a. M.
- BIBUS, E. & KÖSEL, M.: Paläopedologische Klimazeugen zur Untergliederung der Rißeiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (Oberschwaben). - *Eiszeitalter u. Gegenwart*: 23 S.; Hannover. - [Im Druck].
- BIBUS, E. & RÄHLE, W. (1986): Geomorphologische Lage, Deckschichten und Molluskenführung letztinterglazialer Hochflutlehme im Neckartal (Baden-Württemberg). - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **36**: 89-109; Hannover.
- BLUDAU, W. (1996a): Pollenanalytische Untersuchungen interglazialer Sedimente des Profils Unterpfauzenwald (Östliches Rheingletschergebiet). - *Abh. geol. L.-Amt Bad.-Württ.*, **15**; Freiburg i. Br. - [Im Druck].
- BLUDAU, W. (1996b): Pollenanalytische Untersuchungen am Interglazialvorkommen von Füramoos (Blatt 8025 Bad Wurzach/Oberschwaben). - *Abh. geol. L.-Amt Bad.-Württ.*, **15**; Freiburg i. Br. - [Im Druck].
- BLUDAU, W. & GROSCHOPF, R. & SCHREINER, A. (1994): Ein Riß-Interstadial bei Riedmatt am Hochrhein. - *Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, **76**: 295-323; Stuttgart.
- BOENIGK, W. & FRECHEN, M. & WEIDENFELLER, M. (1994): Die mittel- und oberpleistozäne Deckschichtfolge im Naturschutzgebiet "Eiszeitliches Lößprofil" in Koblenz-Metternich. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, **23**: 287-320; Mainz.
- ELLWANGER, D. & BIBUS, E. & BLUDAU, W. & KÖSEL, M. & MERKT, J. (1995): Baden-Württemberg. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: *Das Quartär Deutschlands*: 255-295; Berlin.
- FASSBINDER, J. W. E. & STANJEK, H. & VALI, H. (1990): Occurrence of magnetic bacteria in soil. - *Nature*, **343**: 161-163; London.
- FINK, J. (1954): Die fossilen Böden im österreichischen Löß. - *Quartär*, **6**: 85-108; Bonn.
- FRECHEN, M. (1991): Thermolumineszenz-Datierungen an Lössen des Mittelrheingebietes. - *Geol. Inst., Univ. Köln, Sonderveröff.*, **79**: 1-137; Köln.
- FRECHEN, M. & BOENIGK, W. & WEIDENFELLER, M. (1995): Chronostratigraphie des "Eiszeitlichen Lößprofils" in Koblenz-Metternich. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, **24**: 155-180; Mainz.
- FRENZEL, B. (1964): Zur Pollenanalyse von Lössen. Untersuchungen der Lößprofile von Oberfellabrunn und Stillfried (Niederösterreich). - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **15**: 5-39; Öhringen.
- FRENZEL, B. (1989): Theoretische Grundprobleme der botanischen Biostratigraphie des Eiszeitalters. - In: ROSE, J. & SCHLÜCHTER, C. [eds.]: *Quaternary Type Sections: Imaginations or reality?* 33-39; Rotterdam.
- FRENZEL, B. (1994): Über Probleme der holozänen Vegetationsgeschichte Osttibets. - *Gött. geogr. Abh.*, **95**: 143-166; Göttingen.
- Greenland Ice-core Project Members (GRIP) (1993): Climatic instability during the last interglacial period in the GRIP icecore. - *Nature*, **364**: 203-207; London.
- GRÜGER, E. (1979): Spättriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern. - *Geol. Bavarica*, **80**: 5-64; München.

- HAVINGA, A. J. (1971): An experimental investigation into the decay of pollen and spores in various soil types. - In: BROOKS, J. & GRANT, P. R. & MUIR, M. D. & VAN GIJZEL, P. & SHAW, G. [eds.]: Poropollenin. - 718 S.; London.
- HAVINGA, A. (1974): Problems in the interpretation of pollen diagrams of mineral soils. - Geol. en Minjb., 53: 449-453; Leiden.
- HELLER, F. & LIU, T. S. (1984): Magnetism of Chinese loess deposits. - Geophysical J. Royal Astronomical Society, 77: 125-141; Oxford.
- HORACEK, I. & LOZEK, V. (1988): Palaeozoology and the Mid-European Quaternary past: scope of the approach and selected results. - Rozprawy Ceskosl. Akad. Ved, Rada Matem. Prirodn. Ved, 98 (4): 1-102; Praha.
- KHODARY EISSA, O. (1968): Feinstratigraphische und pedologische Untersuchungen an Lößaufschlüssen im Kaiserstuhl (Südbaden). - Freiburger bodenkundl. Abh., 2: 149 S; Freiburg i. Br.
- KROLOPP, E. (1958): A Budai-hegység csigafaunájának kialakulása. - Allat. Közl., 46: 245-253; Budapest.
- KROLOPP, E. & SÜMEGI, P. (1992): A magyarországi pleistocén kepezőmenyek *Vertigo* fajai és meghatározásuk. - Malakológiai Tájékoztató, 11: 27-36; Gyöngyös. - [Matra Mus.].
- LESSMANN, U. (1983): Pollenanalyse an Böden im nördlichen Oberrheintal unter besonderer Berücksichtigung der Steppenböden. - Diss. Univ. Bonn: 108 S.; Bonn. - [Unveröff.].
- LOZEK, V. (1954): Novi mekkysi ceskoslovenskeho pleistocenu (Neue Mollusken aus dem tschechoslowakischen Pleistozän): *Vertigo pseudosubstriata* sp. n., *Pupilla muscorum densegy-rata* ssp. n. a *Pupilla loessica* sp. n. - Anthropozoikum, 3 (1953): 327-342; Praha.
- LOZEK, V. (1956): *Vertigo pseudosubstriata* Lozek v pleistocenu v Horkách nad Jizerou (Gastropoda, Stylommatophora). - Anthropozoikum, 5 (1955): 303-304; Praha.
- LOZEK, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. - Rozprawy Ustr. ust. geol., 31: 1-374; Praha.
- LOZEK, V. (1976): Klimaabhängige Zyklen der Sedimentation und Bodenbildung während des Quartärs im Lichte malakozoologischer Untersuchungen. - Rozprawy Ceskosl. Akad. Ved, Rada Matem. Prirodn. Ved, 86 (8): 1-97; Praha.
- MAHER, B. A. & THOMPSON, R. (1994): Pedogenesis and paleoclimate: Interpretation of the magnetic susceptibility record of the Chinese loess-paleosol sequences: Comments and Reply. - Geol., 857-860; Boulder/Colorado.

- MANIA, D. (1995): The influence of Quaternary climatic development on the Central European mollusc fauna. - Acta zool. cracov., 38: 17-34; Krakow.
- MÜNZING, K. (1969): Quartäre Molluskenfaunen aus dem Kaiserstuhl. - Jh. geol. L.-Amt Bad.-Württ., 11: 87-115; Freiburg i. Br.
- MÜNZING, K. (1976): Zur Stratigraphie der Breisgauer Löss (Südbaden). - Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz, N. F., 11 (3/4): 257-272; Freiburg i. Br.
- REMY, H. (1960): Der Löß am unteren Mittel- und Niederrhein. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 11: 107-120; Öhringen.
- REMY, H. (1968): Zur Stratigraphie und Klimaentwicklung des jüngeren Pleistozäns in Mittel- und Westeuropa unter besonderer Berücksichtigung des Lösses. - Decheniana, 121 (1/2): 121-145; Bonn.
- RICKEN, W. (1983): Mittel- und jungpleistozäne Lößdecken im südwestlichen Harz-vorland. Stratigraphie, Paläopedologie, fazielle Differenzierung und Konnektierung in Flußterrassen. - Catena, Suppl., 3: 95-138; Braunschweig.
- ROHDENBURG, H. (1964): Ein Beitrag zur Deutung des "gefleckten Horizontes". - Eiszeitalter u. Gegenwart, 15: 66-71; Öhringen.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B. (1966): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. - Mitt. dtsh. bodenkdf. Ges., 5: 137-170; Göttingen.
- SCHILEYKO, A. A. (1984): Fauna SSSR, Molluski III (3) Nazemnye molluski podtryada Pupillina Fauny SSSR (Gastropa, Pulmonata, Geophila). - Akademia Nauk SSSR, Zool. Inst.: 399 S.; Leningrad.
- SEMMELE, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. - Frankfurter geogr. H., 45: 133 S.; Frankfurt a. M.
- WALCH, K. M. & ROWLEY, J. R. & NORTON, N. J. (1970): Displacement of pollen grains by earthworms. - Pollen et Spores, 12: 39-44; Paris.
- WELTEN, M. (1962): Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandsgeschichte. - Veröff. geobot. Inst. Rüdell, 37: 330-345; Bern.
- WELTEN, M. (1981): Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 31: 187-202; Hannover.
- WOILLARD, G. (1979): The last interglacial-glacial cycle at Grand Pile in northeastern France. - Soc. Belg. Geol., 88: 51-69; Brüssel.

ZÖLLER, L. (1995): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. - Habil. Schr. Fak. Geowiss., Univ. Heidelberg: 199 S.; Heidelberg. - [Unveröff.].

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Erhard Bibus, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Geographisches Institut, Hölderlinstr. 12, D-72074 Tübingen.

Dr. Wolfgang Bludau, Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Albertstr. 5, D-79104 Freiburg i. Br.

Claudia Bross, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Geol. Institut, Sigwartstr. 10, D-72074 Tübingen.

Dr. Wolfgang Rähle, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Biolog. Institut, Abt. Spez. Zoologie, Auf der Morgenstelle 28, D-72076 Tübingen.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	53-66	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 1

Kombinierte Lumineszenz-Datierungen am Beispiel des Lößprofils Mainz-Weisenau

M. Frechen & F. Preusser

mit 3 Abb. und 3 Tab.

1 Einführung

In den letzten Jahren sind die oberpleistozänen Deckschichten des Kalksteinbruchs der Fa. Portland-Zementwerke in Mainz-Weisenau (vgl. SEMMEL dieser Band) Ziel mehrerer Thermolumineszenz(TL)-Datierungsstudien gewesen. BUSCHBECK (1993) datierte den Löß oberhalb und unterhalb des Eltviller und Rambacher Tuffs (SEMMEL 1967), um die Eruptionsalter der Tephren einzugrenzen. ZÖLLER (in SEMMEL 1995) bestimmte die TL-Alter der Lössen oberhalb und unterhalb der drei Mosbacher Humuszonen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden in Mainz-Weisenau 15 Sedimentproben entnommen. Es wurden jeweils drei Proben oberhalb und unterhalb des Eltviller Tuffs, je zwei Proben oberhalb und unterhalb des Rambacher Tuffs sowie jeweils eine Probe unterhalb der Oberen, Mittleren und Unteren Mosbacher Humuszonen bearbeitet. Eine weitere Probe stammt aus dem jüngsten Löß (vgl. Abb. 1). Die experimentellen Ergebnisse bezüglich präsaalezeitlicher Sedimente (MW15) würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Seit Mitte der 80er Jahre werden neben Thermolumineszenz- zunehmend Optisch Stimulierte Lumineszenz(OSL)-Methoden zur Bestimmung von Sedimentationsaltern angewendet. In dieser Arbeit werden sowohl die Thermolumineszenz (TL) als auch

		Lage der Proben	Mittlere Alter [ka]			
			IRSL	GSL	TL U-340	TL BG-39
Oberwürm	Rezenter Boden					
	Eltviller Tuff	MW5 MW1 MW3 MW11 MW2 MW4 MW10	19,6 19,5	20,3	20,1	—
	E2-Naßboden					
	Rambacher Tuff	MW6 MW9 MW7 MW8	20,1	19,9	20,6	—
Mittelwürm	Lohner Boden					
	Niedereschbacher Zone					
Unterwürm	Obere Mosbacher Humuszone	MW13	68			69
	Mittlere Mosbacher Humuszone	MW12	75			106
	Untere Mosbacher Humuszone					
		MW14	100			113

Abb. 1 Löß-/Paläoboden-Abfolge in Mainz-Weisenau (nach SEMMEL 1995)

Lage der Proben und Mittlere IRSL-, GSL- und TL-Alter in ka (1ka = 1000 Jahre)

die Infrarot Optisch Stimulierte Lumineszenz (IRSL) und die Grün Optisch Stimulierte Lumineszenz (GSL) zur Bestimmung der Sedimentationsalter angewendet, so daß insgesamt 64 Datierungen für das Lößprofil Mainz-Weisenau vorliegen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Verlässlichkeit und Genauigkeit der Thermolumineszenz- und Optisch Stimulierten Lumineszenz-Datierungsmethoden anhand von isochronen Tephrahorizonten zu überprüfen. Das Eruptionsalter von Eltviller und Rambacher Tuff sowie die Alter der Mosbacher Humuszonen sollen dabei weiter eingegrenzt werden.

2 Lumineszenz-Datierungsmethoden

Das Datierungsprinzip der Lumineszenz-Altersbestimmungsmethoden ist beispielsweise in den Arbeiten von AITKEN (1985, 1992), FRECHEN (1991) und BUSCHBECK (1993) ausführlich dargelegt, so daß hier auf eine Darstellung des wissenschaftlichen Instrumentariums verzichtet wird. Dennoch möchten wir eine der wesentlichen Datierungsvoraussetzungen, die Rückstellung der Lumineszenz-Signale vor der Ablagerung, ein wenig näher beleuchten. Wir sehen darin den Grund für kontroverse Datierungsergebnisse und Datierungsinterpretationen in der Vergangenheit (vgl. ZÖLLER et al. 1988; FRECHEN 1991 und FRECHEN et al. 1995).

Die Grenzen der TL-Datierungsmethode bei unvollständig gebleichten Sedimenten werden von FRECHEN (1991) für das Profil Ariendorf aufgezeigt. Die TL-Alter der letztglazialen Fließerden und Schwemmlöse aus Ariendorf streuen sehr stark und sind stratigraphisch nicht konsistent. Der Grund für diese stark streuenden Werte liegt in der unterschiedlichen und in den meisten Fällen nicht ausreichend langen Sonnenlicht-Exposition.

Für die Thermolumineszenz wird eine Expositionszeit von 12 - 16 Stunden benötigt, um die TL von Quarz- und Feldspatmineralen der Korngröße 4 - 11 μm auf den unbleichbaren Rest zu reduzieren. Für die IRSL und GSL werden dagegen nur wenige Minuten Sonnenlicht benötigt, bis daß das Signal auf Null zurückgestellt ist. Der Vorteil der optischen Lumineszenz-Methoden liegt somit in ihrem wesentlich sensitiveren Verhalten in bezug auf die Bleichung durch Sonnenlicht.

Für die Lumineszenz-Datierungsmethoden sind folgende Szenarien denkbar (Abb. 2):

- Die TL wird bis auf den unbleichbaren Rest I_0 , die IRSL und GSL werden bis auf Null zurückgebleicht. Unter diesen Bedingungen wird bei allen drei Methoden der wahre Sedimentationszeitpunkt bestimmt.
- Die TL wird nur unvollständig gebleicht. IRSL und GSL werden vollständig gebleicht. Daraus resultieren altersüberbestimmte Mischalter für die TL, die stratigraphisch von begrenztem Wert sind. Für die IRSL und GSL sind dagegen die Datierungsvoraussetzungen erfüllt, so daß mit beiden Methoden der wahre Sedimentationszeitpunkt bestimmt wird.
- Weder TL noch IRSL und GSL wurden vollständig zurückgebleicht. Sämtliche Datierungen sind in diesem Falle altersüberbestimmt und chronostratigraphisch von begrenztem Wert.

Die Interpretation dieser drei Szenarien ist in der Praxis kompliziert, da für die TL die Wahl des Filters und damit der für die Auswertung verwendete Spektralbereich der Lichtemission von besonderer Bedeutung ist. Inwieweit TL-Datierungen durch die Wahl eines geeigneteren Spektralbereiches weiter optimiert werden können, bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

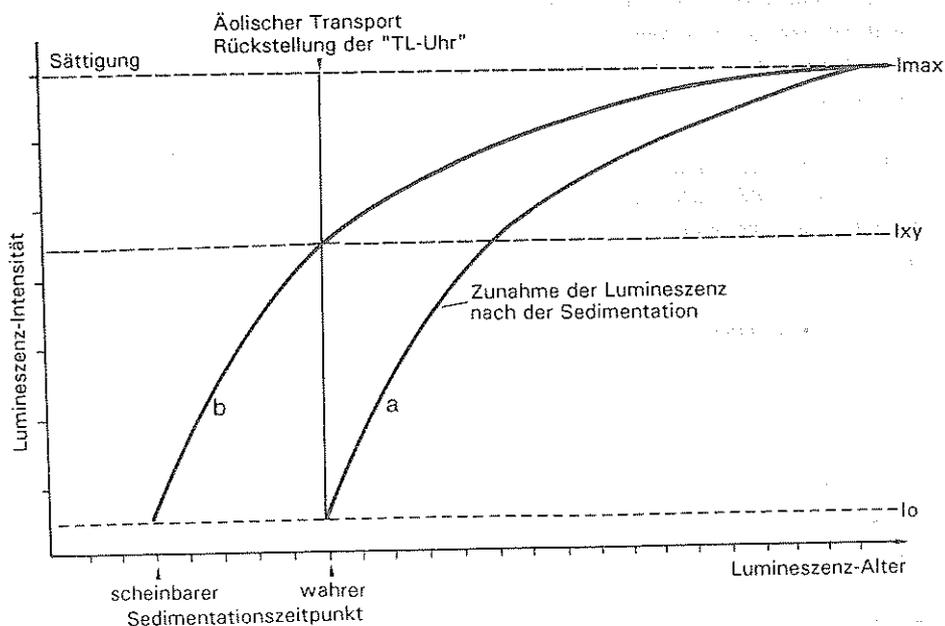


Abb. 2 Datierungsprinzip der Lumineszenz

Vor der Sedimentation wird das Lumineszenz-Signal durch das Sonnenlicht bis auf einen unbleichbaren Rest I_0 (Kurve a) oder bis auf ein Restsignal I_{xy} (Kurve b) gelöscht ("gebleicht"). Nach der Ablagerung nimmt die Intensität des Lumineszenz-Signals aufgrund der natürlichen radioaktiven Strahlung im Sediment wieder kontinuierlich zu.

Aus dem unvollständigen Löschen des Lumineszenz-Signals vor der Sedimentation resultieren besonders im Falle der TL (BG-39) altersüberbestimmte Sedimentationsalter ("scheinbarer Sedimentationszeitpunkt"). Die wahren Sedimentationsalter werden nur bei vollständigem Löschen des Lumineszenz-Signals bestimmt (Kurve a).

Bei Anwendung und Vergleich der drei Datierungsmethoden läßt sich entscheiden, welcher der drei geschilderten Fälle vorliegt und wie verlässlich die Datierungen sind. Die in dieser Arbeit untersuchten oberwürmzeitlichen Proben liegen für alle drei Methoden in einem zeitlich optimalen Datierbereich.

Die Proben wurden nach der Feinkorn-Methode aufbereitet (vgl. FRECHEN 1991). Die Bestrahlung erfolgte mittels einer ^{60}Co -Quelle sowie einer ^{241}Am -Quelle am Institut für Nuklearchemie in Louvain-la-Neuve, Belgien.

Alle Aliquots (5 Aliquots pro Dosispunkt; mindestens acht Dosispunkte) wurden 16 Stunden lang auf 150°C vorgeheizt, um instabile Lumineszenz zu eliminieren.

Im Lumineszenz-Labor des Geologischen Institutes der Universität zu Köln wird zur Messung der OSL und TL eine automatische Risø TL/OSL-DA-12-Anlage verwendet.

Bei der IRSL werden die Proben durch einen "Infrarot shine down" von 25 Sekunden zum Leuchten angeregt. Zwischen Photomultiplier und Aliquots ist eine Filterkombination aus Chance-Pilkington HA-3- und Schott BG-39-Filter zwischengeschaltet.

Die TL (BG-39) wird unmittelbar nach der IRSL mit derselben Filterkombination gemessen. Die Aliquots werden mit $5^\circ\text{C}/\text{sec}$ bis auf 450°C aufgeheizt. Das dabei von den Mineralen emittierte Licht wird in Abhängigkeit von der Temperatur aufgezeichnet.

Bei der GSL werden Quarz- und teilweise auch Feldspatminerale durch Stimulation mit Licht grüner Wellenlänge zum Leuchten angeregt. Zwischen Photomultiplier und Meßkammer ist eine Filterkombination aus Chance-Pilkington HA-3 und Hoya U-340 zwischengeschaltet. Das von den Mineralen emittierte Licht kann diese Filter passieren, während das zur Stimulation verwendete Licht grüner Wellenlänge zum größten Teil die Filterkombination nicht passieren kann. Die Aliquots werden durch einen "Grün shine down" von 25 Sekunden zum Leuchten angeregt. Die Lichtemission wird in Abhängigkeit von der Belichtungszeit gemessen und aufgezeichnet. Die akkumulierte Dosis wird mit der Regenerierungs-Methode bestimmt. Für die Altersberechnung wird sowohl für die IRSL als auch für die GSL jeweils die Integralauswertung (1-25 sec) verwendet.

Die TL (U-340) wird in diesem Fall im Anschluß an die GSL-Messungen ebenfalls mit der Filterkombination Chance-Pilkington HA-3 und Hoya U-340 gemessen. Die Aliquots werden mit $5^\circ\text{C}/\text{sec}$ bis auf 450°C aufgeheizt. Zur Bestimmung der akkumulierten Dosis bei der TL (U-340) wird der Integralbereich zwischen 270° und 330°C verwendet. Die Bestimmung der Alpha-Effektivität für die TL (U-340) und für die GSL steht noch aus, so daß für die Altersberechnung der a-Faktor der TL (BG-39) übernommen wurde (vgl. Tab. 2).

Die Berechnung der Dosisleistung erfolgt über gammaspektrometrische Analysen der

Uran-, Thorium- und Kaliumgehalte im Labor. Die natürliche Feuchte der Sedimente wurde für alle Proben auf $15 \pm 5\%$ korrigiert.

Der Quotient aus akkumulierter Dosis und jährlicher Dosis ergibt das Sedimentationsalter der Proben.

3 Datierungsergebnisse

Die dosimetrischen Resultate sind in Tab. 1, die Ergebnisse bezüglich der akkumulierten Dosis und die Lumineszenz-Alter sind in Tab. 2 und 3 sowie Abb. 3 dargestellt.

Tab. 1 Dosimetrische Ergebnisse

Probe	Dosimetrie			a-Faktoren	
	K [%]	U [ppm]	Th [ppm]	IRSL	TL
MW 1	1,2	3,6	11,7	0,06	0,05
MW 2	1,3	4,4	14,4	0,10	0,13
MW 3	1,4	3,6	12,0	0,09	0,11
MW 4	1,3	3,9	13,0	0,10	0,10
MW 5	1,2	2,9	9,4	0,08	0,09
MW 6	1,3	3,3	10,8	0,09	0,10
MW 7	1,3	3,2	10,4	0,07	0,09
MW 8	1,2	3,1	10,0	0,09	0,11
MW 9	1,3	3,0	10,0	0,08	0,09
MW 10	1,3	3,2	10,6	0,07	0,09
MW 11	1,3	3,3	11,0	0,07	0,09
MW 12	1,1	2,8	10,2	0,09	0,10
MW 13	1,1	2,8	9,8	0,09	0,15
MW 14	1,0	2,4	7,8	0,07	0,08

Kalium-, Uran- und Thorium-Gehalte wurden unter der Voraussetzung eines radioaktiven Gleichgewichts gammaspektrometrisch bestimmt.

Die TL-Datierungen, die mit einem grünem Breitbandfilter Schott BG-39 gemessen wurden, ergaben für die oberwürmzeitlichen Sedimente stark streuende Alter sowohl für die Additive als auch für die Regenerierungs-Methode. Die TL-Datierungen sind

Tab. 2 Akkumulierte Dosis der Proben aus Mainz-Weisenau

MW	IRSL		GSL		TL				Stratigraphische Position	
	BG-39		U-340		U-340		BG-39		Jüngster Löß	
	ADD	REGEN	REGEN	REGEN	ADD	REGEN	ADD	REGEN	Oberhalb	Eitviller Tuff
5	57,9 ± 8,7	59,2 ± 3,9	-	-	130,0 ± 27,2	109,2 ± 14,6	161,1 ± 14,8	138,6 ± 25,8	Oberhalb	Eitviller Tuff
1	74,6 ± 4,8	77,7 ± 8,6	-	-	161,1 ± 14,8	138,6 ± 25,8	101,0 ± 7,6	104,5 ± 28,6	Oberhalb	Eitviller Tuff
3	67,8 ± 8,9	74,6 ± 3,7	84,6 ± 5,5	89,0 ± 6,0	101,0 ± 7,6	104,5 ± 28,6	97,5 ± 11,8	97,3 ± 26,4	Oberhalb	Eitviller Tuff
11	60,7 ± 5,4	63,3 ± 7,3	83,3 ± 3,7	75,0 ± 8,2	97,5 ± 11,8	97,3 ± 26,4	146,0 ± 19,3	167,6 ± 24,1	Oberhalb	Eitviller Tuff
2	72,7 ± 11,8	84,4 ± 3,1	-	-	146,0 ± 19,3	167,6 ± 24,1	115,6 ± 13,0	118,7 ± 16,1	Oberhalb	Eitviller Tuff
4	73,4 ± 5,7	75,9 ± 5,1	91,3 ± 7,7	95,3 ± 7,2	115,6 ± 13,0	118,7 ± 16,1	108,3 ± 18,8	116,8 ± 32,8	Oberhalb	Eitviller Tuff
10	61,5 ± 4,2	66,6 ± 6,3	86,9 ± 4,3	87,3 ± 3,4	108,3 ± 18,8	116,8 ± 32,8	151,0 ± 22,1	151,8 ± 22,0	Oberhalb	Eitviller Tuff
6	62,9 ± 7,6	71,8 ± 6,3	85,9 ± 5,4	94,2 ± 5,0	151,0 ± 22,1	151,8 ± 22,0	67,8 ± 8,4	86,8 ± 13,0	Oberhalb	Eitviller Tuff
9	59,6 ± 1,1	61,0 ± 4,3	74,8 ± 16,3	64,9 ± 5,7	67,8 ± 8,4	86,8 ± 13,0	139,3 ± 27,5	166,7 ± 34,5	Oberhalb	Eitviller Tuff
7	60,4 ± 18,2	72,9 ± 4,3	82,0 ± 4,9	83,3 ± 3,9	139,3 ± 27,5	166,7 ± 34,5	132,2 ± 20,7	112,6 ± 6,0	Oberhalb	Eitviller Tuff
8	66,0 ± 3,1	69,8 ± 3,5	68,8 ± 7,5	81,3 ± 4,6	132,2 ± 20,7	112,6 ± 6,0	287,9 ± 34,4	225,9 ± 47,4	Oberhalb	Eitviller Tuff
13	222,3 ± 34,3	197,3 ± 31,5	-	-	287,9 ± 34,4	225,9 ± 47,4	352,8 ± 12,2	336,7 ± 25,5	Oberhalb	Eitviller Tuff
12	219,1 ± 17,0	250,8 ± 11,8	-	-	352,8 ± 12,2	336,7 ± 25,5	303,5 ± 19,3	255,7 ± 38,5	Oberhalb	Eitviller Tuff
14	247,0 ± 31,7	230,9 ± 12,4	-	-	303,5 ± 19,3	255,7 ± 38,5	-	-	Oberhalb	Eitviller Tuff

Es bedeuten: ADD = Additive Methode, REGEN = Regenerierungs-Methode. Zur Bestimmung der akkumulierten Dosis wurde bei der TL-Methode das Integral zwischen 300° und 400°C (BG-39) bzw. zwischen 270° und 330°C (U-340) ausgewertet. Für die IRSL und GSL wurde jeweils das Integral der Ausleuchtcurve zwischen 1 und 25 Sekunden verwendet.

Tab. 3 Lumineszenz-Datierungsergebnisse für das Lößprofil Mainz-Weisenau in ka (1 ka = 1000 Jahre)

MW	IRSL		GSL		TL				Stratigraphische Position	
	BG-39		U-340	REGEN	BG-39		REGEN	ADD	REGEN	Position
	ADD	REGEN	REGEN		ADD	REGEN				
5	19,4 ± 3,2	19,8 ± 2,3	-	-	42,0 ± 10,8	35,3 ± 7,1	42,0 ± 10,8	35,3 ± 7,1	35,3 ± 7,1	Jüngster Löß
1	23,0 ± 4,1	23,9 ± 3,1	-	-	49,6 ± 5,6	42,7 ± 8,4	49,6 ± 5,6	42,7 ± 8,4	42,7 ± 8,4	Oberhalb Eitviller Tuff
3	17,8 ± 2,6	19,5 ± 1,7	18,9 ± 1,9	19,2 ± 2,0	24,9 ± 3,1	25,4 ± 7,4	24,9 ± 3,1	25,4 ± 7,4	25,4 ± 7,4	Eitviller Tuff
11	18,5 ± 2,0	19,4 ± 2,5	20,6 ± 1,9	18,5 ± 2,5	27,7 ± 3,9	27,7 ± 7,8	27,7 ± 3,9	27,7 ± 7,8	27,7 ± 7,8	Unterhalb Eitviller Tuff
2	16,3 ± 3,0	18,9 ± 1,5	-	-	29,4 ± 4,7	33,8 ± 5,8	29,4 ± 4,7	33,8 ± 5,8	33,8 ± 5,8	Oberhalb Rambacher Tuff
4	17,9 ± 1,9	18,5 ± 1,8	19,7 ± 3,4	20,5 ± 3,5	28,2 ± 4,7	29,0 ± 5,3	28,2 ± 4,7	29,0 ± 5,3	29,0 ± 5,3	Rambacher Tuff
10	19,4 ± 1,9	21,0 ± 2,5	22,0 ± 2,6	22,1 ± 2,0	31,8 ± 6,7	34,2 ± 10,5	31,8 ± 6,7	34,2 ± 10,5	34,2 ± 10,5	Oberhalb Rambacher Tuff
6	17,9 ± 2,5	20,8 ± 3,3	20,9 ± 2,0	23,0 ± 2,1	41,6 ± 7,9	41,9 ± 7,8	41,6 ± 7,9	41,9 ± 7,8	41,9 ± 7,8	Rambacher Tuff
9	18,8 ± 1,6	19,3 ± 1,9	20,0 ± 4,6	17,4 ± 2,1	20,7 ± 3,6	26,5 ± 5,1	20,7 ± 3,6	26,5 ± 5,1	26,5 ± 5,1	Unterhalb Rambacher Tuff
7	19,2 ± 5,9	23,1 ± 2,1	21,2 ± 2,0	21,5 ± 1,8	41,1 ± 9,0	49,1 ± 11,1	41,1 ± 9,0	49,1 ± 11,1	49,1 ± 11,1	Oberhalb Eitviller Tuff
8	20,1 ± 1,6	21,3 ± 1,7	17,4 ± 2,3	20,6 ± 2,0	37,6 ± 7,4	32,1 ± 4,1	37,6 ± 7,4	32,1 ± 4,1	32,1 ± 4,1	Rambacher Tuff
13	72,4 ± 12,3	64,3 ± 11,2	-	-	77,6 ± 18,9	60,9 ± 18,2	77,6 ± 18,9	60,9 ± 18,2	60,9 ± 18,2	Ober Humuszona
12	69,7 ± 7,3	79,7 ± 6,8	-	-	108,4 ± 10,6	103,4 ± 12,3	108,4 ± 10,6	103,4 ± 12,3	103,4 ± 12,3	Mittlere Humuszona
14	103,1 ± 5,1	96,4 ± 8,6	-	-	122,3 ± 11,6	103,0 ± 17,1	122,3 ± 11,6	103,0 ± 17,1	103,0 ± 17,1	Untere Humuszona

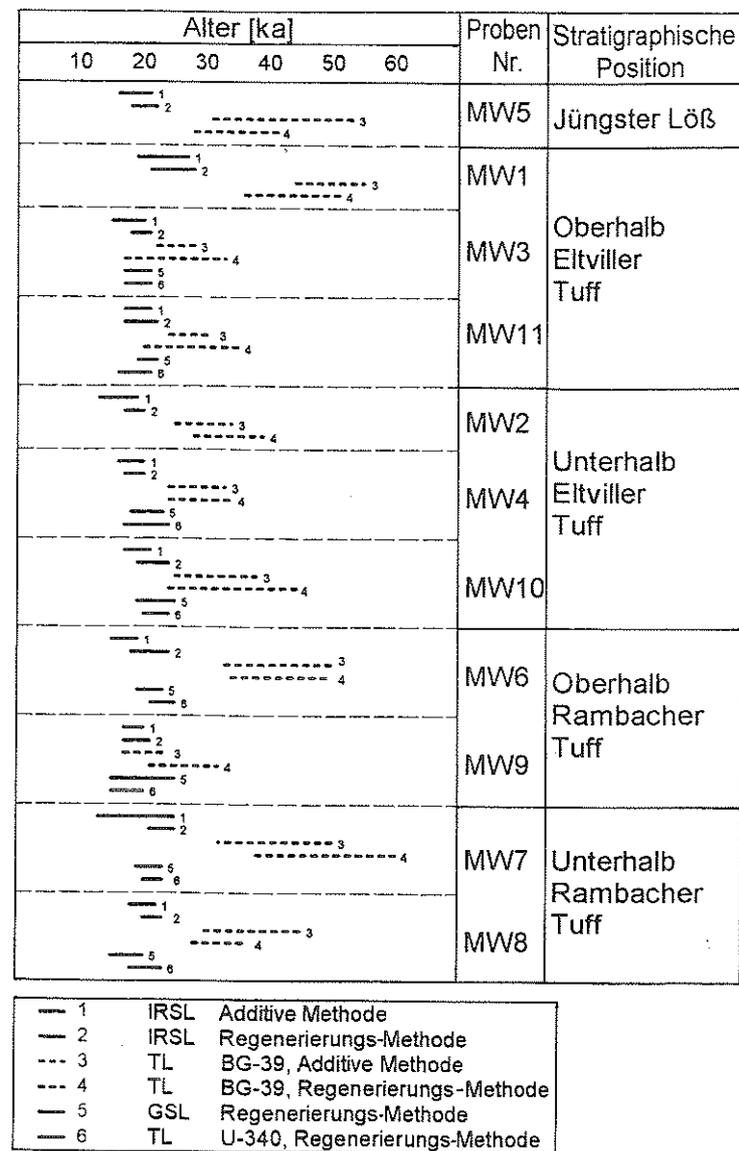


Abb. 3 Darstellung der gesamten Lumineszenz-Datierungsergebnisse bezüglich Eitviller und Rambacher Tuff

Die Ergebnisse zeigen, daß die IRSL, GSL und TL (U-340) in guter Übereinstimmung sind und die Alter zum Liegenden hin nicht zunehmen. Die TL (BG-39)-Alter sind dagegen stratigraphisch nicht konsistent und streuen stark.

stratigraphisch nicht konsistent. Der Streubereich der additiven TL-Alter liegt zwischen $27,7 \pm 3,9$ und $49,6 \pm 5,6$ ka, der der Regenerierungs-Alter zwischen $25,4 \pm 7,4$ und $49,1 \pm 11,1$ ka (Tab. 3).

Die TL-Datierungen, die mit einem ultravioletten Hoya U-340-Filter gemessen wurden, stimmen mit den IRSL- und GSL-Altern innerhalb der 1-Sigma Fehlerabweichung sehr gut überein. Die TL-Alter liegen zwischen $17,4 \pm 2,3$ und $23,0 \pm 2,1$ ka. Eine kontinuierliche Alterszunahme zum Liegenden hin ist nicht feststellbar.

Die IRSL-Alter, die mit der Additiven Methode bestimmt wurden, liegen zwischen $16,3 \pm 3,0$ und $23,0 \pm 4,1$ ka, die der Regenerierungs-Methode zwischen $18,5 \pm 1,8$ und $23,9 \pm 2,3$ ka. Eine kontinuierliche Alterszunahme zum Liegenden ist für die IRSL-Daten ebenfalls nicht feststellbar.

Kalkuliert man die mittleren Alter, so lassen sich für den Löß oberhalb und unterhalb des Eltviller Tuffs Altersmittelwerte von $19,5$ bis $20,3$ ka berechnen. Für den Löß oberhalb und unterhalb des Rambacher Tuffs werden Altersmittelwerte zwischen $19,9$ und $20,6$ ka berechnet. Eine weitere chronologische Aufspaltung der Ergebnisse ist nicht sinnvoll, weil die Altersunterschiede innerhalb der Standardabweichung liegen. Eine chronologische Differenzierung zwischen den beiden Tephrahorizonten ist aus diesem Grund mit Hilfe der Lumineszenz-Methoden nicht möglich.

Für die unterweichselzeitlichen Löss aus Mainz-Weisenau werden in Abb. 1 die Altersmittelwerte der Regenerierungs-Methode und der Additiven Methode verwendet.

Für den Löß unterhalb der obersten Humuszone wurden Sedimentationsalter von $72,4 \pm 12,3$ (IRSL/ADD) und $77,6 \pm 18,9$ ka (TL/ADD) bestimmt. Die kalkulierten Alter stimmen innerhalb der Fehlerabweichung für TL und IRSL überein. Für den Löß unterhalb der mittleren Humuszone wird für die IRSL (ADD) keine Alterszunahme festgestellt. Das additive TL-Alter beträgt $108,4 \text{ ka} \pm 10,6$ ka. Für den Löß unterhalb der Unteren Humuszone wurden ein additives IRSL-Alter von $103,1 \pm 5,1$ und ein additives TL-Alter von $122,3 \pm 11,6$ ka bestimmt.

4 Diskussion

Die Ergebnisse müssen in einem etwas größeren Rahmen diskutiert werden, da die Resultate bezüglich der beiden oberweichselzeitlichen Leithorizonte von überregionaler Bedeutung sind. Deshalb wird die Forschungsgeschichte an dieser Stelle etwas ausführlicher beschrieben.

Der Eltviller Tuff wurde in mehreren Datierungsstudien untersucht. WINTLE & BRUNNACKER (1982) datierten jeweils Löß unterhalb und oberhalb von Rambacher und Eltviller Tuff im Profil Wallertheim. Der Altersmittelwert für den Eltviller Tuff liegt bei $19,1$, der für den Rambacher Tuff bei $19,4$ ka. WINTLE & BRUNNACKER kamen zu dem Schluß, daß die $1,5$ m mächtige Lößabfolge in Wallertheim in sehr kurzer Zeit akkumuliert worden ist. In einer weiteren Arbeit untersuchten JUVIGNE & WINTLE (1988) oberweichselzeitliche Lößabfolgen in Ostbelgien. Für das Eruptionsalter des Eltviller Tuffs wird in dieser Arbeit ein Altersmittelwert von $16,2$ ka angegeben.

ZÖLLER et al. (1988) datierten den Eltviller Tuff in Nußloch auf etwa $22,1$ ka. ZÖLLER (1989) bestimmte für den Löß oberhalb des Eltviller Tuffhorizontes aus Wiesbaden-Gräselberg ein TL-Alter von $20,6 \pm 1,7$.

BUSCHBECK et al. (1992) untersuchten die beiden Tephrahorizonte in den Profilen Wiesbaden-Gräselberg und Wallertheim. In Wiesbaden-Gräselberg wurde für das Eruptionsalter des Eltviller Tuffs ein TL-Alter von $21,4 \pm 2,5$ bis $24,0 \pm 3,0$ ka bestimmt, entsprechend einem Altersmittelwert von $22,7$ ka. In Wallertheim wurden TL-Alter zwischen $27,5 \pm 3,0$ und $31,5 \pm 3,6$ ka (Altersmittelwert von $30,8$ ka) für den Eltviller Tuff sowie TL-Alter zwischen $29,3 \pm 3,3$ und $33,0 \pm 3,6$ ka (Altersmittelwert von $31,2$ ka) für den Rambacher Tuff bestimmt.

Von BUSCHBECK (1993) wurden Parallelproben zu den in dieser Arbeit vorgestellten Daten bearbeitet. Die TL-Alter (REGEN) an Quarz-Grobkornmaterial ergaben aufgrund der sehr wenigen Dosispunkte und Messungen stark streuende Werte. Die TL-Alter liegen zwischen $9,9 \pm 5,7$ und $20,8 \pm 7,2$ ka und werden von BUSCHBECK (1993) selbst als "sehr unsicher" eingestuft.

Der Rambacher Tuff liegt in Mainz-Weisenau etwa 20 cm oberhalb des Lohner Bodens (SEMMELEL dieser Band), für den TL-Alter von 28 - 30 ka bestimmt wurden (ZÖLLER et al. 1988; FRECHEN 1991). Zwischen Lohner Boden und Rambacher Tuff ist entweder eine Erosionsdiskordanz vorhanden, oder die Lößakkumulationsrate war während dieses Zeitraumes sehr gering. Diese Aussage relativiert sich, da der Lohner Boden während der Probennahme nicht eindeutig zu identifizieren war (vgl. SEMMELEL 1995).

Die Altersmittelwerte für den Eltviller Tuff betragen $19,5$ bis $20,6$ ka. Sie stimmen innerhalb der Standardabweichung mit den ersten Datierungen des Eltviller Tuffs durch WINTLE & BRUNNACKER (1982) überein. Ein jüngeres Eruptionsalter, wie von JUVIGNE & WINTLE (1988) publiziert, kann nicht bestätigt werden.

Die Altersmittelwerte des Rambacher Tuffs liegen zwischen 19,9 und 20,6 ka und somit innerhalb des Altersbereichs des Eltviller Tuffs. Die Eruptionsalter sind chronologisch mit den Lumineszenz-Methoden im Profil Mainz-Weisenau nicht zu unterscheiden.

Aus den Datierungen geht hervor, daß die Lößakkumulationsrate vor etwa 20 ka sehr hoch war. Die beiden Tephren wurden vermutlich innerhalb von 4 ka gefördert. Dies liegt innerhalb des Zeitbereiches, der durch die Standardabweichung von etwa 10% vorgegeben wird. Ähnlich große Akkumulationsraten fanden FRECHEN et al. (1995) für das Oberweichsel des "Eiszeitlichen Lößprofils" in Koblenz-Metternich im unteren Moseltal.

Die kombinierten Lumineszenz-Datierungen der Humuszonen führten zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Für die Datierungen muß bereits mit systematischen Altersunterbestimmungen von bis zu 30% gerechnet werden.

Die Altersmittelwerte für den Löß unterhalb der Oberen Mosbacher Humuszone liegen bei mehr als 69 ka für die TL und bei 68 ka für die IRSL.

Für die Probe unterhalb der Mittleren Mosbacher Humuszone wurden TL-Altersmittelwerte von 106 ka und für die IRSL von 75 ka bestimmt. Die unterste Probe von unterhalb der Unteren Mosbacher Humuszone ergab TL-Altersmittelwerte von 113 ka und von 100 ka für die IRSL. Für den Löß unterhalb der Unteren Mosbacher Humuszone wird ein vorletzeglaziales Sedimentationsalter erwartet (SEMMELE 1995). Dies widerspricht nicht den Lumineszenz-Datierungen, da für das jüngste Riß mit Altersunterbestimmungen von 20 - 30% gerechnet werden muß (vgl. FRECHEN 1991).

Die kombinierten Lumineszenz-Untersuchungen dieser Arbeit stimmen mit den TL-Datierungen von ZÖLLER (in SEMMELE 1995) innerhalb der Fehlerabweichungen überein.

Eine Datierung von Fließerden und Schwemmlössen erweist sich mittels TL (BG-39) als außerordentlich schwierig und wenig verlässlich. Die TL-Alter sind oft als Mischalter zu interpretieren, d. h. die TL-Uhr wird vor der Sedimentation nicht auf Null zurückgestellt. Im Gegensatz dazu ergeben die OSL und TL (U-340) wesentlich verlässlichere und reproduzierbare Daten.

5 Zusammenfassung

1. Für die oberweichselzeitliche Abfolge wurde eine sehr hohe Lößakkumulationsrate festgestellt.
2. Für die Lössse jeweils oberhalb und unterhalb von Eltviller und Rambacher Tuff wurden Sedimentationsalter von etwa 20 ka bestimmt.
3. Schwemmlössse und Fließerden erfüllen in vielen Fällen aufgrund der unvollständigen Bleichung vor der Sedimentation nicht die Datierungsvoraussetzungen für die TL (BG-39).
4. Die insgesamt 64 Lumineszenz-Datierungen der Löß-/Paläoboden-Abfolge in Mainz-Weisenau zeigen, wie problematisch Einzeldatierungen mit TL für Schwemmlössse und Fließerden sind.

Dank

Wir möchten uns bei Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel für die Hilfe bei der Probenahme und für die sachkundige Betreuung bei einer zweiten Führung durch das Lößprofil bedanken.

Literatur

- AITKEN, M. J. (1985): Thermoluminescence Dating. - Academic Press: 1-359; London.
- AITKEN, M. J. (1992): Optical dating. - Quaternary Science Reviews, 11: 127-131; Oxford.
- BUSCHBECK, H. M. (1993): Thermolumineszenz und ihre Anwendung zu Altersbestimmungen in Geologie und Archäologie. - Diss. Univ. Frankfurt, Fachb. Chemie: 1-155; Frankfurt a. M. - [Selbstverlag].
- BUSCHBECK, H. M. & CHUN, H. - U. & DÖNIG, R. & GESSLER, R. (1992): Thermoluminescence dating of loess horizons in Wiesbaden-Gräselberg and Wallertheim by the quartz-inclusion-method. - Quaternary Science Reviews, 11: 19-23; Oxford.

- FRECHEN, M. (1991): Thermolumineszenz-Datierungen an Lössen des Mittelrheingebiets. - Geol. Inst. Univ. Köln, Sonderveröff., **79**: 1-137; Köln.
- FRECHEN, M. & BOENIGK, W. & WEIDENFELLER, M. (1995): Chronostratigraphie des "Eiszeitlichen Lößprofils" von Koblenz-Metternich. - Mainzer Geowiss. Mitt., **24**: 155-180; Mainz.
- JUVIGNE, E. T. & WINTLE, A. G. (1988): A new stratigraphy of the Late Weichselian loess units in Middle Europe based on thermoluminescence dating. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **38**: 94-105; Stuttgart.
- PREUSSER, F. (1995): Lumineszenzdatierungen der Lößprofile Ockenfels und Mainz-Weisenau. - Univ. Köln, Geol. Inst.: 1-81; Köln. - [Unveröff. Diplomarb.].
- SEMMELE, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 104-108; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1995): Quarry of the Portlandzementwerke Heidelberg at Mainz-Weisenau. - In: SCHIRMER, W. [Hrsg.]: Quaternary Field Trips in Central Europe - Guide to the INQUA Excursions, Vol. 1, Regional Field Trips: 452-454; Berlin.
- WINTLE, A. G. & BRUNNACKER, K. (1982): Ages of volcanic tuff in Rheinhessen obtained by thermoluminescence dating of loess. - Naturwissenschaften, **69**: 181-183; Berlin, Heidelberg.
- ZÖLLER, L. & STREMMER, H. E. & WAGNER, G. A. (1988): Thermolumineszenz-Datierungen an Löss-Paläobodenabfolgen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein. - Chem. Geology (Isot. Geosc. Sect.), **73**: 39-62; Amsterdam.

Anschrift der Autoren:

Dr. Manfred Frechen, Geologisches Institut, Universität zu Köln, Zülpicher Str. 49A, D-50674 Köln.

Frank Preusser, Geologisches Institut, Universität zu Köln, Zülpicher Str. 49A, D-50674 Köln.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	67-70	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 1

Dünnschliffuntersuchungen an den Mosbacher Humuszonen im Steinbruch Mainz-Weisenau

Th. Poetsch

Im Löß unter der Unteren Mosbacher Humuszone dominiert der Grobschluff mit lockerem kohärentem Kornverband. Nur ganz wenige Sandkörner sind beigemischt. Die Grundmasse enthält Quarz und silikatische Partikel und wird von zahlreichen, überwiegend feinschluffgroßen Calcitkristallen (Calcitmikrolithe) durchsetzt. Das Hohlraumgefüge ist durch viele rundliche bis längliche Hohlräume ("Nadelstichporen") gekennzeichnet. Die Wände mancher dieser Hohlräume werden von Calcitmikrolithen umsäumt. Als weitere Carbonatformen kommen vor: Carbonat-Sphärolithe in röhrenförmigen Hohlräumen, nadelförmige Calcitkristalle (Lublinit) und mm-große facettenartig zusammengesetzte Kristallaggregate (Regenwurm-Calcit).

Der Fleckenhorizont im basalen Teil der Unteren Mosbacher Humuszone besteht aus helleren und dunkleren Bereichen. Im helleren Substrat ist die Grundmasse überwiegend frei von Carbonaten. Vor allem fehlen die Mikrolithe von Feinschluffgröße und kleiner. Nadelstichporen i. S. von ALTEMÜLLER (1991) sind in der Regel carbonatfrei. Nur untergeordnet kommen feinkörnige Carbonatmassen als randliche Imprägnierungen vor, zum Teil auch als unvollständige Füllung dieser Hohlräume. Ein kleiner Teil der Nadelstichporen enthält auffallend grobkörnige Kristallaggregate (bis Feinsandgröße). Bei allen erwähnten Carbonatformen sind häufig Korrosionsränder festzustellen. Die Feinmasse (dominant Ton) zwischen den Körnern (dominant Grobschluff) ist im Durchlicht hellbraun gefärbt, und es überwiegt eine lockere Lagerung des Bodenmaterials mit relativ vielen Grobporen.

Die dunklen Bereiche sind hinsichtlich der Carbonatverteilung den hellen ähnlich.

Auch hier überwiegen die carbonatfreien Nadelstichporen. Wenn in diesen Carbonate vorkommen, überwiegen die grobkörnigen, ebenfalls mit Korrosionsformen. Die Feinmasse (dominant Ton) zwischen den Körnern (dominant Grobschluff) ist im Durchlicht dunkelbraun gefärbt, und es überwiegt eine relativ dichte Lagerung mit relativ wenigen groben Grobporen.

Deutung: Der gesamte Probenbereich unterlag einer Entkalkung. Diese erfaßte die feinkörnigen Carbonate vollständig, die gröberen, die häufig zu größeren Komplexen zusammengeschlossen waren, sind noch nicht vollständig aufgelöst worden. Teilweise sind sie auch noch in der Grundmasse verstreut. Sie wurden wahrscheinlich vorher aus zusammenhängenden Komplexen herausgelöst und in die Matrix eingearbeitet. Die Nadelstichporen stellen mit großer Wahrscheinlichkeit ehemalige Wurzelgänge dar (TIPPKÖTTER 1983). Die Carbonate, die ihnen randlich angelagert sind oder sie füllen, gehen wahrscheinlich auf ehemalige Wurzelaktivität zurück (mündliche Mitteilung von H. - J. ALTEMÜLLER). Die Carbonate sind also Produkte einer Umfällung von carbonatischer Substanz (Sekundärcarbonat).

Nach ROHDENBURG & MEYER (1979) sind die mehr grobkörnigen Sekundärcarbonate Anzeiger für ein mehr feuchteres Milieu, die feineren für ein mehr trockeneres. Demnach würde sich in dem untersuchten Fleckenhorizont auch ein gewisser Wechsel im Feuchteregime widerspiegeln.

Die Verschiedenheiten in der Farbe und der Lagerungsdichte zwischen den hellen und dunkleren Partien sind am ehesten als Folge einer mechanischen Durchmischung zu erklären.

Im zentralen Teil der Unteren Humuszone ist die Grundmasse überwiegend entkalkt. Calcitmikrolithe findet man nur in kleinen Mengen, dagegen häufiger größere Calcitaggregate, auch mikroskopische carbonatische Konkretionen. Nadelstichporen mit und ohne Carbonat sind etwa gleich stark vertreten. Wie im Fleckenhorizont gibt es Nadelstichporen mit Fein- oder mit Grobcarbonaten. Auch hier dürfte ein Wechsel im Feuchteregime stattgefunden haben.

Im oberen Teil der Unteren Humuszone ist sehr viel Carbonat enthalten, sowohl in der Grundmasse als auch in den Nadelstichporen. Das kann auf Kalkeinwaschung von oben, mechanische Vermischung des oberen Bereiches der Unteren Humuszone mit etwas kalkreicherem Material oder auf beide Prozesse zurückgeführt werden. Für die Annahme einer Vermischung spricht, daß sehr viel Grobcarbonat mit charakteristischem Aufbau (ehemalige Füllung von Nadelstichporen) gleichmäßig in der Grundmasse verteilt ist.

Im hangenden Löß sind alle typischen Carbonatformen vorhanden. Außerdem kommen Bruchstücke von Organismenschalen vor. Zum Hangenden hin nimmt die Heterogenität der Lagerung zu (Unterschiede hinsichtlich des Feinsubstanzgehaltes in Schichtenform, Sandbeimengungen, Calcit-rhomboeder aus Kalkgesteinen, Calcit-Sphärolithe aus ehemaligen Wurzelbahnen sind in die Grundmasse eingearbeitet). Verschiedenartige Wurzelbahnen sprechen für eine gewisse pedogene Überprägung dieses Lösses.

Der untere Bereich der Mittleren Mosbacher Humuszone ist etwas stärker homogenisiert, Carbonatsphärolithe aus den röhrenförmigen Hohlräumen sind in die Grundmasse eingearbeitet und teilweise korrodiert, einige Bereiche wurden völlig entkalkt, andere sind deutlich an Carbonat verarmt. Neubildung von braunem Ton läßt sich beobachten. Die Nadelstichporen sind überwiegend frei von Carbonatsäuren.

Im zentralen Teil der Mittleren Mosbacher Humuszone sind hellere, locker gelagerte, von dunkleren, dichteren und tonreicheren Partien zu unterscheiden. In den röhrenförmigen Hohlformen fehlen Carbonatsphärolithe. Auffallend ist die starke biogene Aktivität (Regenwurm-tätigkeit). Stellenweise gibt es noch kalkhaltige Partien, jedoch auch reichlich Ton und Humus.

Im oberen Teil der Mittleren Humuszone weisen die röhrenförmigen Hohlräume sphärolithische Calcite auf; diese sind auch oft schon in die Grundmasse eingearbeitet. Es gibt deutliche Sandbeimengungen und relativ viel humosen Ton, jedoch liegt nur stellenweise Entkalkung vor. Calcitmikrolithe und Lublinit kommen nur in kleinen Mengen vor.

Der Löß über der Mittleren Mosbacher Humuszone ist humos und enthält viele röhrenförmige, nachträglich durch Regenwurm-tätigkeit wieder verfüllte Hohlräume. Es gibt wenig humosen Ton. Die Grundmasse ist sehr heterogen, enthält Sand und Nadelstichporen. In der Grundmasse verteilte Regenwurmcacite und Carbonatsphärolithe geben Hinweise auf Bioturbationen. Ansonsten gibt es sehr viele Calcitmikrolithe und einige sandgroße Calcite. Lublinit fehlt.

In der Oberen Mosbacher Humuszone findet man die stärkste Anhäufung von Regenwurmcaciten und Calcitmikrolithen. Carbonatsphärolithe sind nicht in Röhren akkumuliert, sondern in die Grundmasse eingearbeitet. Nach oben ändert sich dieses Bild.

Im hangenden Löß findet man Merkmale von Umlagerung, wie feine Schichtung, Sand und Feinskelett (Kalksteinstückchen). In manchen röhrenförmigen Hohlräumen

kommen sphärolithische Calcite vor, die jedoch etwas angelöst sind. Die Regenwurmcalcite nehmen gegenüber dem Liegenden abrupt ab.

Literatur

- ALTEMÜLLER, H. - J. (1991): Der morphologische Bau des Bodens in Abhängigkeit vom Bodentyp und der Bodennutzung. - Ber. üb. Landwirtsch., N. F., 204, Sonderheft Bodennutzung u. Bodenfruchtbarkeit, 2, Bodengefüge: 12-32; Hamburg.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B. (1979): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. - Landschaftsgenese u. Landschaftsökologie, 3: 1-89; Braunschweig.
- TIPPKÖTTER, R. (1983): Morphology, spatial arrangement and origin of macropores in some Hapludalfs, West Germany. - Geoderma, 29: 355-371; Amsterdam.

Anschrift des Autors:

Dr. Th. Poetsch, Geographisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstr. 55, D-20146 Hamburg.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	71-73	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 2

Bodenentwicklung auf einem hallstattzeitlichen Hügelgrab östlich Nauheim bei Groß-Gerau

A. Semmel & Th. Poetsch

mit 1 Tab.

1 Das Bodenprofil

Mit diesem Profil beginnt der zweite Teil der Exkursion A, der sich mit verschiedenen alten holozänen Bodenbildungen befaßt. Diese Bodenbildungen gehören zwar nicht mehr zu den Paläoböden, jedoch kann eine sinnvolle Erforschung der holozänen Bodenentwicklung nur unter Berücksichtigung paläopedologischer Aspekte und Methoden betrieben werden. Daß die Forschung auf diesem Gebiet einer Intensivierung bedarf, scheint außer Frage, wenn man die widersprüchlichen Angaben in der Literatur verfolgt (vgl. dazu SEMMEL 1995, in: Geol. Jb. Hessen, 123). Eine Verbesserung des Forschungsstandes ist um so dringlicher, als Bodenentwicklungsraten auch bei der Diskussion über "tolerierbare Bodenerosion" ins Spiel gebracht werden (z. B. SCHWERTMANN 1989:469, in: SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde).

Die Hügelgräber bei Nauheim sind insofern eine Besonderheit, als sie aus kalkhaltigem Hochflutmaterial aufgeschüttet wurden und nicht, was sonst die Regel ist, aus vorverwittertem kalkfreiem Substrat. Das Sediment ist außerdem humos und lieferte 14C-Daten (unkalibriert) von 3025 +/- 150 (Hv 18 698) und 2 875 +/- 180 (Hv 18 699) a B. P.

Die Hochflutlehme enthalten unterschiedliche Mengen umgelagerten Lösses. Das vor-

liegende Profil repräsentiert eine stark sandige Variante. Es wurde deshalb ausgewählt, um deutlich zu machen, daß in seinem Al-Horizont keine Erhöhung des Schluffgehaltes festzustellen ist. Auf pleistozänen sandigen Sedimenten steigt in der Regel im Al-Horizont, der in seinen Abgrenzungen dem jungtundrenzeitlichen Deckschutt (Hauptlage) entspricht, der Schluffgehalt an.

Das Profil liegt in der Forstabteilung 12 in ca. 90 m NN unmittelbar östlich der Autobahn bei R 3426 640, H 5535 550 (TK 25, Bl. 6016 Groß-Gerau).

Jährliches Temperaturmittel: ca. 9°C; Niederschlagsmittel: 600 mm

Vegetation: Buchenwald mit spärlicher Hainsimsen-Krautschicht

L	1 cm	Buchenlaub
Of	1 cm	Laub in Zersetzung
Ah	0 - 6 cm	dunkelbrauner humoser schwach lehmiger Sand, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt
Al	6 - 30 cm	hellbrauner (10YR4/4) schwach schluffiger Sand, Einzelkorngefüge, stark durchwurzelt
Bt	30 - 60 cm	brauner (10YR4/5) stark sandiger Ton, polyedrisch, einige Tonbeläge, stark durchwurzelt
Btv	60 - 80 cm	graubrauner (10YR5/6) stark lehmiger Sand, schwach polyedrisch, stark durchwurzelt
Cc	80 - 105 cm	grauer schwach humoser schwach kalkhaltiger schwach toniger Sand
y	105 - 120 cm	grauer schwach humoser schwach toniger Sand
Gco	120 - 140 cm +	rostfleckiger Kalkstein ("Rheinweiß")

Tab. 1 Labordaten Parabraunerde Hügelgrab

Horizont	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	FeD	FeO	pH (KCl)
Ah	6,6	2,7	3,6	4,0	23,9	56,2	3,0	0,15	0,06	3,3
Al	4,7	3,2	2,5	5,2	22,9	58,6	2,9	0,14	0,05	3,8
Bt	25,0	1,1	2,4	4,1	21,0	45,1	1,4	0,17	0,03	4,2
Btv	16,2	1,5	2,0	3,2	20,1	54,3	2,7	0,14	0,02	4,9
Cc	9,1	1,8	2,3	3,9	24,3	54,6	4,0	0,13	0,01	7,9
Y	6,9	2,2	2,0	2,8	20,5	56,1	4,7	0,10	0,01	7,1

Außer pH-Wert Angaben in Gewichts-%

CaCO₃-Gehalt im Cc-Horizont: 10,2 %; in y: 3,8 % (Bestimmung nach SCHEIBLER)

Das Profil belegt, daß in ca. 3 000 Jahren aus kalkhaltigen Sedimenten eine gut ausgeprägte Parabraunerde entstehen kann.

Allen, recht zahlreichen amtlichen Dienststellen, die um Erlaubnis für eine winzige Grabung auf diesen noch nicht vorgeschichtlich untersuchten Hügelgräbern gefragt werden mußten, sei gedankt.

A. Semmel

2 Dünnenschliffuntersuchungen

Im Ah-Horizont findet man überwiegend blankgewaschene Sandkörner, in den Intergranularräumen organische Mikroaggregate. Gleiches gilt für einen anschließenden Übergangshorizont zum Al-Horizont. Im Al-Horizont selbst gibt es außerdem noch in den Intergranularräumen zwischen den Sandkörnern und auf Kornoberflächen Bereiche mit Anlagerungen von orientiertem Ton und eingewaschenem Ton. Gewisse Tonanteile, ohne Anlagerungsmerkmale, sind in der feinkörnigen Grundmasse verteilt. Im Bt-Horizont sind verstärkt die Tonbeläge zu beobachten. Die Tonanlagerungen zeigen jedoch nur zum Teil eine ausgeprägte einheitliche Orientierung der einzelnen mikroskopischen Feinschichten, demnach dürfte es sich mehr um grobdisperse als um feindisperse Anlagerungen handeln. Ähnliches ist auch im Btv-Horizont zu finden. Aus dem mikroskopischen Bild ergibt sich in diesem Horizont eher die Betonung von Bt- als Bv-Merkmalen. Unter dem Btv-Horizont sind keine Tonbeläge mehr zu erkennen, jedoch ungleichmäßig fleckig ausgefälltes Calciumcarbonat. Mehrere von diesen Ausfällungen zeichnen pseudomorph einige ehemals vorhandenen pflanzlichen Feinwurzeln nach. Ein kleiner Teil des Calciumcarbonats ist als Lublinit ausgebildet (Hinweis auf einen trockenen Standort oder mindestens Standort mit ausgeprägten Trockenphasen).

Th. Poetsch

Anschrift der Autoren:

Dr. Th. Poetsch, Geographisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstr. 55, D-20146 Hamburg.

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	75-78	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 3

Bodenentwicklung auf einer Flurwüstung am Kartaus östlich Wiesbaden-Breckenheim

A. Semmel

mit 3 Tab.

Das Wüstungsareal liegt unter Laubwald am Südrand der zentralen Rotliegendeschole des Eppsteiner Horstes, ca. 400 m nordöstl. Pkt. 223,8 bei R 3456 360; H 5550 000 (TK 25, Bl. 5916 Hochheim a. M.). Das flach nach Süden abfallende Areal ist von tiefen Runsen durchzogen, die im Zusammenhang mit mittelalterlicher und frühneuzeitlicher landwirtschaftlicher Nutzung stehen (BAUER 1993:163ff.). Die DILLICH-Karte von 1609, deren Zuverlässigkeit allenthalben gelobt wird (BAUER 1993:151ff.), gibt auch nach meinen Erfahrungen die Nutzungsverbreitung um 1600 exakt wieder. Der Bodenkarte 1 : 25 000 (SEMMELE 1970) ist zu entnehmen, daß unter heutigem Waldbestand Pararendzinen aus Löß dominieren. Daneben kommen alle denkbaren Stufen von erodierten Parabraunerden aus Löß vor, deren Vergesellschaftung typisch für durch Ackerbau hervorgerufene Bodenerosion ist. Diese Erosionsschäden müssen vor 1600 entstanden sein, denn sämtliche großmaßstäbige Karten, die nach der DILLICH-Karte Ende des 18., Mitte des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts erschienen, weisen das betreffende Gebiet als Wald aus, bis Anfang des 19. Jahrhunderts sogar als Bannwald. Die Quellen sind bei SEMMELE (1995) zitiert. Demnach ist hier unter Wald keine nennenswerte Regenerierung der Böden in den letzten 400 Jahren erfolgt.

Ähnliche Beobachtungen liegen aus anderen Mittelgebirgsregionen vor (MACHANN & SEMMELE 1970; SEMMELE 1977:71, 1995). Zu anderen Einschätzungen gelangten RICHTER & SPERLING (1967: 147) und BORK (1988:91f.)

Aufgegraben sind folgende Profile:

Schwach erodierte Parabraunerde aus Löß;

Pararendzina aus Löß;

Pararendzina aus kalkhaltigem Kolluvium.

Klimadaten für das Untersuchungsareal:

Temperaturmittel: ca. 8°C; Niederschlag: 700 mm.

Die Parabraunerde aus Löß wird hier näher beschrieben, weil sie Erscheinungen zeigt, die typisch sind für Böden in Lößrandgebieten. Hier grenzt der Löß an Rotliegendes. Von dem kiesigen Rotliegenden wanderte der Deckschutt (Hauptlage) über den Löß hinweg. Im Deckschutt ist der sogenannte Al-Horizont ausgebildet. Im Unterschied zum liegenden, steinfreien Bt-Horizont enthält er zahlreiche Gerölle aus dem Rotliegenden, die in Gefällsrichtung eingeregelt sind, und zwar nicht in Richtung auf die benachbarten Runsenhänge, sondern dem flachen Südgefälle des gesamten Areals angepaßt. Das ist als Hinweis darauf zu werten, daß die Schuttüberdeckung nicht etwa mit der Runsenbildung in genetischem Zusammenhang steht, sondern eindeutig früher erfolgte. Der Schwermineralgehalt des Deckschuttes (Tab. 1) zeigt eine Beeinflussung durch den Laacher Bimstuff an, der Schutt gehört offensichtlich in die Jüngere Tundrenzeit (hohe Gehalte von Augit, Brauner Hornblende und - weniger stark - von Titanit).

Profil einer schwach erodierten Parabraunerde aus Löß (genauer: aus Deckschutt über Löß):

L	5 cm	Buchen- und Eichenlaub
Of	1 cm	Laub in Zersetzung
Ah	0 - 8 cm	dunkelgraubrauner humoser mitteltoniger Schluff, kiesig
Al	8 - 20 cm	hellbrauner (10YR5/4) mitteltoniger Schluff, schwach kiesig, mittel durchwurzelt, im Übergang zum Bt Steinlage
IIBt1	20 - 35 cm	brauner (10YR5/3) mittelschluffiger Ton, feinpolyedrisch, mittel durchwurzelt
IIBt2	35 - 75 cm	brauner (10YR5/3) mittelschluffiger Ton, grobpolyedrisch, mit Tonbelägen, mittel durchwurzelt
IIC	75 - 150 cm +	kalkhaltiger Löß

Tab. 1 Labordaten Parabraunerde aus Deckschutt über Löß

Horizont	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	FeD (%)	FeO (%)	pH (CaCl ₂)
Ah	20,0	7,6	21,1	39,6	4,3	3,1	4,3	0,75	0,10	4,4
Al	16,9	7,2	20,6	39,1	4,7	3,3	8,1	0,73	0,06	4,9
IIBt1	32,6	7,0	20,2	35,9	1,9	0,9	1,4	1,23	0,07	4,8
IIBt2	33,9	6,1	21,3	35,7	2,3	0,5	0,2	1,16	0,05	5,1
C	18,0	7,5	23,8	43,8	4,0	1,7	1,1	0,70	0,01	7,9

Schwerminerale im Al- und im IIBt1-Horizont

	Augit	Epidot	Granat	gr. Hornbl.	br. Hornbl.	Rutil	Titanit	Turmalin	Zirkon
Al	33	5	1	+	17	+	8	-	11
IIBt	2	61	6	17	4	2	1	4	4

(Schwermineralkörner% im Feinsand) Analytiker: Dr. H. Thiemeyer, Geogr. Inst. Univ. Jena

Die ursprüngliche Solummächtigkeit betrug hier sehr wahrscheinlich 90 bis 100 cm. Unterhalb eines Ackerrain-Reliktes sind die Parabraunerden total erodiert. Es kommen entweder Pararendzinen aus Löß oder aus kalkhaltigem Kolluvium vor.

Pararendzina aus Löß

Unter organischer Auflage:

Ah	0 - 10 cm	dunkelgraubrauner humoser kalkhaltiger mitteltoniger Schluff, krümelig, stark durchwurzelt
C	10 - 50 cm +	kalkhaltiger Löß

Tab. 2 Labordaten Pararendzina aus Löß

Horizont	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	FeD (%)	FeO (%)	pH (CaCl ₂)
Ah	15,1	8,6	23,9	46,8	4,0	1,0	0,5	0,74	0,06	7,5
C	15,3	6,9	22,6	52,2	2,7	0,3	0,2	0,63	0,007	7,7

Pararendzina aus Kolluvium

Unter organischer Auflage:

Ah	0 - 10 cm	dunkelgraubrauner humoser kalkhaltiger stark toniger Schluff
M	10 - 40 cm	bräunlicher sehr schwach humoser kalkhaltiger stark toniger Schluff, mittel durchwurzelt
IIC	40 - 80 cm +	kalkhaltiger Löß

Tab. 3 Labordaten einer Pararendzina aus Kolluvium

Horizont	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	FeD (%)	FeO (%)	pH (CaCl ₂)
Ah	19,6	9,5	25,4	38,9	2,6	1,8	2,2	0,74	0,03	7,5
M	17,8	8,8	24,3	42,9	3,0	1,6	1,8	0,68	0,01	7,6

Literatur

- BAUER, A. (1993): Bodenerosion in den Waldgebieten des östlichen Taunus in historischer und heutiger Zeit - Ausmaß, Ursachen und geoökologische Auswirkungen. - Frankfurter geowiss. Arb., Ser. D, 14: 194 S.; Frankfurt a. M.
- BORK, H. - R. (1988): Bodenerosion und Umwelt. - Landschaftsgenese u. Landschaftsökologie, 13: 249 S.; Braunschweig.
- MACHANN, R. & SEMMEL, A. (1970): Historische Bodenerosion auf Wüstungsfluren deutscher Mittelgebirge. - Geogr. Z., 58: 250-266; Heidelberg.
- RICHTER, G. & SPERLING, W. (1967): Anthropogen bedingte Dellen und Schluchten in der Lößlandschaft. - Mainzer naturwiss. Archiv, 5/6: 136-176; Mainz.
- SEMMEL, A. (1970): Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5916 Hochheim a. M.; Wiesbaden.
- SEMMEL, A. (1977): Grundzüge der Bodengeographie. - (3. Aufl. 1993), 120 S.; Stuttgart.
- SEMMEL, A. (1995): Holozäne Bodenbildungsraten und "tolerierbare Bodenerosion" - Beispiele aus Hessen. - Geol. Jb. Hessen, 123: 125-131; Wiesbaden.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	79-83	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 4

Bodenentwicklung auf einer Flurwüstung am Eselsweg westlich Hofheim a. Ts.

A. Semmel & Th. Poetsch

mit 1 Abb. und 1 Tab.

1 Das Bodenprofil

Der in ca. 240 m NN verlaufende Eselsweg folgt stellenweise der auf der DILLICH-Karte dargestellten Waldgrenze um 1600. Oberhalb (westlich) des Weges war damals Außenfeld, unterhalb (östlich) Wald.

Im ehemaligen Außenfeld, das wahrscheinlich nur relativ selten beackert wurde, sind neben Kolluvien alle Erosionsgrade von Parabraunerden vertreten, jedoch ist nirgendwo der kalkhaltige Löß angeschnitten (vgl. SEMMEL 1970: Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Bl. 5916 Hochheim a. M., sowie Abb. 1). Bemerkenswert ist die teilweise vorzügliche Schichtung des Kolluviums.

Ein Profil, in dem der gesamte Al-Horizont erodiert wurde, wird vorgestellt. Unterhalb des Eselsweges setzt ein Dellentälchen an, das ca. 1 500 m weiter östlich in die Schwarzbachau bei Hofheim a. Ts. mündet. Die Ursprungsmulde des Tälchens enthält kalkfreies Kolluvium, das in unterschiedlicher Mächtigkeit Parabraunerden oder Pseudogleye aus Löß bedeckt. Die genaueren Verhältnisse gibt Abb. 1 wieder. Die Bodenverbreitung wurde im Zuge der Dissertation von A. BAUER (1993) im Maßstab 1 : 5 000 aufgenommen. Nach der kolluvialen Bedeckung sind tiefe Runsen eingeschnitten worden, die die Boden- und Sedimentabfolge freilegen.

Unter Buchenwald ist bei R 3458 380, H 5549 930 das folgende Profil aufgeschlossen:

Klimadaten:

Temperatur: ca. 9°C; Niederschlag: ca. 650 mm.

Ah	0 - 8 cm	dunkelgraubrauner (10YR4/3) schwach humoser stark lehmiger Schluff
Al	8 - 20 cm	hellbrauner (10YR5/6) lehmiger Schluff, schwach krümelig-polyedrisch, stark durchwurzelt
Bt1	20 - 45 cm	etwas braunerer (10YR5/6) stark lehmiger Schluff, plattig-polyedrisch, weißer Grobschluffpuder auf den Aggregaten, wenig Tonbeläge, stark durchwurzelt
Bt2	45 - 80 cm	brauner (10YR5/6) stark lehmiger Schluff, blockig-polyedrisch, deutliche Tonbeläge, die nach unten schwächer werden, mittel durchwurzelt
M	80 - 100 cm +	braunes geschichtetes Kolluvium, schwach durchwurzelt, bei ca. 170 cm Holzkohlen mit ^{14}C -Alter von 985 +/- 170 a B. P. (Hv 16 093)

Tab. 1 Labordaten einer Parabraunerde aus kalkfreiem Kolluvium

Horizont	T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	FeD (%)	FeO (%)	pH (CaCl ₂)
Ah	21,4	7,2	27,2	41,8	2,4	0,5	0,5	0,82	0,17	3,4
Al	20,0	7,6	28,6	41,0	2,1	0,6	0,1	0,98	0,11	3,7
Bt1	23,1	6,9	27,9	39,3	1,5	0,7	0,6	1,07	0,09	3,9
Bt2	26,4	7,0	25,9	37,1	2,4	0,8	0,5	1,16	0,04	4,0
M	19,9	8,4	27,1	42,3	1,5	0,5	0,3	0,78	0,01	3,8

Die aus dem Kolluvium hervorgegangene schwach entwickelte Parabraunerde ist typisch für die Bodenentwicklungen auf primär kalkfreien frühneuzeitlichen Kolluvien (vgl. SEMMEL 1995). Im Gegensatz zu kalkhaltigen Substraten erfolgte hier zumindest insofern eine Bodenneubildung, als Tondurchschlammung nachweisbar ist, die zu Tongehaltsunterschieden von 4 - 6 % zwischen Al- und Bt-Horizonten führte. Die Dünnschliffuntersuchungen (Beitrag POETSCH) stützen diese Version. Örtlich kommen auch Bbt-Horizonte vor.

Zu diesem Problem wurden insgesamt 26 Profile auf frühneuzeitlichen Flurwüstungen

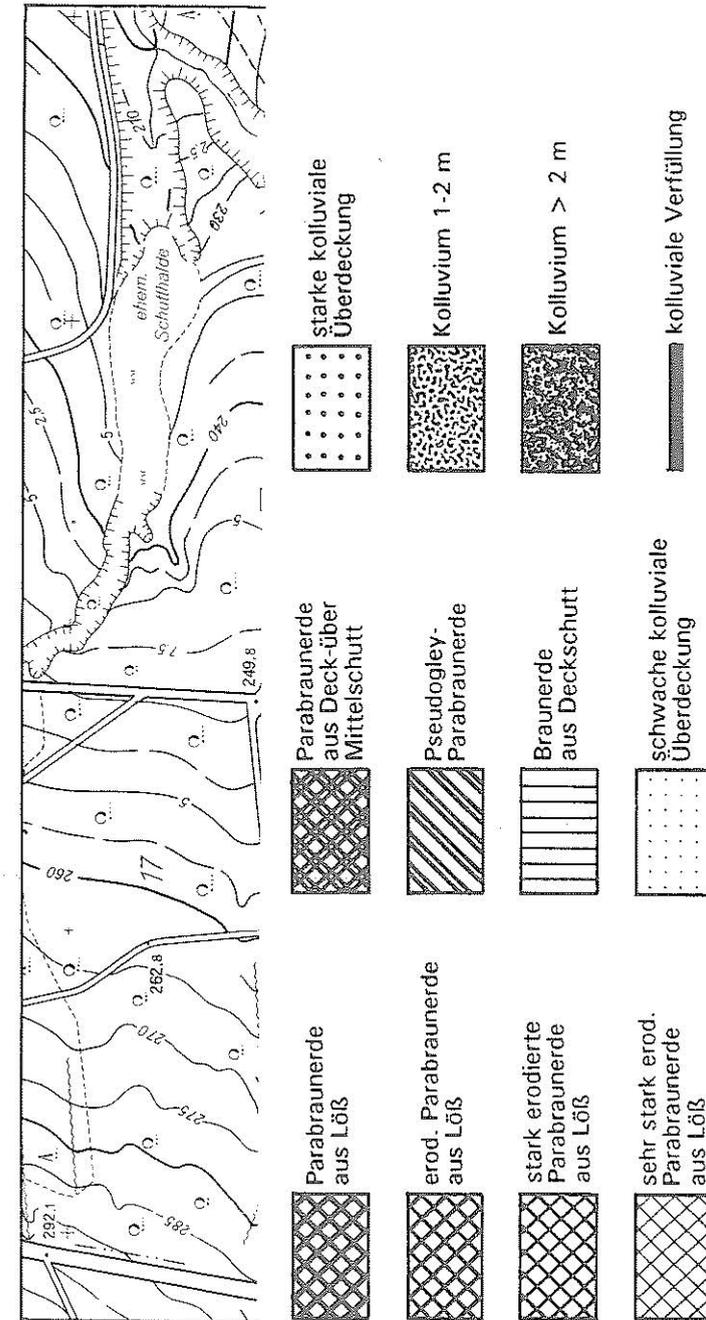


Abb. 1 Bodenkarte - Gebiet "Die obere Kartaus" (n. BAUER 1993, vereinfacht)

im Taunus und im Odenwald untersucht (SEMMELE 1995, Geol. Jb. Hessen, 123), die generell bestätigen, daß auf Löß und kalkhaltigen Kolluvien keine erkennbare Boden-neubildung stattfand, dagegen eine schwache Tondurchschlammung auf primär kalkfreien Kolluvien. Die als Folge dieser Durchschlammung entstandene Horizontie-rung ist so deutlich, daß sie von mir auf der Bodenkarte Hochheim a. M. stellenweise irrtümlich als "normale" Parabraunerde angesprochen wurde. Die geringeren Tonge-haltsdifferenzen erklärte ich mir als Folge des insgesamt tonärmeren Ausgangs-substrates. Bemerkenswert ist noch das niedrige pH im gesamten Profil. Die Tondur-schlammung muß hier, ähnlich wie bei kalkfreien Flugsanden, im sehr stark sauren Milieu abgelaufen sein.

A. Semmel

2 Dünnschliffuntersuchungen

Die oberste, in der Tiefe 6 - 14 cm entnommene Dünnschliffprobe zeigt die Merkmale eines Übergangshorizontes Al/Bt: Bereiche, die durch blankgewaschene Schlickkörner gekennzeichnet sind, wechseln sich mit Partien mit Tonbelägen ab. Einige dieser Tonbeläge liegen in Form von in die Grundmasse eingearbeiteten Tontrümmern vor. Es zeigt sich eine intensive biogene Durchmischung des Bodenmaterials, die auch durch die vielen Lösungsaggregate in den Hohlräumen und zahlreiche Pflanzenreste belegt wird. Die beiden Bt-Horizonte sind ähnlich ausgebildet, mit charakteristischen geschichteten Tonanlagerungen in den Grobporen und auf Aggregatoberflächen. Der tiefere Bt-Horizont zeigt jedoch auch schon Relikte von Sedimentationsschichtungs-merkmalen, die im Liegenden, im M-Horizont, charakteristisch ausgeprägt sind. Im M-Horizont liegt gut geschichtetes Kolluvium vor. Kennzeichnend sind tonige und schluffige Mikroschichten. Auch Tonbelagstrümmern - während des Transportes häufig abgerundet - sind z. T. in Schichten angeordnet. Die abgerundeten Tonbelags-trümmern stammen wohl aus abgetragenen Bt-Horizonten. Ähnlich angeordnet sind auch umgelagerte Fe-Konkretionen (Anm. A. SEMMELE: Diese stammen wahrschein-lich aus einem erodierten Pseudogley hangoberhalb). Der feingeschichtete M-Horizont zeigt auch erhebliche Störungen des Schichtungsgefüges, u. a. durch biogene Durch-porung, z. B. durch Feinwurzeln. Einige dieser Poren im M-Horizont enthalten bereits dünne Tonbeläge (schwache Bt-Merkmale).

Th. Poetsch

Anschrift der Autoren:

Dr. Th. Poetsch, Geographisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstr. 55,
D-20146 Hamburg.

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	85-86	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	-------	------------------------

Stopp 5**Junge Tektonik im Löß am Bahnhof westlich Hofheim a. Ts.**

A. Semmel

Das letzte Profil der Exkursion A soll überleiten zu Fragen, die auf der Exkursion B behandelt werden. In der Umgebung von Hofheim wie überhaupt am Nordrand des Oberrheingrabens gibt es mehrere Stellen, an denen Paläoböden tektonisch verstellt wurden (SEMMELE 1978, 1979, 1984, 1992). Zwei solcher Profile liegen am Exkursionsweg. Etwa 500 m nördlich von Stopp 4 liegt eine Runse einen kleinen tektonischen Graben frei, in den ein fossiler Bt-Horizont um gut 50 cm eingesunken ist (SEMMELE 1992: 51f.). Der im hangenden Löß folgende Eltviller Tuff zeigt nur noch Verstellungen mit wenigen cm Sprunghöhe an.

Nordöstlich des Autobahnanschlusses Hofheim/Weilbach ist in einer aufgelassenen Kiesgrube sogar die holozäne Parabraunerde in einen kleinen, parallel zur naheliegenden Rheingraben-Randverwerfung verlaufenden tektonischen Graben eingesunken, der auch mittelpleistozäne Mainkiese und die auf diesen ausgebildete fossile Bänder-Parabraunerde versetzt. Vergleichbare Profile sind in diesem Gebiet häufig zu finden (SEMMELE 1984: 87), jedoch meist nur kurzfristig aufgeschlossen.

Leider steht zu fürchten, daß eine Erlaubnis zum Besuch dieser Grube nicht erteilt wird, weil sie unter Naturschutz steht. Als schützenswertes Ökotop ist vermutlich die mit Tierbauten übersäte Grubenwand anzusehen, in der Löß über Kies liegt. Eine solche Wand gab es unter natürlichen Bedingungen in dieser Landschaft nicht, auch nicht in der sonstigen Ackerlandschaft. Das Ökotop ist künstlich der Landschaft oktroyiert und seine zwangsweise Erhaltung wirft einmal mehr die Frage auf, wer die Natur vor den "Naturschützern" schützt.

Literatur

- SEMMELE, A. (1978): Untersuchungen zur quartären Tektonik am Taunus-Südrand. - Geol. Jb. Hessen, **106**: 291-302; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1979): Geomorphological criteria for recent tectonic - a discussion of examples from the northern Upper Rhine areas. - Allgem. Vermess.-Nachr., **86**. Jg.: 370-374; Karlsruhe.
- SEMMELE, A. (1984): Geomorphologische Kriterien für junge Krustenbewegungen in Mittelgebirgen. - Z. Geomorph., N. F., Suppl.-Bd. **50**: 79-89; Berlin, Stuttgart.
- SEMMELE, A. (1992): Geomorphologische Untersuchungen an potentiellen Standorten für Hochdeponien im Taunus. - Bonner geogr. Abh., **85**: 45-54; Bonn.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Dr. h. c. A. Semmel, Theodor-Körner-Str. 6, D-65719 Hofheim a. Ts.

E X K U R S I O N B

am

18.05.1996

**Löß-Paläobodenabfolgen am
westlichen Rheingrabenrand und
im Mainzer Becken**

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	89-100	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	--------	------------------------

Stopp 1

Paläoböden und Neotektonik im Profil Forst am Westrand des Oberrheingrabens

M. Weidenfeller & L. Zöller

mit 3 Abb. und 1 Tab.

1 Einleitung

Durch einen neu geschaffenen Wegeanschnitt wurde in der Gemarkung Forst (Weinstraße) an der Grenze zwischen Randgebirge (Pfälzer Wald) und Vorbergzone (Randschollen) ein 130 m langes Quartärprofil freigelegt (Abb.1). Über intensiv verwitterten Sandsteinen der Oberen Karstalschichten (Buntsandstein) folgt eine bis zu 8 m mächtige Sequenz aus Löß, Sandlöß und umgelagerten Sedimenten. Gegliedert sind diese Deckschichten durch fossile Bodenbildungen, die durch Staffelbrüche treppenartig versetzt sind. Das Profil wurde von WEIDENFELLER & ZÖLLER (1995) untersucht. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf eine Zusammenfassung der Erkenntnisse unter Berücksichtigung neuer Ergebnisse von D. GNIESER und D.-D. ROUSSEAU (s. Beitrag in diesem Band).

2 Sedimentologisch-pedologische Untersuchungen

Die Basis der quartären Sedimentabfolge bilden Sandsteine der Oberen Karstalzone, die von einer solifluidal entstandenen Blocklage aus schwach verwitterten Sandsteinen und Löß überlagert werden. Der Bt-Horizont einer Parabraunerde mit einer 15 cm mächtigen unterlagernden Carbonatkruste bildet den Abschluß dieser ersten Sedimentationsphase (Abb. 2). Der Tonanreicherungs-horizont wird diskordant von einer Blocklage aus Sandsteinen überlagert. Zum Hangenden schließen sich äolische San-

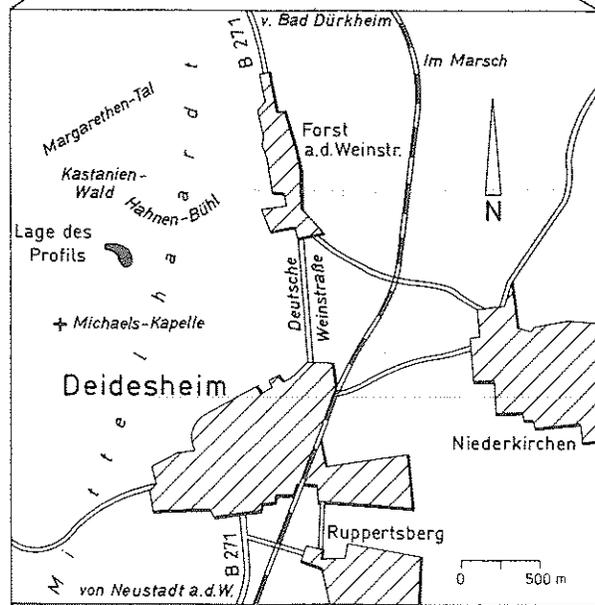
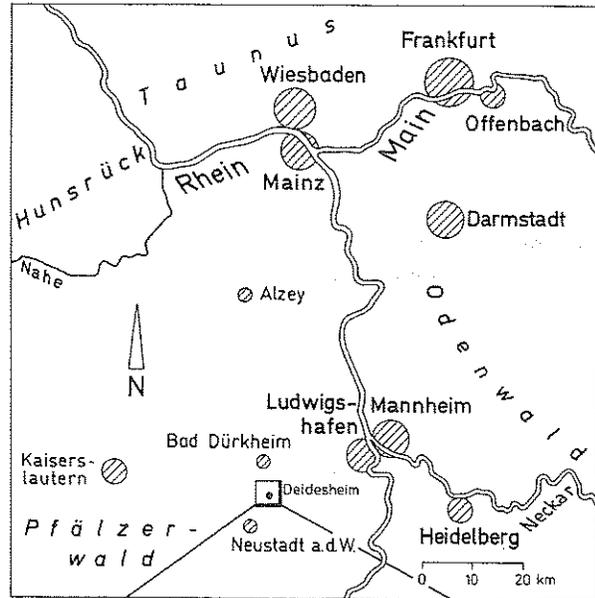


Abb. 1 Lage des Profils

de und Sandlössen an, in denen ein zweiter Bt-Horizont auftritt. Obwohl dieser Horizont optisch stärker in Erscheinung tritt, sprechen die bodenphysikalischen und chemischen Analysendaten für eine schwächere Ausprägung im Vergleich zum unteren Bt-Horizont. Es folgt eine schwach entwickelte Humuszone, die von carbonatarmen Sanden überlagert wird. Im darüber liegenden Profilabschnitt dominieren wiederum feinkörnigere und stärker carbonathaltige Sedimente. Eine weitere Humuszone gliedert diesen 3 m mächtigen Löss in einen älteren und jüngeren Abschnitt. Den Abschluß des Profils bildet eine 90 cm mächtige Fließerde aus Sand. Tuffbänder treten im Profil nicht auf. Auch die Eitville Tephra, die STÄBLEIN (1968: 118-121) aus dem 30 km südlich gelegenen Lössprofil Arzheim bei Landau beschreibt, konnte im Profil Forst nicht nachgewiesen werden.

3 Thermolumineszenz-Datierung

Aus den äolischen Decksedimenten wurden fünf Proben für Thermolumineszenz-(TL)-Datierungen entnommen (stratigraphische Position der Proben s. Abb. 2). Gleichzeitig wurde mittels eines tragbaren NaJ-Vierkanal-Gammaspektrometers die Umgebungsdosisleistung der natürlichen Radioaktivität gemessen. Die Probenaufbereitung nach der Feinkorntechnik ($4 - 11 \mu\text{m}$) geschah unter gedämpftem Rotlicht (s. ZÖLLER et al. 1988; ZÖLLER 1995; WEIDENFELLER & ZÖLLER 1995, dort weitere experimentelle Details). Die Bestimmung der Äquivalent-Dosis ionisierender Strahlung (ED) erfolgte für alle Proben sowohl nach der additiven „Totalbleichungstechnik“ (nach BERGER 1990) als auch nach der „Regenerierungstechnik“.

Zur Ermittlung der natürlichen Radioaktivität der Proben wurde hochauflösende Gammaspektrometrie mittels eines Reinst-Germanium-Planardetektors eingesetzt. Signifikante Ungleichgewichte der Uran-Reihen wurden nicht festgestellt. Da an der abgetrockneten Wand der bergfrische Feuchtegehalt nicht mehr zuverlässig bestimmt werden konnte, wurde für den „ δ -Wert“ (Feuchtwicht/Trockengewicht) einheitlich $1,15 \pm 0,05$ angenommen, was heute für Lössen der Region typisch ist. Für die TL-Altersberechnung wurde davon ausgegangen, daß der repräsentative mittlere Feuchtegehalt seit der Ablagerung der Lössen innerhalb dieser Grenzen lag. Die analytischen Daten und Ergebnisse der TL-Datierungen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die angegebenen Fehler sind 1σ -Fehler.

Das Problem der TL-Altersunterschätzung von Lössen ist seit über 10 Jahren bekannt, seine Ursachen wurden kontrovers diskutiert. In Frage kommen Langzeit-Ausheilerscheinungen des Strahlenschadens, und zwar sowohl der Elektronenfallen als auch der Lumineszenzzentren, aber insbesondere nach neueren Ergebnissen auch

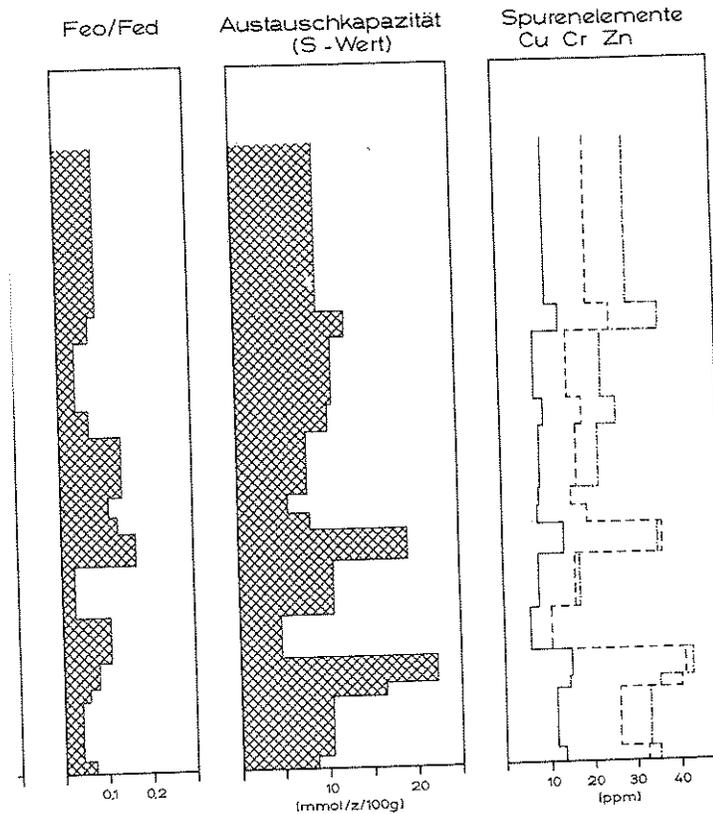
Änderungen der TL-Empfindlichkeit gegenüber der Dosis ionisierender Strahlung, welche insbesondere durch Belichtung bedingt sind. Beim Vergleich der Datierungsergebnisse nach der additiven und der regenerativen Methode fallen z. T. bedeutende Unterschiede auf, besonders bei den Proben 3 und 1. Die Ursache hierfür dürfte nach neueren Untersuchungen (LI & WINTLE 1994; ZÖLLER 1995) in einer dosisabhängigen TL-Empfindlichkeitsänderung liegen: danach kann das TL-Wachstum mit der Dosis ionisierender Strahlung nach optischer Bleichung anders verlaufen als additiv, also ohne Bleichung. Dieser Effekt macht sich insbesondere bei älteren Lössen (> 50 - 60 ka) häufig, aber nicht immer störend bemerkbar. An Lössen aus Süddeutschland und angrenzenden Gebieten fand ZÖLLER (1995) empirisch, daß TL-Alter der Feinkornfraktion > ca. 100 ka als Mindestalter zu interpretieren sind. Unabhängig davon besteht das Problem, daß TL-Alter an der Feinkornfraktion älterer Lössen aufgrund von langzeitigen Ausheilerscheinungen zu jung ausfallen können. Es häufen sich auch Beobachtungen, nach denen die Datierungsobergrenze mit derzeit angewandten Labortechniken regional variiert, also vermutlich auch von Herkunft und Zusammensetzung der datierten Lössfraktion abhängt. Die Datierungsobergrenze ist deshalb zur Zeit noch nicht zuverlässig überregional bestimmbar. Datierungen mittels unabhängiger Methoden sind daher insbesondere für ältere Lössen (> ca. 100 ka) erforderlich, um die Zuverlässigkeit und chronologische Relevanz von TL-Altern zu überprüfen.

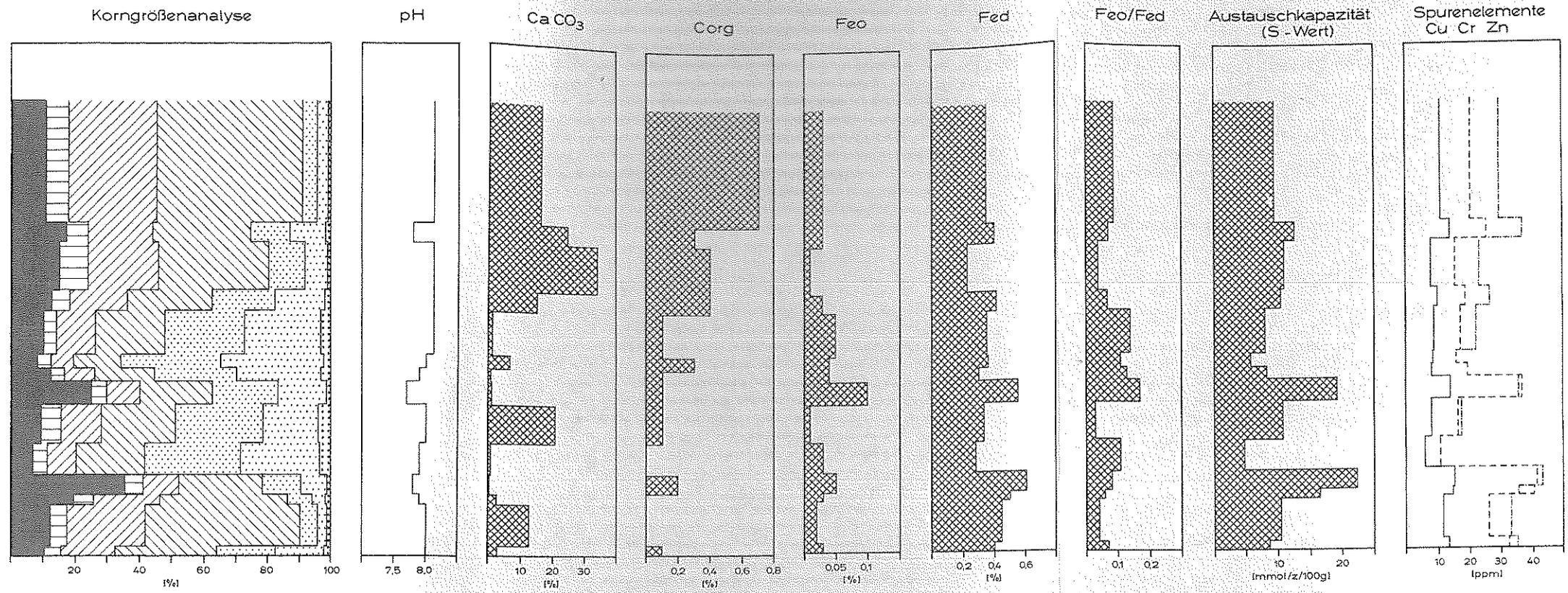
Aus diesen methodischen Problemen und Erkenntnissen folgert:

- Bei Lössen älter als 50 - 60 ka ist den TL-Altern nach der additiven Methode mehr Vertrauen zu schenken als denen nach der regenerativen Methode. Im Idealfall stimmen die beiden Alter überein.
- Auch bei der additiven Methode sind die TL-Alter > 100 ka einstweilen als Mindestalter zu verstehen.

Bei den hier vorgelegten Datierungen zeigt sich, daß alle additiven Alter stratigraphisch konsistent sind, während die Regenerierungs-Alter bei etwa 200 ka einer (vorübergehenden?) Sättigung zustreben (s. Probe 1). Eine bedeutende Differenz zwischen den beiden Altern ergibt sich auch für die Probe 3, während sie für die Probe 4 wieder übereinstimmen. Für die chronostratigraphische Diskussion des Profils Forst werden im folgenden die additiven Alter herangezogen.

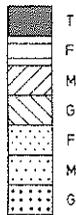
Bei den Proben 5 und 4 sind die TL-Alter nach der additiven und nach der regenerativen Methode innerhalb ihrer Fehlergrenzen identisch. Die Alter erlauben aufgrund der oben genannten Einschränkungen sowie aufgrund ihrer relativ großen Fehlergrenzen





Korngrößen

- e
- ingshorizont
- erungshorizont
- inreicherungs-
T. Krustenbildung
- t



ogische Untersuchungsergebnisse

keine gesicherte Aussage darüber, ob die fraglichen Horizonte ins Unterwürm oder ins Riß zu stellen sind, bzw. ob die Humuszone bei Probe 4 aus dem letzten Interglazial oder aus einem Riß-Interstadial stammt. Allerdings ist selbst das additive TL-Alter der Probe 4 ungewöhnlich jung im Vergleich zu TL-Altern frührißzeitlicher „Weilbacher Humuszonen“ in Süddeutschland (vgl. ZÖLLER et al. 1988; ZÖLLER 1995). Die TL-Alter der Proben 3 (additiv) und 2 (additiv und regenerativ) belegen hingegen signifikant (95% Wahrscheinlichkeit), daß der durch die Probenentnahmestellen eingegrenzte Bodenkomplex aus einem fossilen Bt-Horizont und einer überlagernden schwachen Humuszone älter als das letzte Interglazial ist. Bei der Probe 3, welcher für die Bestimmung des Mindestalters des liegenden Bodenkomplexes besondere Bedeutung zukommt, tritt die TL-Empfindlichkeitsänderung nach optischem Bleichen deutlich in Erscheinung, weshalb das Regenerierungsalter zu verwerfen ist. Mit der additiven Methode ergab sich erfreulicherweise für diese Probe ein besonders langes und klares ED-Plateau zwischen 300° und 415°C Leuchtkurventemperatur. Es ist nach den bisherigen Ergebnissen naheliegend, den Bodenkomplex zwischen den Proben 3 und 2 ins vorletzte Interglazial, entsprechend der Sauerstoffisotopenstufe 7, zu stellen; ein höheres Alter kann aber nicht ausgeschlossen werden.

Der zweite fossile Bt-Horizont zwischen den Proben 1 und 2 muß folglich mindestens ins drittletzte Interglazial (Stufe 9) zurückdatiert werden. Für den liegenden Löß (Probe 1) bestätigt das hohe TL-Alter nach der additiven Methode diese Einstufung, ohne daß ein noch höheres geologisches Alter auszuschließen ist.

Die paläopedologischen Befunde sprechen für eine Löß-Paläoboden-Sequenz, die sich über drei Glazial-Interglazial-Zyklen erstreckt. Die TL-Datierungen belegen, daß der obere Bt-Horizont ein prärißzeitliches Alter besitzt und nicht, wie zunächst angenommen, eemzeitlicher Entstehung ist. Es stellt sich die Frage nach dem Verbleib des Eem-Bodens. Nicht auszuschließen ist die Möglichkeit, daß der Eem-Boden schon abgetragen ist. Der untere humose Horizont kann auf der Basis der Datierungen als "Weilbacher Humuszone" angesehen werden. Der Bt-Horizont im Liegenden repräsentiert vermutlich das vorletzte Interglazial. Unterer Bt-Horizont und der liegende Löß sind jeweils mindestens ein Glazial-Interglazial-Zyklus älter.

Die aminostratigraphischen Daten (s. Beitrag von D. GNIESER & ROUSSEAU in diesem Band) sind für die Unterscheidung von Riß- und Unterwürmlöß besser geeignet und stellen eine sehr nützliche Ergänzung und Überprüfung der TL-Daten durch eine unabhängige Methode dar (vgl. auch OCHES & MCCOY 1995; ZÖLLER et al. 1994). Das hohe TL-Alter (additiv) der Probe 1 wird durch die aminostratigraphische Einordnung bestätigt. Als Synthese der vorliegenden Daten ergibt sich ein Interpretationsvorschlag des Profils, wonach Paläoböden (fBt-Horizonte) des vorletzten und dritt-

letzten Interglazials sowie zwei rißzeitliche Humuszonen vorliegen; die aufgeschlossenen Löss stammen aus dem vorletzten, drittletzten und viertletzten Glazial.

Tab.1 Thermolumineszenz-Datierungen: Analytische Ergebnisse und Alter

Probe	Konzentrationen			a-Wert	Dosisleistung (Gy/ka)	ED		TL-Alter	
	U (µg/g)	Th	K (%)			add.	regen. (Gy)	add. (ka)	regen.
Forst 5	2.24	7.76	1.37	0.097	3.21	336 ± 58	360 ± 31	105 ± 17	112 ± 12
Forst 4	2.79	9.73	1.63	0.090	3.80	513 ± 33	448 ± 33	135 ± 13	118 ± 12
Forst 3	1.93	6.18	1.70	0.092	3.13	658 ± 111	428 ± 54	210 ± 34	137 ± 18
Forst 2	1.60	6.16	1.68	0.097	3.00	701 ± 84	695 ± 81	234 ± 30	232 ± 29
Forst 1	2.92	10.87	1.73	0.083	3.97	1465 ± 206	850 ± 58	369 ± 51	214 ± 21

4 Paläogeographisch-tektonische Entwicklung

Die quartären Deckschichten grenzen an einer steil einfallenden Störung an die intensiv verwitterten Sandsteine der Oberen Karlstalschichten. Da die Sandsteine auch an der Quartärbasis anstehen, handelt es sich wahrscheinlich um eine tiefer liegende Scholle, auf der die Lockersedimente in erosionsgeschützter Position erhalten blieben. Dieser Befund erlangt besondere Bedeutung dadurch, daß bei Forst die weiter südlich ausgebildete, nach STÄBLEIN (1968) pliozän-altpleistozäne Pedimentregion nach N hin auskeilt. Die Pedimentregion vermittelt geomorphologisch zwischen der jüngeren, terrassenartigen Riedelzone und den älter angelegten Altflächen des Pfälzer Waldes. Eine rein morphostratigraphische Eingrenzung der tektonischen Bewegungen an dieser Störungszone wäre nur sehr ungenau möglich.

Tektonische Aktivitäten im Bereich des Oberrheingrabens vom Untereozän bis in die jüngste Vergangenheit sind durch geologische Untersuchungen (Bohrungen) und die Anwendung geophysikalischer Verfahren (z. B. Seismik) seit langer Zeit bekannt. Mit der quartären Tektonik hat sich vor einem halben Jahrhundert bereits WITTMANN (zuletzt 1943) intensiv beschäftigt und, ausgehend von geomorphologischen Beobachtungen am westlichen Schwarzwaldrand, drei überregional nachweisbare Phasen tektonischer Bewegungen im Pleistozän postuliert. In jüngerer Zeit mehrten sich die Hinweise auf quartäre Störungen in Deckschichten. Die fossilen Parabraunerden spie-

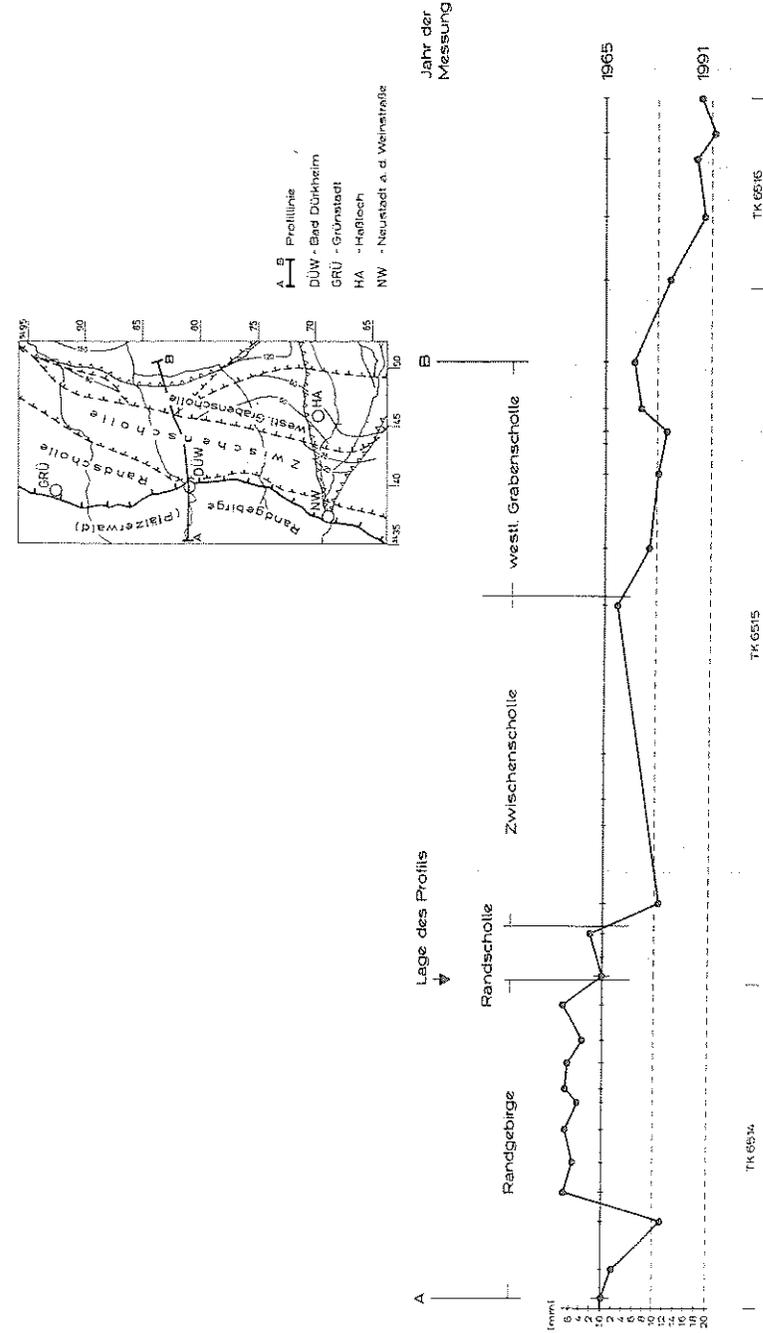


Abb. 3 Niveaumesslinie 2. Ordnung von Franckenstein nach Oggersheim (westlicher Grabenrand) (Lageplan aus KÄRCHER 1987)

len dabei eine wichtige Rolle, da ihre zeitliche Einstufung zur Lösung nach der Frage des Alters der tektonisch verursachten Versetzungen beitragen kann.

Als besonders auffällig tritt im Profil "Forst" die treppenförmige Stufung der fossilen Böden in Erscheinung. Im mittleren Abschnitt der Aufschlußwand sind die quartären Deckschichten horstartig herausgehoben. Beidseitig begrenzt wird dieser Abschnitt durch Staffelbrüche mit Versetzungsbeträgen bis 50 cm. Die Störungen sind von der Sohle des Aufschlusses bis in den oberen Tonanreicherungshorizont zu verfolgen. Im oberen Abschnitt des Profils sind sie nicht nachweisbar. Eine ähnliche Situation beschreibt SEMMEL (1974:43, 1978:295f.) in einem Lößprofil der Ziegeleigrube Bad Soden. Er erwähnt einen kleinen Grabeneinbruch, wobei nur die älteren fossilen Bodenhorizonte gestört sind, der oberste, eemzeitliche (ZÖLLER et al. 1988) fossile Boden jedoch ungestört durchzieht. Unter Berücksichtigung der TL-Daten läßt sich für die Aktivität der Störungen im Profil "Forst" ein rißzeitliches Mindestalter belegen.

Rezente Bewegungen in diesem Raum lassen sich durch Fein-Nivellement-Messungen nachweisen (SCHWARZ 1976). Die von W nach E sich erstreckenden Nivellementslinien "Frankenstein - Oggersheim" verdeutlichen, daß an der Grenze Randgebirge/Randscholle, an der das Profil "Forst" aufgeschlossen ist, aktive tektonische Bewegungen bis zum heutigen Zeitpunkt stattfinden (Abb. 3). Ähnliche Tendenzen sind auch an der Grenze Randscholle/ Zwischenscholle zu beobachten. Die Gliederung des westlichen Grabenrandes in Teilschollen und deren räumliche Abgrenzung, basierend auf der Auswertung von Tiefbohrungen (KÄRCHER 1987), scheint sich durch die Feinnivellementmessungen zu bestätigen. Das Profil Forst liefert somit einen weiteren Hinweis auf neotektonische Bewegungen am Rande des Oberrheingrabens (vgl. BARTZ 1967; HIRSCH 1952; MONNINGER 1985; SCHNEIDER & SCHNEIDER 1975), die nachweislich bis ins jüngere Mittelpleistozän, möglicherweise bis heute aktiv sind. Da im aufgeschlossenen Teil des Profils Forst die Störungen im obersten Profilabschnitt nicht mehr nachweisbar sind, ist damit zu rechnen, daß sich die jüngste tektonische Aktivität an benachbarte, nicht aufgeschlossene Parallelstörungen verlagert hat.

Literatur

- BARTZ, J. (1967): Recent movements in the Upper Rhinegraben between Rastatt and Mannheim. - The Rhinegraben progress report 1967. Intern.-Upper Mantle Project, Scientific Report Nr. 13. - Abh. geol. L.-Amt Bad.-Württ., 6: 1-2; Freiburg i. Br.
- BERGER, G. W. (1990): Regression and error analysis for a saturating-plus-linear model. - *Ancient TL*, 8: 23-25; Durham.
- HIRSCH, L. G. (1952): Jungdiluviale Tektonik im Oberrheintalgraben. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 2: 97-105; Öhringen.
- KÄRCHER, T. (1987): Beiträge zur Lithologie und Hydrogeologie der Lockergesteinsablagerungen (Pliozän, Quartär) im Raum Frankenthal, Ludwigshafen-Mannheim, Speyer. - *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F.*, 69: 279-320; Stuttgart.
- MONNINGER, R. (1985): Neotektonische Bewegungsmechanismen im mittleren Oberrheingraben. - *Diss. Univ. Karlsruhe*: 219 S; Karlsruhe.
- OCHE, E. A. & MCCOY, W. D. (1995): Aminostratigraphic Evaluation of Conflicting Age Estimates for the "Young Loess" of Hungary. - *Quaternary Research*, 44: 160-170; San Diego, New York.
- SCHNEIDER, E. F. & SCHNEIDER, H. (1975): Symsedimentäre Bruchtektonik im Pleistozän des Oberrheintal-Grabens zwischen Speyer, Worms, Hardt und Odenwald. - *Münstersche Forsch. Geol. u. Paläont.*, 36: 81-126; Münster (Westf.).
- SCHWARZ, E. (1976): Präzisionsnivellement und rezente Krustenbewegung dargestellt am nördlichen Oberrheingraben. - *Z. Vermessungswes.*, 101: 14-25; Stuttgart.
- SEMMEL, A. (1974): Der Stand der Eiszeitforschung im Rhein-Main-Gebiet. - *Rhein.-Main. Forsch.*, 78: 9-56; Frankfurt a. M.
- SEMMEL, A. (1978): Untersuchungen zur quartären Tektonik am Taunus-Südrand. - *Geol. Jb. Hessen*, 106: 291-302; Wiesbaden.
- STÄBLEIN, G. (1968): Reliefgenerationen der Vorderpfalz. - *Würzburger geogr. Arb.*, 23: 1-191; Würzburg.
- WEIDENFELLER, M. & ZÖLLER, L. (1995): Mittelpleistozäne Tektonik in einer Löß-Paläoboden-Abfolge am westlichen Rand des Oberrheingrabens. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, 24: 87-102; Mainz.

WITTMANN, O. (1943): Tektonik und Klima und deren Phasen im oberrheinischen Diluvium. - Z. dt. Geol. Ges., **95**: 223; Berlin.

ZÖLLER, L. (1995): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. - Habil. Schr. Fak. Geowiss., Univ. Heidelberg: 199 S.; Heidelberg. - [Unveröff.].

ZÖLLER, L. & OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. (1994): Towards a revised chronostratigraphy of loess in Austria with respect to key sections in the Czech Republic and in Hungary. - Quaternary Geochronology (Quat. Sci. Rev.), **13**: 465-472; Oxford.

ZÖLLER, L. & STREMMER, H. E. & WAGNER, G. A. (1988): Thermolumineszenz-Datierung an Löß-Paläoboden-Sequenzen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein. - Chemical Geology, Isot. Geosc. Sect., **73**: 39-62; Amsterdam.

Anschrift der Autoren:

Dr. Michael Weidenfeller, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Emmeransstr. 36, D-55116 Mainz.

PD Dr. Ludwig Zöller, Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg; z. Zt. Lehrstuhl f. Physische Geographie, Universität Mainz, D-55099 Mainz.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	101-108	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	---------	------------------------

Stopp 1

Aminostratigraphic evaluation and malacological results of the loess-paleosol sequence at Forst a. d. Weinstraße

D. Gnieser & D. - D. Rousseau

with 2 Figs. and 1 Table

1 Amino Acid Geochronology

Biogenic carbonate fossils, such as mollusc shells frequently found in loess deposits, contain indigenous organic matter which can be preserved from rapid decomposition by the carbonate matrix over time spans of at least 100 000 to 1 000 000 years (MILLER & HARE 1980). The organic matter is composed of thin protein membranes which degrade after synthesis through a complex series of chemical reactions, including hydrolysis, racemization, and epimerization of their constituent amino acids. Under certain conditions, the extent of these decompositional changes can be used as a measure of time elapsed since the organism's death and will indirectly allow estimation of the age of the sediment in which the organism was buried.

One of the most useful time-dependent reactions is isoleucine epimerization. It involves the reversible inversion of the protein amino acid isoleucine (Ile) to its non-protein diastereomer alloisoleucine (alle) until an equilibrium alle/Ile ratio of ca. 1.30 is reached (MILLER & HARE 1980). The rate of the epimerization reaction in a sample is influenced by time, taxonomy, and, most importantly, the effective diagenetic (or postdepositional) temperature experienced by a fossil in its enclosing sediment (WEHMILLER 1977; MILLER & HARE 1980; MILLER & MANGERUD 1985). Approximately every 4°C increase in ambient temperature results in a doubling of the

epimerization rate (MILLER & MANGERUD 1985). Consequently, most of the amino acid epimerization in samples from many mid-latitude sites occurred in the warm interglacial periods, while reduced reaction rates prevailed under full glacial conditions. However, since the epimerization rate responds to both time and temperature in a nonlinear fashion, determination of a sample's absolute age is complicated and often not very reliable (MILLER & HARE 1980; MILLER & BRIGHAM-GRETTE 1989; MEYER 1991; OCHES & MCCOY 1995).

The simplest and most reliable application of amino acid epimerization is for relative age determination. Differences in alle/Ile ratios are interpreted as differences in age, provided that effective diagenetic temperatures were uniform within a sampled area. Based on this assumption, monogeneric shells yielding comparable alle/Ile ratios should be of the same age (MILLER & HARE 1980; MILLER & MANGERUD 1985). Clusters of similar alle/Ile values can then be used to correlate stratigraphic units between sites within a limited region. This correlation technique is defined as "aminostratigraphy" (MILLER & HARE 1980). Relative age differences in sediments can be determined and times of paleosol formation identified. In summary, aminostratigraphic investigations of carbonate fossils in sediments can provide reliable, independent, relative chronostratigraphies. Moreover, they offer relative chronological control beyond the limits of radiocarbon dating (ca. 30 ka) and thermoluminescence dating (ca. 100 ka) (MILLER & BRIGHAM-GRETTE 1989).

2 Amino Acid Data

Shells analyzed from the loess-paleosol sequence at Forst include samples from loess bracketing the upper humic paleosol, from the upper humic paleosol itself, and from loess underlying the lower fossil Bt horizon (Fig. 1). Two definite groups of alle/Ile ratios are apparent in the amino acid data for all four gastropod genera (*Succinea*, *Trichia*, *Pupilla*, and *Vallonia*) recovered at this site. Alle/Ile ratios for *Pupilla* illustrate the general distinctive clustering of the data most clearly, due to greater data availability for this genus, and serve as a representative example for the other genera in this discussion. *Pupilla* shells derived from the upper three sampled horizons reveal almost identical alle/Ile ratios in the total acid hydrolysate (HYD) analyses. Values fluctuate insignificantly between 0.125 ± 0.014 ($n=3$) in loess above the upper humic paleosol, 0.118 ± 0.005 ($n=2$) in the humic paleosol itself, and 0.130 ± 0.017 ($n=3$) in loess below the upper humic paleosol (Fig. 1). A graphical representation of these results shows distinct overlap between the data; there are no statistically significant differences between them (Fig. 2a). A similar invariance is observed in the free amino acid (FREE) data over this interval (Figs. 1 and 2b).

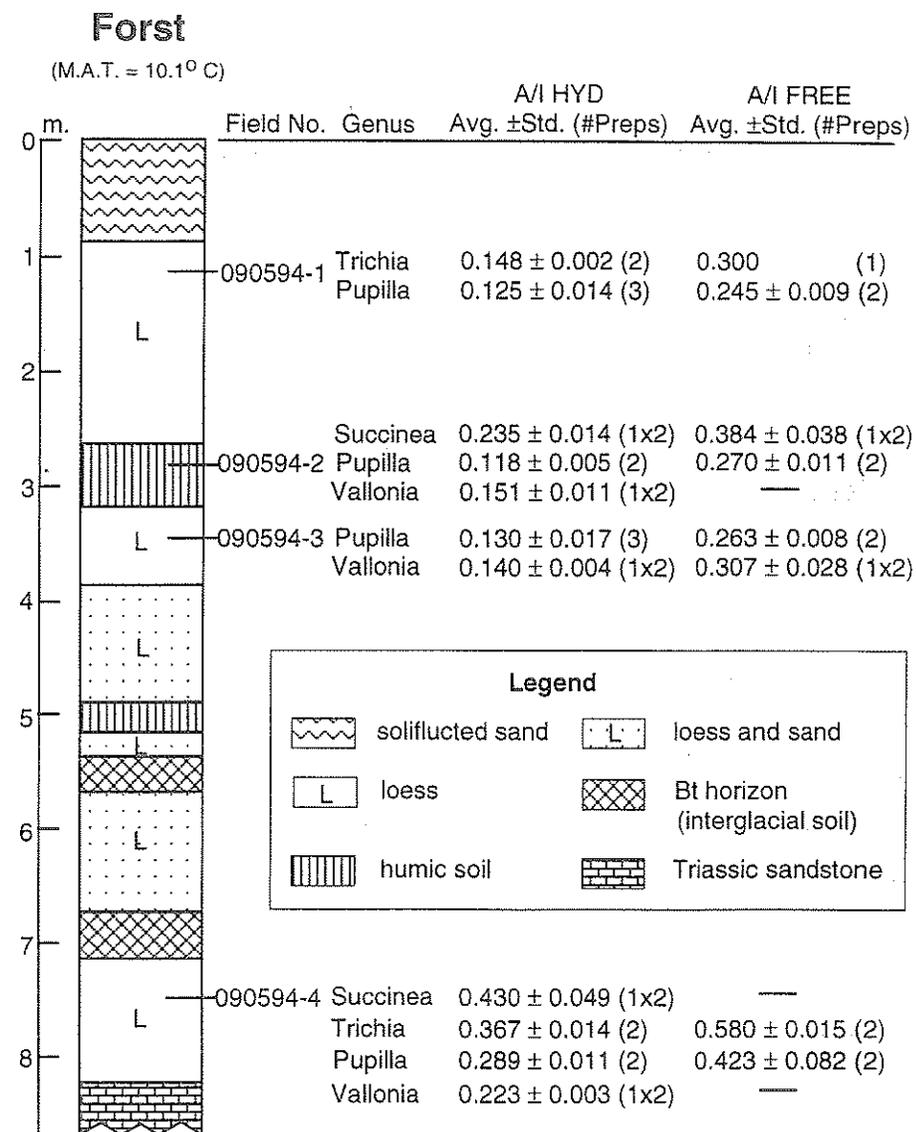


Fig. 1 Generalized stratigraphy of the loess-paleosol sequence at Forst

(after Weidenfeller and Zöller 1995).

Alle/Ile ratios are presented for individual gastropod genera at sampled stratigraphic units

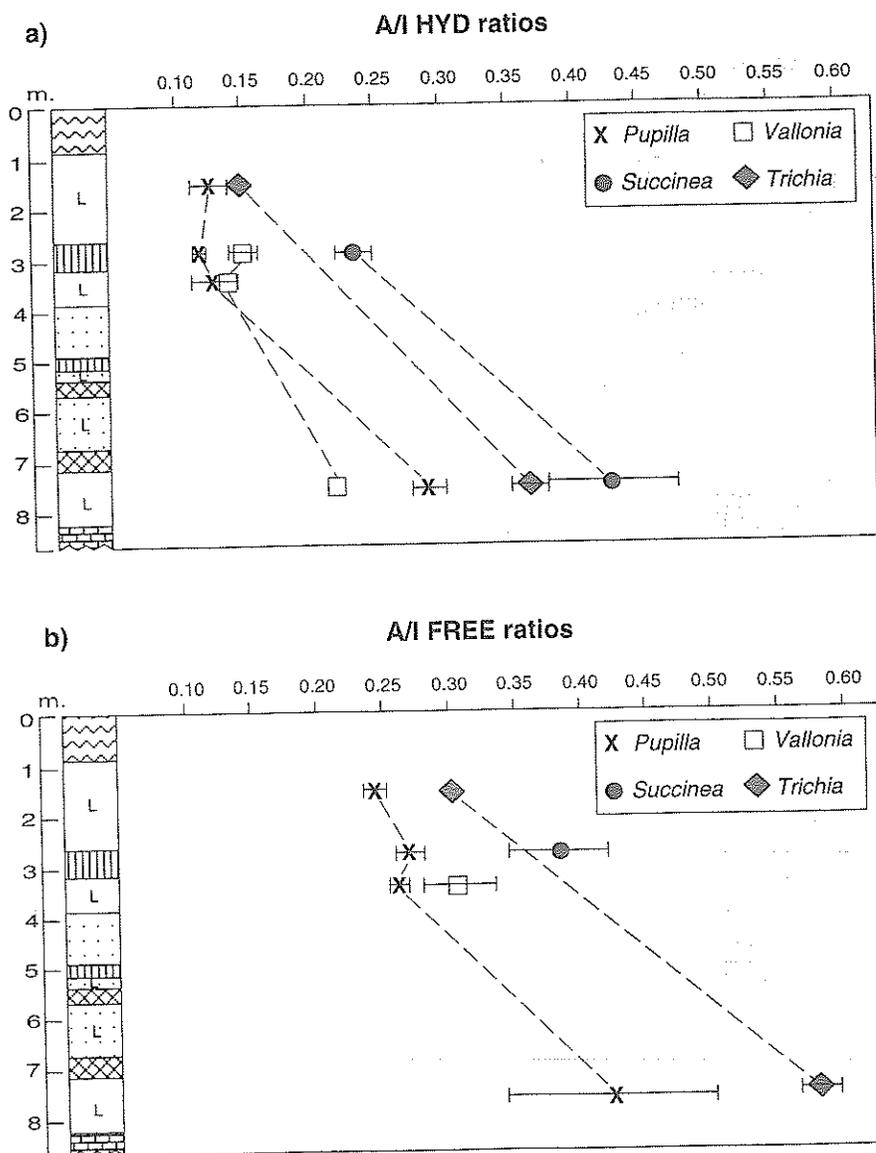


Fig. 2 Plots of (a) total acid hydrolysate (HYD) and (b) free amino acid (FREE) alle/le ratios vs. sample depth for all gastropod genera recovered at Forst

Symbols indicate means for each genus at each sampled interval. Data is derived from Fig. 1

Substantially higher alle/le ratios were measured in *Pupilla* shells sampled directly below the lower fossil Bt horizon (Figs. 2a and b). HYD values average 0.289 ± 0.011 ($n=2$) and the free fraction yields a mean of 0.423 ± 0.082 ($n=2$) (Fig. 1). These data show a significant increase, more than a doubling, in alle/le ratios from the upper three sampled horizons to loess below the lower Bt horizon. The remarkable increase is caused by time and the high effective diagenetic temperature experienced by the samples during the formation of the two intercalated interglacial soils.

3 Relative Age Interpretation

The sampled horizons revealing the two apparent clusters of alle/le ratios can be distinguished as two distinct sets of stratigraphic units which represent two distinct glacial periods separated by two identified interglacial soils (Fig. 1). Comparison of the aminostratigraphic data obtained at Forst (M.A.T. = 10.1°C) with results from other central European loess-paleosol sequences (OCHES 1994; OCHES & MCCOY 1995; OCHES & MCCOY in press) suggests a correlation between the upper three sampled horizons and deposits of the penultimate glacial (oxygen isotope stage 6). This would imply erosion of the last interglacial soil (Eem) at this site. Aminostratigraphic results at Forst do not support the tentative correlation of the upper humic paleosol with the Eem soil as discussed by WEIDENFELLER & ZÖLLER (1995) based on a TL age of ca 135 ka. The similarity of alle/le values measured in *Pupilla* shells from the upper three horizons suggests that during the formation of the upper humic soil either the effective diagenetic temperature remained low, keeping the isoleucine epimerization rate at a reduced level, or the interval was short, or both.

Furthermore, a likely correspondance is suggested between loess below the lower fossil Bt horizon and loess of glacial cycle E (KUKLA 1977) (possibly correlative with oxygen isotope stage 10), based on aminostratigraphic correlations with several localities in Hungary and Slovakia. At Komjatice (M.A.T. = 9.6°C), Slovakia, *Pupilla* collected from cycle E loess (loess below PK V) yield HYD alle/le ratios of 0.263 ± 0.023 ($n=4$) and FREE values of 0.490 ± 0.005 ($n=3$) (OCHES 1994); these data are very similar to results from the lowest loess exposed at Forst. At Paks (M.A.T. = 10.9°C), Mende (M.A.T. = 10.3°C) and Basaharc (M.A.T. = 10.7°C), Hungary, HYD values for *Pupilla* sampled from cycle E loess (unit 4) are 0.283 ± 0.058 ($n=8$) and also compare well with data obtained for the lowest loess at Forst (OCHES 1994). In the free fraction, however, *Pupilla* alle/le ratios obtained from cycle D loess (0.486 ± 0.010 ; $n=1 \times 3$) show a closer resemblance to FREE values from the lowest loess at Forst than those from cycle E loess (0.528 ± 0.014 ; $n=6$). More data is needed to confidently confine the relative age of the lowest loess exposed at Forst.

4 Acknowledgements

Shell material for the upper three sampled horizons was provided by the geological survey of Rheinland-Pfalz. I would like to thank Dr. M. Weidenfeller, geological survey of Rheinland-Pfalz, and Dr. L. Zöller, Forschungsstelle Archäometrie at Heidelberg, for introducing me to this locality and for their generous assistance during field investigations and sampling. Dr. W. D. McCoy, Dept. of Geosciences, University of Massachusetts at Amherst, USA, assisted with helpful comments on the manuscript.

D. Gnieser

5 Malacological Results

The shells from the sampled horizons (Fig. 1) were sieved and washed. The number of individuals of each species is listed in Table 1. Shells for amino acid analyses were selected after counting of the individuals.

Table 1 Malacological Results from the Forst Section

Species	090594-3	090594-2	090594-1
<i>Abida secale</i>	-	13	-
<i>Arianta arbustorum</i>	1	1	1
<i>Candidula unifasciata</i>	-	1	-
<i>Chondrula tridens</i>	-	22	-
<i>Clausilia bidentata</i>	-	15	-
<i>Clausilia dubia</i>	-	1	-
<i>Clausilia sp.</i>	3	-	1
<i>Cochlicopa lubricella</i>	1	3	-
<i>Columella columella</i>	1	-	-
<i>Euconulus fulvus</i>	-	2	-
<i>Helicella itala</i>	-	-	1
<i>Oxychilus cellarius</i>	-	5	-
<i>Punctum pygmaeum</i>	1	7	-
<i>Pupilla alpicola</i>	46	-	57
<i>Pupilla muscorum</i>	266	145	108
<i>Pupilla sp.</i>	219 *	-	138
<i>Succinea oblonga</i>	-	15	1 <i>var. elongata</i>
<i>Trichia hispida</i>	25	14	115
<i>Vallonia costata</i>	46	215	-
<i>Vallonia pulchella</i>	91	81	-
<i>Vallonia sp.</i>	75	119 (apertures)	-
<i>Vertigo pymaea</i>	-	26	-
Slugs	38	19	12

* to be dispatched between *Pupilla alpicola* and *Pupilla alpicola*.

090594-3: The occurrence of *Columella columella* would indicate a tundra like environment, in association with *Pupilla alpicola* which is also a cold indicator. As the number of *Columella columella* are very few, however, this mollusc assemblage cannot indicate full glacial conditions, what is called *Columella* assemblage. On the contrary, the environment was wet and open.

090594-2: The occurrence of *Abida secale* and *Chondrula tridens* in this assemblage is indicative of interstadial conditions. The temperature is warmer than in the previous sample allowing the growth of arboreal vegetation. Species like *Oxychilus* and *Euconulus* are shadow demanding.

090594-1: The occurrence of *Helicella itala* could indicate an interstadial climate which is in disagreement with the high number of individuals of *Pupilla alpicola*. Also a tall *Succinea oblonga* was found (*var. elongata*) which is only recognized in assemblages of pleniglacial conditions. Here we have a *Pupilla* assemblage which is indicator of loess steppe conditions. The assemblage is not a typical *Pupilla* community, however, as *Pupilla sterri* and *Pupilla loessica* which are characteristic of steppe conditions, strongly xerophilous, are lacking.

D. - D. Rousseau

Bibliography

- KUKLA, G. J. (1977): Pleistocene land-sea correlations. - I. Europe: - Earth Science Reviews, 13: 307-374; Amsterdam, London, New York.
- MEYER, V. R. (1991): Amino acid racemization: A tool for dating? - In: AHUJA, S. [ed.]: Chiral separations by liquid chromatography. - American Chemical Society: 217-227; Washington D. C.
- MILLER, G. H. & HARE, P. E. (1980): Amino acid geochronology: Integrity of the carbonate matrix and potential of molluscan fossils. - In: HARE, P. E. & HOERING, T. C. & KING, K. Jr. [eds.], Biogeochemistry of Amino Acids. - 415-443; New York.
- MILLER, G. H. & MANGERUD, J. (1985): Aminostratigraphy of European marine interglacial deposits. - Quaternary Science Reviews, 4: 215-278; Oxford.

- MILLER, G. H. & BRIGHAM-GRETTE, J. (1898): Amino acid geochronology: Resolution and precision in carbonate fossils. - *Quaternary International*, 1: 111-128; Oxford.
- OCHES, E. A. (1994): Aminostratigraphy, geochronology and paleoclimatology of central European loess deposits. - Ph. D. thesis, Univ. Massachusetts: 1-227 p.; Amherst.
- OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. (1995): Aminostratigraphic evaluation of conflicting age estimates for the "young loess" of Hungary. - *Quaternary Research*, 44: 160-170; San Diego, New York.
- OCHES, E. A. & MCCOY, W. D.: Amino acid geochronology applied to the correlation and dating of central European loess deposits. - *Quaternary Science Reviews*; Oxford. - [In press].
- WEHMILLER, J. F. (1977): Amino acid studies of the Del Mar, California, midden site: apparent rate constants, ground temperature models, and chronological implications. - *Earth and Planetary Science Letters*, 37: 184-196; Amsterdam.
- WEIDENFELLER, M. & ZÖLLER, L. (1995): Mittelpleistozäne Tektonik in einer Löß-Paläoboden-Abfolge am westlichen Rand des Oberrheingraben. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, 24: 87-101; Mainz.

Addresses of the Authors:

Dagmar Grieser, Dept. of Geology and Geography, Box 35820, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003-5820, U.S.A.

Dr. Denis-Didier Rousseau, Paléoenvironnements & Palynologie, Inst. des Sciences de l'Évolution (URA CNRS 327), Université Montpellier II - pl. E. Bataillon, case 61, F-34095 Montpellier cedex 05, France.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	109-130	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	---------	------------------------

Stopp 2

Zur Geoarchäologie der paläolithischen Fundschichten von Wallertheim/Rheinhessen

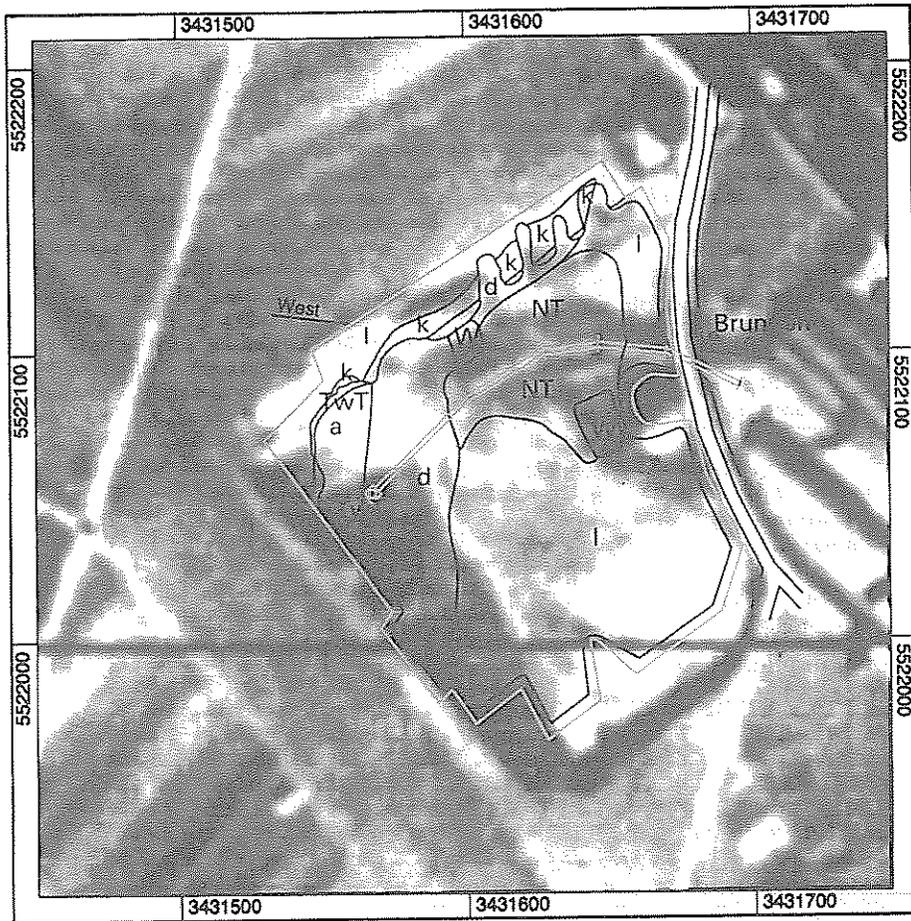
J. Preuß, A. Rebholz, Th. Schneidermeier & L. Zöller

mit 7 Abb. und 5 Tab.

1 Geomorphologische Untersuchungen und Rekonstruktionen in der ehemaligen Lehmgrube Wallertheim

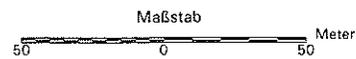
Ziel der geomorphologischen Untersuchungen ist die Rekonstruktion des Paläoreliefs zur Zeit der Ablagerung der Knochen und Artefakte im Bereich der zuerst von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) beschriebenen Fundstelle. Dazu sind Sondierungsbohrungen in einem 10-Meter-Raster mit organoleptischer Ansprache des Bohrgutes und Probenengewinnung durchgeführt worden. Um Unsicherheiten der Ansprache auszuschließen, wurden die Proben geochemisch untersucht und die Ergebnisse mit statistischen Methoden zusammengefaßt. Durch spezielle chemische Untersuchungen konnten erste geochemische Merkmale gefunden werden, die Aussagen darüber zulassen, ob potentielle Fundhorizonte angeschnitten worden sind. Damit zeichnet sich eine Prospektionsmethode ab, die die systematische Durchmusterung geeigneter Lößakkumulationen für archäologische Zwecke möglich und sinnvoll machen würde (s. Beiträge von A. REBHOLZ und TH. SCHNEIDERMEIER).

Ein weiteres Ziel ist es, den zahlreichen Arbeiten über die ehemalige Lehmgrube in Wallertheim durch die Erstellung von Luftbildplänen (1934, 1945, um 1960, um 1970) einen gesicherten räumlichen Rahmen zu geben. Bisher ist bereits die Übertragung der Befunde von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) sowie von FAULER (1938) gelungen (s. Abb. 1 u. 2). Das Luftbild von 1945 wurde auf Grundlage der



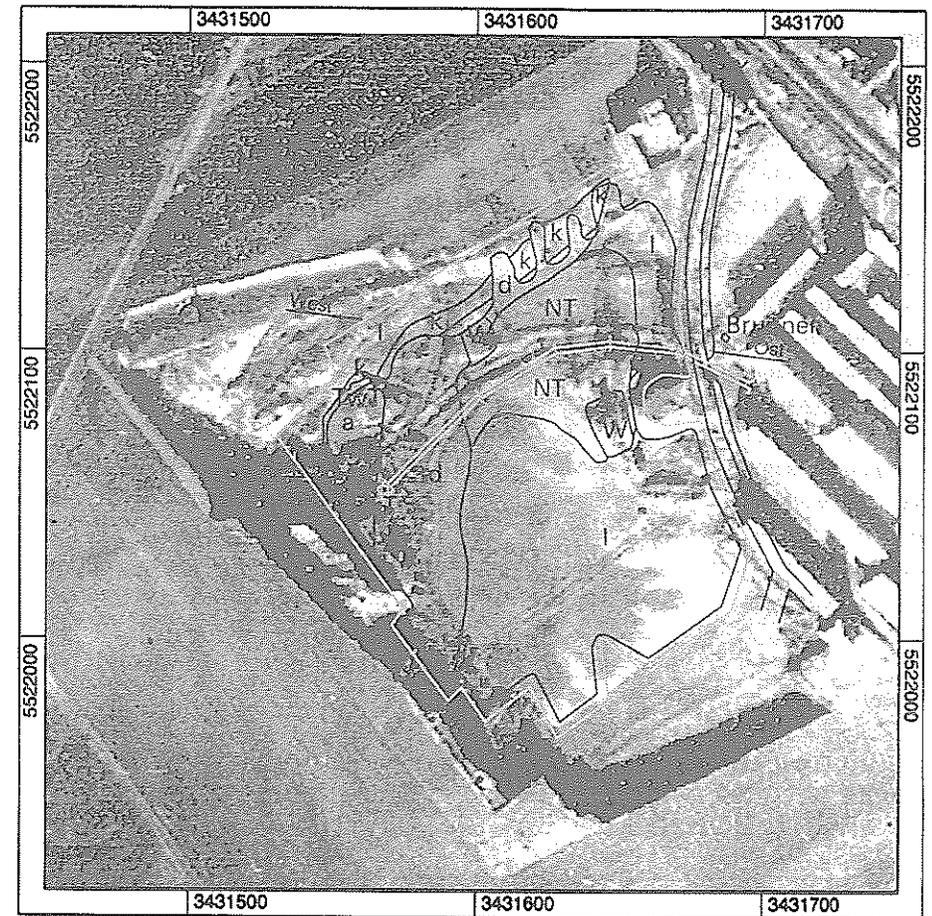
Bildquelle:
Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und
Raumordnung, Luftbilddatenbank H.G. CARLS,
Würzburg

CAD und Bildbearbeitung: T. Hens



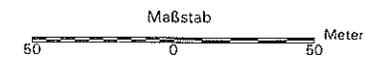
- a Schleichsand, Mergel
- d Umgelagerter, unverlehmter Jüngerer Löß I
- k Verlehmter Jüngerer Löß I
- I Jüngerer Löß II
- NT Niederterrasse
- TwT Talwegterrasse
- W Wasserloch
- Geologische Aufnahme nach SCHMIDTGEN & WAGNER, 1929

Abb. 1 Rekonstruktion der Aufschlußverhältnisse in Wallerthaim 1934 nach Luftbild



Bildquelle:
Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und
Raumordnung, Luftbilddatenbank H.G. CARLS,
Würzburg

CAD und Bildbearbeitung: T. Hens



- a Schleichsand, Mergel
- d Umgelagerter, unverlehmter Jüngerer Löß I
- k Verlehmter Jüngerer Löß I
- I Jüngerer Löß II
- NT Niederterrasse
- TwT Talwegterrasse
- W Wasserloch
- Geologische Aufnahme nach SCHMIDTGEN & WAGNER, 1929

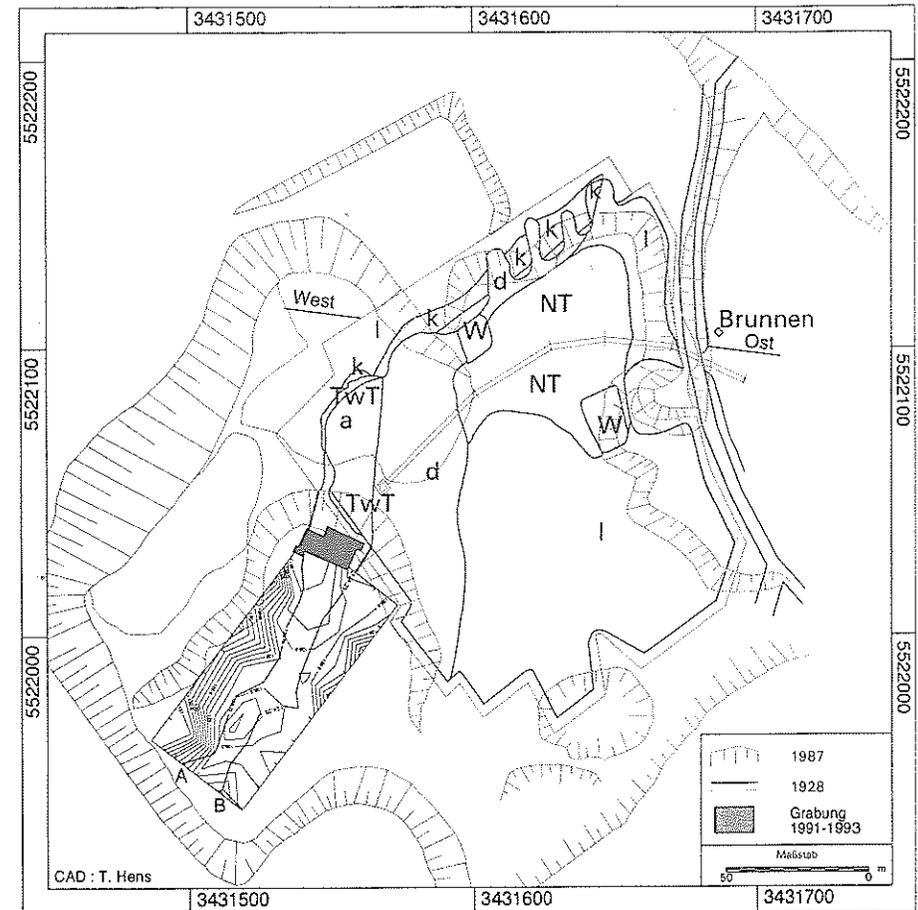
Abb. 2 Rekonstruktion der Aufschlußverhältnisse in Wallerthaim 1945 nach Luftbild

DGK 5 entzerrt und das Bild von 1934 in die Entzerrung eingepaßt. Die Überlagerung mit der Kartierung von WAGNER erfolgte nach Paßpunkten, die sich aus dem Vergleich der Kartierung von 1928 und dem Luftbild von 1934 (s. Abb. 1) ergaben. Damit waren die drei Zeitschnitte in das Koordinatensystem der Deutschen Grundkarte eingehängt. Als Ergebnis zeigt Abb. 3 nicht nur die Lage der Kartierung und Profile von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) und FAULER (1938), sondern auch die Lage der Grabungsfläche von CONARD (1991-1994) sowie die Ergebnisse der Raster-sondierung von REBHOLZ (1995). Zu unserer Überraschung grenzen die Grabungsflächen von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) und CONARD (1995a) dicht aneinander. Dies erklärt die auffällige Übereinstimmung der heutigen Aufschlußverhältnisse mit Abb. 4 (nach SCHMIDTGEN & WAGNER 1929). Der in Abb. 3 integrierte Höhen-schichtenplan der Untergrenze der Humuszone (vgl. Abb. 6, a) läßt den nordwestlichen Rand der ehemaligen Flußau erkennen. Die Linie A stellt die Streichkurve der Mergeloberfläche bei 126,75 m NN und damit die Untergrenze der Fundschicht dar. Sie schwenkt auf die Grenze Schotter/Mergel in der Kartierung von WAGNER ein. Linie B stellt diese Streichkurve bei 124,25 m NN dar. Sie läßt sich recht gut mit der von WAGNER konstruierten Grenze zwischen Schleichsand-Mergel (a) und umgelager-tem Löß (d) auf der Grubensohle in 124 m NN verbinden. Diese Fläche (d) zeichnet den Verlauf der Rinne nach, in der durch die Sondierungen Schotter in 123 m NN nachgewiesen wurden. Insgesamt ergibt sich ein fluvial und kolluvial geprägtes, teils äolisch verhülltes Relief.

Drittes Ziel der Untersuchung ist es, ein Standardprofil für Wallertheim zu erstellen, in dem die in den letzten 70 Jahren erkannten Schichten möglichst vollständig erfaßt und analytisch dokumentiert sind. In der Arbeit von SCHNEIDERMEIER (1995) sind dazu erste Schritte getan.

Die Profile von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) sowie von FAULER (1938) zeigen im Vergleich mit den späteren Bearbeitungen, besonders im Bereich der Niederterrasse sowie den überlagernden jüngeren Deckschichten, Untersuchungsbedarf. Ein Teil der hangenden Schichten über dem Fundhorizont, z. B. CONARD's "Fifth sedimentary cycle" (1995a), lag nach der Darstellung von FAULER (1938) (s. Abb. 5) auch über der Niederterrasse und zeigt damit eine erhebliche Diskordanz an.

Nach LESER (1970) konnte zwischen 1963 und 1967 die von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) in ca. 124 m NN festgestellte Niederterrasse nicht mehr aufgefunden werden. Unserer Rekonstruktion entsprechend muß die Niederterrasse aber sowohl in Teilen der NW-Wand wie auch am östlichen Rand der Grube, im Damm nördlich des Tunnels, mit Deckschichtenprofilen erhalten sein.



- | | | | |
|---|--|-----|----------------------------------|
| — | Geologische Aufnahme nach SCHMIDTGEN & WAGNER, 1929 | | |
| — | Verbindung Kartierung WAGNER / Raster-sondierung REBHOLZ | | |
| a | Schleichsand, Mergel | NT | Niederterrasse |
| d | Jüngerer Löß I | TwT | Talwegterrasse |
| d | Umgelagerter, unverlehmteter Jüngerer Löß I | W | Wasserloch |
| k | Verlehmteter Jüngerer Löß I | A | Mergeloberfläche bei 126,75 m NN |
| l | Jüngerer Löß II | B | Mergeloberfläche bei 124,25 m NN |

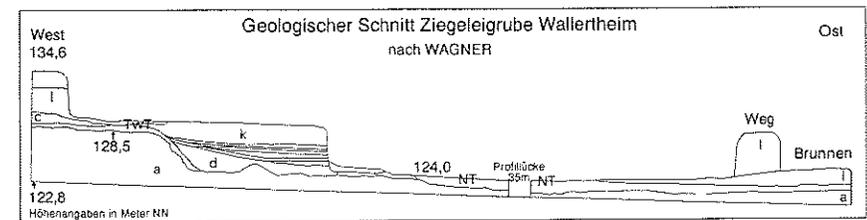


Abb. 3 Rekonstruktion der Aufschlußverhältnisse in Wallertheim 1987 nach Deutsche Grundkarte 1 : 5000 (s. auch Abb 6,a)

Wesentlich erscheint es ferner, die in geringen Mengen erhaltenen, rißzeitlichen Lössschichten analytisch zu dokumentieren. Reste befinden sich direkt nordwestlich der Grabung (s. Abb. 4) und in einem kleinen Vorkommen auf der oberen Abbausohle in der Nähe der heutigen SW-Wand, hier unter einem Bodenrelikt, über der Schotterterrasse. Zu untersuchen ist auch das Terrassen-niveau bei 123 m NN, das durch das gesamte Deckschichtenprofil überlagert wird.

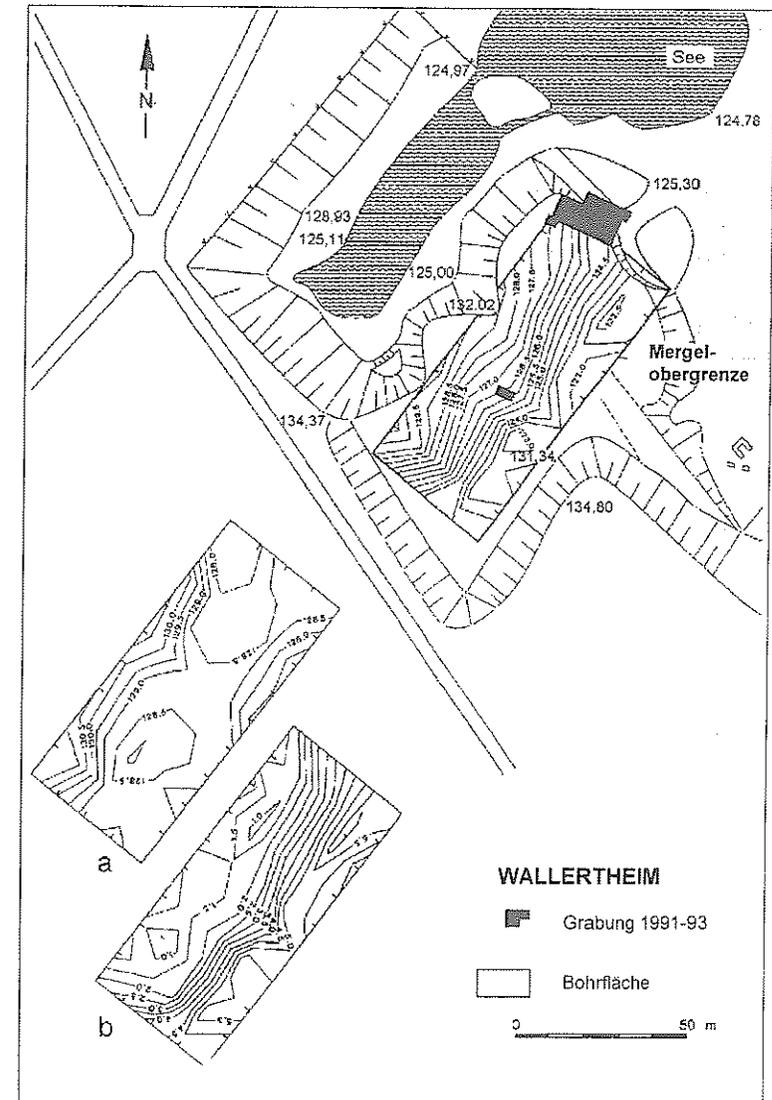
Diese Beobachtungen leiten zu folgenden Interpretationen über: Das Terrassenniveau bei 123 m NN beweist, daß nach Ablagerung der untersten Stufe der Talwegterrasse (Basis ca. 128 m NN) und des diese bedeckenden älteren Lösses, eine Einschnidung auf 123 m NN und Wiederauffüllung bis ca. 127,5 m NN erfolgte. Schon aus den Profilen von SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) war zu entnehmen, daß ein solches Niveau unter 124,90 bzw. 124,25 m NN vorhanden gewesen sein muß, da die Basis des "umgeschwemmten Jüngeren Löß I" nicht aufgeschlossen war (siehe z. B. Abb. 4).

Von CONARD (1995a) ergrabene Spuren von Massenbewegungen im Schleichsandmergel unter den Fundschichten deuten ebenfalls auf dieses tiefliegende ältere fluviatile Niveau hin. Darüber hinaus haben Massenbewegungen auch später die Fundschichten und Humuszonen verstellt. Sie dürften auf die Tiefenerosion der Niederterrasse zurückgehen, verbunden mit veränderten klimatischen Bedingungen. Die Störung ist im Profil nur bis in das Schwarzerdekolluvium (Cycle 5) nachweisbar und daher nach deren Ablagerung entstanden.

J. Preuß

2 Rastererkundung zur Rekonstruktion des Paläoreliefs

Hinweise für die stratigraphische Einordnung der Fundschichten liefern die Deckschichtenprofile, insbesondere die sog. Eitviller-Tephra mit einem Alter von ca. 20 000 ^{14}C -Jahren. Sie ist allgemein als Leithorizont anerkannt (SEMMELE 1967). Bei den älteren vulkanischen Ablagerungen differieren die Altersangaben und stratigraphischen Einordnungen. Die Wallertheimer Tephra zum Beispiel wird von ANDRES (1969) und BRÜNING (1975) mit der Rambacher Tephra gleichgesetzt, die über dem nach SCHÖNHALS & ROHDENBURG & SEMMELE (1964) ca. 30 000 ^{14}C -Jahre alten Lohner-Boden liegt. BRUNNACKER & TILLMANN (1978) äußerten andererseits, daß die Wallertheimer Tephra nicht identisch mit der Rambacher Tephra sein kann (s. a. BOSINSKI et al. 1985).



Quelle: PREUSS/REBOLZ 1995

Abb. 6 Ziegeleigrube Wallertheim - Ergebnisse der Rastererkundung

Angaben in Metern ü. NN

a: Höhenlage der Untergrenze der Humuszone

b: Mächtigkeit der Ablagerungen zw. Humusuntergrenze und Mergelobergrenze (in Metern)

Ziel der Arbeit war es, das Paläorelief zur Zeit der Ablagerung der Fundhorizonte zu rekonstruieren. Dazu war die Erfassung vollständiger Deckschichtenprofile durch Rammkernsondierungen vorgesehen (REBHOLZ 1995). Auf der früheren oberen Abbausohle (ca. 130 - 132 m NN) wurden zunächst einige Sondierungen im direkten räumlichen Anschluß südwestlich der Grabung 1991 durchgeführt, um die Grabung 1992 vorzubereiten. Anschließend wurde die gesamte freie Fläche der oberen Abbausohle von der Grabung bis zur SW-Wand der Grube im 10 m Raster erkundet (90 m x 40 m) (s. Abb. 6). Die dazu erforderlichen 56 Bohrungen wurden mit Nutstangen Ø 28 mm jeweils bis zur Tertiärbasis ausgeführt. Die ca. 950 gewonnenen Proben wurden im Gelände bezüglich Farbe, Kalkgehalt und Bodenart untersucht. Sie standen danach der weiteren Bearbeitung im Labor zur Verfügung (s. SCHNEIDERMEIER 1995). Desweiteren wurden an den Aufschlußwänden ungestörte Proben entnommen und ergänzende Sondierungen, auch außerhalb der Grube, durchgeführt.

Aus den gewonnenen Werten der Höhenlage, in der Nutstange gut erkennbarer Schichtgrenzen, wurden mit Hilfe des Computerprogramms "Surfer" Isolinien-Karten berechnet, die die Höhenlage und Mächtigkeit der einzelnen Schichten darstellen.

Aufgrund der Auswertungen der Bohrergebnisse konnte erstmalig ein dreidimensionales Bild der Lage einzelner Schichten und Horizonte im direkten Anschluß an die Grabung erstellt werden (s. Abb. 6). Als Ergebnis der Rastererkundung ist festzustellen, daß in dem erkundeten Block die westliche Auengrenze im Niveau der Fundschicht auf mehr als 100 m Länge erhalten ist. Im Liegenden der Fundschicht (s. Abb. 6, b) treten Sedimentmächtigkeiten von 1,0 - 5,5 Meter auf. Darin enthalten ist eine durch Schotter kenntliche Flußterrasse bei ca. 123 m NN. Das Hangende wird durch zwei Humuszonen und Löß gebildet. Es unterschreitet das Niveau 128 m NN nur am SE-Rand aufgrund jüngerer Verlagerung der Schichten (s. Abb. 6, a).

A. Rebholz

3 Geochemische Untersuchungen und multivariate Statistik zur Rekonstruktion des Paläoreliefs

Durch die Rekonstruktion des Paläoreliefs soll die räumliche Lage von sechs paläolithischen Fundschichten festgestellt werden. Sie befinden sich in den Sedimenten zwischen der Mergeloberfläche und der Untergrenze der Altwürm-Humuszonen (CONARD et al. 1995). Die stratigraphische Lage der Fundschichten ist aufgrund von Umlagerungsprozessen und vertikalen Verstellungen kompliziert, so daß ihre räumliche Lage durch organoleptische Befunde nur teilweise ermittelt werden konnte

(vgl. REBHOLZ 1995). Dieser Beitrag stellt eine Möglichkeit vor, wie sich das Problem mit Hilfe geochemischer und statistischer Methoden lösen läßt.

Von den im Rahmen der Rastererkundung gewonnenen 950 Proben aus insgesamt 73 Rammkernsondierungen wurden 392 aus 40 Profilen sowie 16 Vergleichsproben aus der Grabungswand im Niveau der Fundschichten entnommen. Diese Substrate wurden auf 15 chemische Parameter untersucht (Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, C, CO₃²⁻). Durch Verwendung von präparativ und analytisch verhältnismäßig wenig aufwendigen, aber hinreichend genauen Meßmethoden konnten etwa 6 000 Daten gewonnen werden (Spurenelemente: Röntgenfluoreszenzspektrometrie - PW 1404 der Fa. SIEMENS, Kohlenstoff: IR-Spektrometrie - CS-225 der Fa. LECO, Carbonat: Volumetrie - Apparatur nach SCHEIBLER). An multivariaten statistischen Methoden wurden die Cluster-, Diskriminanz- und Varianzanalyse eingesetzt. Mit Hilfe einer Clusteranalyse ließen sich chemisch ähnlich zusammengesetzte Proben zu Clustern gruppieren, die Diskriminanzanalyse diente zur Optimierung der Gruppensammensetzung, und die Varianzanalyse überprüfte die Homogenität der Gruppen. Um bei der Clusteranalyse eine Verzerrung der Gruppensammensetzung zu verhindern, wurden zunächst alle Variablen standardisiert und die hochkorrelierenden Variablen Ga und Rb von den statistischen Analysen ausgeschlossen. Mit Hilfe eines Distanzmaßes ließ sich im folgenden Schritt die Ähnlichkeit zwischen den einzelnen Sedimentproben quantifizieren. Auf dieser Grundlage wurden die beiden chemisch am engsten verwandten Proben zu einem Cluster zusammengefaßt (vgl. Tab. 1).

Tab. 1 Elementzusammensetzung der beiden chemisch ähnlichsten Proben

Rechts-/ Hochwert	Probe	C ges [%]	C anorg [%]	V [ppm]	Cr [ppm]	Co [ppm]	Ni [ppm]	Cu [ppm]	Zn [ppm]
00/04	12	0,8	0,3	85	119	14	45	26	73
06/00	12	0,7	0,1	83	121	13	44	26	74

Rechts-/ Hochwert	Probe	Sr [ppm]	Y [ppm]	Zr [ppm]	Nb [ppm]	Ba [ppm]
00/04	12	141	33	393	16,6	485
06/00	12	128	33	379	16,6	495

Tab. 3 Mittelwerte und Standardabweichung der Variablen in den einzelnen Clustern

Cluster	Fälle	Variablen																											
		Ba		Co		Cr		Cu		Nb		Ni		Sr		V		Y		Zn		Zr		C anorg		C			
		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		ppm		%		ges. %			
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s		
01	67	320	66	15,6	2,3	133	8,3	18,9	4,2	12,0	0,8	59	4,7	353	51	121	10	21	1	72	6	131	15	3,4	0,4	3,5	0,5		
02	50	399	43	14,9	6,6	100	9,3	13,4	3,5	11,0	1,0	41	4,7	384	61	77	10	22	2	53	7	244	39	3,2	0,9	3,4	0,7		
03	59	433	88	14,3	2,6	106	8,1	14,3	3,0	11,5	1,2	43	5,3	264	40	83	9	24	2	56	7	258	37	2,6	0,7	2,7	0,7		
04	49	424	50	16,9	3,1	123	8,7	21,7	4,0	13,3	1,5	56	5,5	244	42	104	13	25	2	74	9	194	26	1,7	0,6	1,8	0,6		
05	58	517	69	18,7	5,3	127	8,3	23,1	3,7	14,1	1,0	53	4,4	174	32	96	9	30	3	78	7	294	29	0,7	0,5	0,9	0,5		
06	4	113	153	32,5	13,7	161	6,8	57,3	4,2	14,8	0,5	100	1,4	225	19	142	5	36	3	157	12	192	15	0	0,1	0,8	0,1		
07	22	782	139	23,5	4,8	152	8,7	33,7	6,4	15,3	0,6	72	7,4	200	20	135	15	35	4	117	10	217	27	0,3	0,3	0,6	0,3		
08	32	414	52	15,4	2,7	87	13,6	18,7	3,2	8,4	1,5	42	5,4	173	49	73	10	18	3	52	7	149	40	0,9	0,6	1,1	0,6		
09	44	473	31	17,1	2,2	122	6,0	24,3	2,9	15,4	0,8	46	4,2	143	25	87	5	32	2	73	3	372	24	0,3	0,4	0,7	0,4		
10	4	442	73	93,5	22,5	113	16,7	18,2	3,4	12,5	2,7	40	7,1	189	70	83	16	28	6	64	10	295	78	1,3	1,0	1,3	1,0		
11	19	577	72	20,7	2,6	138	8,1	26,2	3,7	14,8	1,1	66	7,4	199	30	116	7	30	3	96	9	221	36	0,7	0,4	0,9	0,4		

Cluster 1	Schleichsand-Mergel	Green Tertiary marl	Cluster 7	Geschichteter grauer Ton mit organischen Ablagerungen ("graue obere Hälfte"), Fundschicht F "oben"	Stratified gray clay with organic deposits, gray upper part, Find horizon F (upper part)
Cluster 2	Untere umgelagerte Schotter und gelbbrauner Schluff	Lower gravels and yellow brown silt	Cluster 8	Kreuzgeschichtete Sande	Cross bedded sands
Cluster 3	Grauer gesprenkelter Schluff	Gray speckled silt	Cluster 9	Graubrauner Schluff mit eisenoxidgefüllten Biogallerien	Gray-brown silt with iron oxide filled biogalleries
Cluster 4	Obere umgelagerte Schotter	Upper gravels	Cluster 10	Fundsichten A, B, C, D	Find horizons A, B, C, D
Cluster 5	Rotbrauner tonreicher Schluff; aufgearbeiteter Schluff und Ton, Fundschicht E (Planum 1a)	Red-brown clay-rich silt; Reworked silt and clay, Find horizon E	Cluster 11	Fundsicht E	Find horizon E
Cluster 6	Geschichteter grauer Ton mit organischen Ablagerungen ("schwarze untere Hälfte"), Fundschicht F "unten"	Stratified gray clay with organic deposits, black lower part, Find horizon F (lower part)			

(x = Mittelwert; s = Standardabweichung)

Tab. 4 Ergebnisse der Analyse von Knochenproben

Knochenart	Tierart	Fundschicht	Ba ppm	Cr ppm	Ga ppm	Co ppm	Cu ppm	Ni ppm	Nb ppm	Rb ppm	Sr ppm	V ppm	Y ppm	Zn ppm	Zr ppm
atlas	<i>Bos/Bison</i>	C	2260	16	0,0	16	0	26	6	10	2244	16	22	126	78
tibia	<i>Bos/Bison</i>	E/F	2912	22	0,4	8	6	26	4	12	2098	34	12	142	54
mandible	<i>Equus</i>	F	1280	16	1,2	0	0	14	4	6	2314	8	44	100	78
maxilla	<i>Ursus</i>	E	1190	110	8,0	10	15	80	10	35	1765	255	20	115	85
metatarsus	<i>Equus</i>	A	4100	10	0,0	6	4	8	4	8	2392	12	16	134	32
radius	<i>Bos/Bison</i>	E	1832	116	2,6	48	18	72	4	14	1832	232	14	118	62
mandible	<i>Equus</i>	F	818	22	2,6	0	22	54	6	14	1994	28	18	78	60
horn	<i>Bos/Bison</i>	E	1034	100	1,6	22	16	72	4	12	1924	78	16	104	66

T. Schneidermeier

4 Thermolumineszenz-Datierungen von Lössen und Lößderivaten aus dem Profil Wallertheim

Vom Lößprofil in Wallertheim wurden bereits zweimal Thermolumineszenz-(TL)-Alter publiziert. Die Daten von WINTLE & BRUNNACKER (1982) sind die ersten TL-Daten von deutschen Lössen überhaupt. Vier Feinkorn-Proben (4 - 11 μm) im Hangenden des „Innerwürmboden I“ aus Lößschichten, die vom Liegenden der Wallertheimer Tephra bis ins Hangende der Eitviller Tephra reichen, lieferten überraschenderweise innerhalb ihrer 1σ -Fehlergrenzen von 10% einheitliche TL-Alter um 19 - 20 ka, so daß das chronometrische Alter der beiden Tephren identisch erscheint. Eine fünfte Probe aus Löß (vermutlich „Sechster Sedimentärer Zyklus“ in Abb. 7) im Hangenden der „Altwürm-Humuszone“ (vermutlich oberer Abschluß des „Fünften Sedimentären Zyklus“ in Abb. 7) ergab ein TL-Alter von $43,2 \pm 4,3$ ka. BUSCHBECK et al. (1992) datierten Quarzkörner der Fraktion 45 - 90 μm aus neun Lößproben, welche jeweils dicht oberhalb und unterhalb der Eitviller und der Rambacher Tephra entnommen wurden. Obwohl ihre Alter im Schnitt etwa 10 ka älter als die von WINTLE & BRUNNACKER (1982) aus vergleichbaren Horizonten sind, ist auch bei diesen Daten um 30 ka keine chronometrische Differenzierung zwischen den beiden Tephren mög-

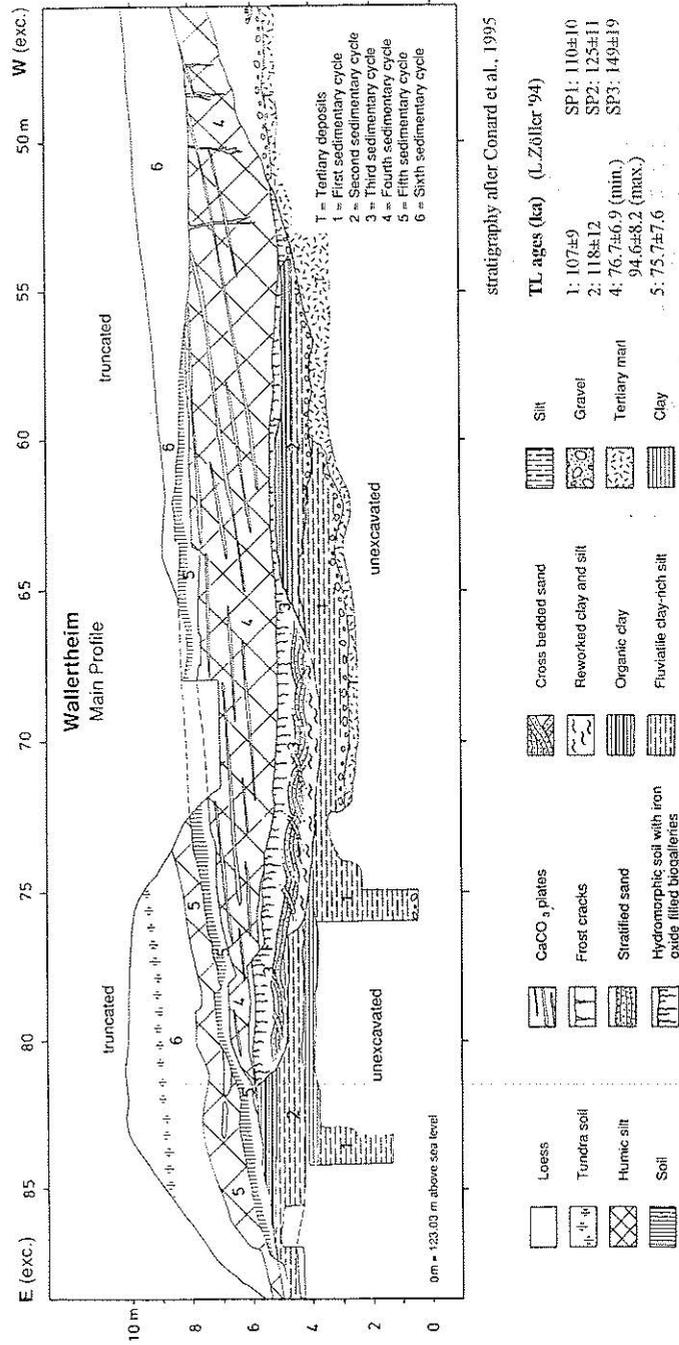


Abb. 7 Grabungsprofil Wallertheim, Sedimentationszyklen und TL-Datierungen

lich. Für das Profil Gräselberg hingegen bestätigen BUSCHBECK et al. (1992) die TL-Feinkornalter von ZÖLLER (1989) und datieren die Eltviller Tephra zwischen $21,4 \pm 2,5$ ka und $24,0 \pm 3,0$ ka. Ein Hinweis auf sehr rasche, „pulsartige“ Sedimentation von Oberwürmlössen ergibt sich neuerlich aus Daten vom „Profil C“ in Koblenz-Metternich (FRECHEN et al. 1995).

Erstmals wurde nun die TL-Datierungsmethode auf ältere würmzeitliche und präwürmzeitliche Sedimente von Wallertheim angewandt. Die Proben 1 - 5 grenzen die paläolithischen Fundhorizonte ein, während die Proben SP1-3 aus der Suchgrubung "South Pit" stammen. Von allen Probenentnahmestellen wurde vor Ort mittels eines tragbaren Vierkanal-NaJ-Gammaspektrometers die Umgebungsdosisleistung der ionisierenden Strahlung gemessen.

Die Probenaufbereitung nach der Feinkorntechnik ($4 - 11 \mu\text{m}$) unter gedämpftem Rotlicht erfolgte nach den bewährten Verfahren (s. Hinweise unter Exkursionsstandort Forst in diesem Band; s. a. WEIDENFELLER & ZÖLLER 1995). Zur Bestimmung der natürlichen Radioaktivität der Proben und der daraus, unter Berücksichtigung der Bodenfeuchte und des geringen Beitrags der Höhenstrahlung, zu berechnenden Dosisleistung wurden hochauflösende Gammaspektrometrie mittels Reinstgermanium-Planardetektors, Alpha-Scintillationszählung und Geiger-Müller-Betazählung eingesetzt. Die Ergebnisse stimmen innerhalb ihrer typischen Fehlergrenzen überein. Bei der Probe 1 legte die Gammaspektrometrie radioaktives Ungleichgewicht der ²³⁸U-Zerfallsreihe nahe, weshalb das berechnete Alter geringfügig zu jung sein kann.

Datierungsergebnisse und ihre Interpretation (s. Abb. 7):

Auch hier sei, wie im Falle der TL-Datierungen vom Profil Forst (s. Beitrag in diesem Band) vorangestellt, daß TL-Alter >ca. 100 ka nach heutigem Forschungsstand als Mindestalter zu interpretieren sind. Die angegebenen Fehler sind 1σ-Fehler. Die analytischen Daten und Datierungsergebnisse sind in Tab. 5 aufgelistet. Die stratigraphisch älteste Probe SP3 aus einem Sedimentationszyklus älter als der 1. Zyklus in der Grabungsfläche liefert mit 149 ± 19 ka erwartungsgemäß ein Reiß-Alter. Das TL-Alter der Probe SP2 (125 ± 11 ka) erlaubt an sich keine signifikante Zuordnung zum jüngsten Reiß oder ältesten Würm; nach den Lagerungsverhältnissen kommt stratigraphisch aber nur Reißlöß in Frage. Das TL-Alter der Probe SP1 läßt verschiedene Deutungen offen: es kann als Mindestalter oberrißzeitlichen Löss datieren, möglicherweise aber auch ältesten Würmlöss. Damit muß von der Datierungsseite her vorläufig die Frage offenbleiben, ob der an dieser Stelle vermißte fBt-Horizont einer eemzeitlichen Parabraunerde erodiert ist, und die Humuszone in ältestem, diskordant überlagern-

dem Würmlöß ausgebildet ist, oder ob der tiefste Teil des Aht-Horizontes der Humuszone die eemzeitliche Bodenbildung einschließt, d. h. ein Bt-Horizont nicht wie gewohnt zur Ausbildung kam bzw. makroskopisch von der Humuszone völlig überprägt wurde. Diese Frage stellt sich nicht nur in Wallertheim, sondern z. B. auch in Mainz-Weisenau, in Niederösterreich (Paudorfer Boden) und in Ungarn (MF₂-Boden; s. ZÖLLER et al. 1994; OCHES & MCCOY 1995), interessanterweise also in relativ kontinentalen Beckenlagen, die klimatisch heute beidseitig nahe der Grenze Mischwald/Waldsteppe der potentiell natürlichen Vegetation liegen. Zur Klärung dieser offensichtlich überlokal relevanten Frage müssen zusätzlich andere Methoden eingesetzt werden (vgl. Exkursion A, Stopp 1).

Tab. 5 Profil Wallertheim, analytische Daten und TL-Alter

Probe	Konzentrationen			a-Wert	Dosisleistung (Gy/ka)	ED (Gy)	Auswertetemperatur (°C)	TL-Alter (ka)
	U (µg/g)	Th (µg/g)	K (%)					
WAL1	3.33	8.59	1.67	0.092	3.72	1465±206	330-395	107± 9
WAL2	3.37	7.74	1.52	0.088	3.52	417± 28	330-395	118± 12
WAL4min (WAL4max)	3.71	12.28	1.98	0.096	4.71	361± 18 445± 18	315-345 315-325	76.7±6.9 94.6±8.2
WAL5	3.62	11.56	2.10	0.096	4.80	363± 27	320-420	75.7±7.6
WALSP1	2.83	11.94	2.09	0.080	4.07	447± 36	340-390	110± 10
WALSP2	2.97	7.92	1.22	0.089	3.19	399± 31	325-385	125± 11
WALSP3	2.74	7.74	1.57	0.085	3.35	499± 57	340-385	149± 19

Die warmzeitlichen Schwemmlöse und Hochflutlehme des 1. sedimentären Zyklus dürften, zumindest im oberen Teil mit den TL-Proben 1 ($\geq 107 \pm 9$ ka) und 2 (118 ± 12 ka) ins letzte Interglazial zu stellen sein. Allerdings erlauben die TL-Daten keine sichere Korrelation mit der Sauerstoffisotopen-Unterstufe 5e oder 5c.

Für die Probe 4 sind in Abb. 7 zwei Alterswerte eingetragen, von denen der höhere ($94,6 \pm 8,2$ ka) ein Maximalalter und der niedrigere ($76,7 \pm 6,9$ ka) ein modellhaftes Minimalalter (längstes Plateau) darstellt. Bei der Probe 5 unterscheidet sich das angegebene Alter für das längste Plateau ($75,7 \pm 7,6$ ka) praktisch nicht vom Alter nach der Totalbleichungs-Methode ($77, 9 \pm 7,8$ ka). Da die Proben 4 und 5 demselben sedimentologischen Zyklus entstammen, erscheint das Modellalter der

Probe 4 ($76,7 \pm 6,9$ ka) zuverlässiger als das Maximalalter. Damit wird eine Korrelation der leicht verlagerten und zerscherten, vergleyten Humuszone mit der jüngsten Unterstufe (5a) der Sauerstoffisotopen-Stufe 5 nahegelegt.

L. Zöllner

Literatur

- ANDRES, W. (1969) Über vulkanisches Material unterschiedlichen Alters im Löß Rheinhessens. - Mainzer naturwiss. Arch. **8**: 134-139; Mainz.
- BERGER, G. W. (1990): Regression and error analysis for a saturating-plus-linear model. - Ancient TL, **8**: 23-25; Durham.
- BOSINSKI, G. & BRUNNACKER, K. & KRUMSIEK, K. & HAMBACH, U. & TILLMANN, W. & URBAN-KÜTTEL, B. (1985): Das Frühwürm im Lößprofil von Wallertheim/Rheinhessen. - Geol. Jb. Hessen, **113**: 187-215; Wiesbaden.
- BRÜNING, H. (1975): Paläogeographisch-ökologische und quartärmorphologische Aspekte im nördlichen und nordöstlichen Mainzer Becken. - Mainzer naturwiss. Arch., **14**, 5-91; Mainz.
- BRUNNACKER, K. & TILLMANN, W. (1978): Die vulkanischen Tuffe im Lößprofil von Wallertheim/Rheinhessen. - Geol. Jb. Hessen, **106**, 255-259; Wiesbaden.
- BUSCHBECK, H. M. & CHUN, H. - U. & DÖNIG, R. & GESSLER, R. (1992): Thermoluminescence dating of loess horizons in Wiesbaden-Gräselberg and Wallertheim by the quartz inclusion method. - Quaternary Science Reviews, **11**: 19-23; Oxford.
- CONARD, N. J. (1992): Tönchesberg and its position in the Paleolithic prehistory of northern Europe. - Habil. Schr., Univ. Bonn: 176 S.; Bonn.
- CONARD, N. J. & PREUSS, J. & LANGOHR, R. & HAESAERTS, P. & KOLFSCHOTEN, T. VON & BECZE-DEAK, J. & REBHOLZ, A. (1995a): New geological research at the Middle Palaeolithic locality of Wallertheim in Rheinhessen. - Archäol. Korrespondenzbl., **25**: 1-27; Mainz.
- CONARD, N. J. & ADLER, D. S. & FORREST, D. T. & KASZAS, P. J. (1995b): Preliminary archaeological results from the 1991-1993 excavations in Wallertheim. - Archäol. Korrespondenzbl., **25**: 13-27; Mainz.

- DANSGAARD, W. S. & JOHNSEN, J. & CLAUSEN, H. B. & DAHL-JENSEN, D. & GUNDESTRUP, N. S. & HAMMER, C. U. & HVIDBERG, C. S. & STEFFENSEN, J. P. & SVEINBJÖRNSDOTTIR, A. E. & JOUZEL, J. & BOND, G. (1993): Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. - *Nature*, **364**: 218-220; London.
- FAULER, W. (1938): Das Deckschichtenprofil und das geologische Alter der Moustierstation von Wallertheim (Rheinhausen). - *Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F.*, **27**, 116-140; Stuttgart.
- FIELD, M. H. & HUNTLEY, B. & MÜLLER, H. (1994): Eemian climatic fluctuations observed in a European pollen record. - *Nature*, **371**: 779-783; London.
- FIGIEL, B. (1979): Der mittelpaläolithische Fundplatz Wallertheim (Rheinhausen). - *Mag.-Arb., Univ. Köln*: 116 S.; Köln. - [Unveröff.].
- FRECHEN, M. & BOENIGK, W. & WEIDENFELLER, M. (1995): Chronostratigraphie des „eiszeitlichen Lößprofils“ in Koblenz-Metternich. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, **24**: 155-180; Mainz.
- GAUDZINSKI, S. (1992): Wisentjäger in Wallertheim: Zur Taphonomie einer mittelpaläolithischen Freilandfundstelle in Rheinhausen. - *Jb. Röm.-German. Zentr.-Mus.*, **39**: 245-423; Mainz.
- GAUDZINSKI, S. (1995): Wallertheim Revisited: a Re-analysis of the Fauna from the Middle Paleolithic Site of Wallertheim (Rheinhausen/Germany). - *J. Archaeological Science*, **22**: 51-66; London.
- Greenland Ice-core Project Members (GRIP) (1993): Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. - *Nature*, **364**: 203-207; London.
- KUKLA, G. J. (1977): Pleistocene land-sea correlations. I. Europe. - *Earth-Science Reviews*, **13**: 307-374; Amsterdam, London, New York.
- LESER, H. (1970): Die fossilen Böden im Lößprofil Wallertheim (Rheinheussisches Tafel- und Hügelland). - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **21**: 108-121; Öhringen.
- MEJDAHL, V. (1985): Thermoluminescence dating of partially bleached sediments. - *Nuclear Tracks*, **10**: 711-715; Oxford, New York.
- OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. (1995): Aminostratigraphic Evaluation of Conflicting Age Estimates for the "Young Loess" of Hungary. - *Quaternary Research*, **44**: 160-170; San Diego, New York.
- PREUSS, J. (1983): Pleistozäne und postpleistozäne Geomorphodynamik an der nordwestlichen Randstufe des Rheinheussischen Tafellandes. - *Marburger Geogr. Schr.*, **93**: 176 S.; Marburg.

- PREUSS, J. (1993): Zur Paläogeökologie des mittelpaläolithischen Fundplatzes in Wallertheim, Rheinhausen. - *Zwischenber. Arb.-Treffen 25.06.93 in Wallertheim; Mainz*. - [Unveröff.].
- PREUSS, J. & REBHOLZ, A. (1995): Geomorphology. - In: CONARD, N. J. et al: *New Geological Research at the Middle Paleolithic Locality of Wallertheim in Rheinhausen*. - *Archäol. Korrespondenzbl.*, **25/1**: 4-6; Mainz.
- REBHOLZ, A. (1995): Geomorphologische Rekonstruktion des paläolithischen Jägerlagers in Wallertheim (Rheinhausen). - *Staatsex.-Arb. Geogr. Inst., Univ. Mainz*: 120 S.; Mainz. - [Unveröff.].
- ROEBROEKS, W. & CONARD, N. J. & KOLFSCHOTEN, T. VON (1992): Dense forests, cold steppes, and the Paleolithic settlement of Northern Europe. - *Current Anthropology*, **33**: 515-586; Chicago.
- SCHERMER, H. (1949/1950): Die vor- und frühgeschichtliche Besiedlung der Gemarkung Wallertheim, Kreis Alzey. - *Mainzer Z.*, **44/45**: 10-27; Mainz.
- SCHMIDTGEN, O. & WAGNER, W. (1929): Eine altpaläolithische Jagdstelle bei Wallertheim in Rheinhausen. - *Notizbl. Ver. Erdk. u. Hess. Geol. L.-Anst. Darmstadt 1928*, **5/11**: 59-89; Darmstadt.
- SCHNEIDERMEIER, TH. (1995): Das paläolithische Jägerlager Wallertheim (Rheinhausen) - geochemische Untersuchungen an 40 Bohrprofilen mit dem Ziel der Korrelation und Interpretation. - *Dipl.-Arb. Geogr. Inst., Univ. Mainz*: 214 S.; Mainz. - [Unveröff.].
- SCHÖNHALS, E. & ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmliöß-Gliederung in Hessen. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **15**: 199-206; Öhringen.
- SEMMEL, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. - *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 104-108; Wiesbaden.
- SEMMEL, A. (1969): Bemerkungen zur Würmliößgliederung im Rhein-Main-Gebiet. - *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **97**: 395-399; Wiesbaden.
- SOERGEL, W. (1925): Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. - In: *Fortschritte Geologie u. Paläontologie*, H. **13**: 123-251; Berlin.
- WEIDENFELLER, M. & ZÖLLER, L. (1995): Mittelpleistozäne Tektonik in einer Löß-Paläoboden-Abfolge am westlichen Rand des Oberrheingrabens. - *Mainzer geowiss. Mitt.*, **24**: 87-102; Mainz.
- WINTLE, A. G. & BRUNNACKER, K. (1982): Ages of Volcanic Tuff in Rheinhausen obtained by Thermoluminescence Dating of Loess. - *Naturwissenschaften*, **69**: 181-182; Berlin, Heidelberg.

WOILLARD, G. M. & MOOK, W. G. (1982): Carbon-14 Dates at Grand Pile: Correlation of Land and Sea chronologies. - *Science*, **215**: 159-161; Washington D. C.

ZÖLLER, L. (1989): Geomorphologische und geologische Interpretation von Thermolumineszenz-Daten. - *Bayreuther Geowiss. Arb.*, **14**: 102-112; Bayreuth.

ZÖLLER, L. (1995): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. - *Habil.-Schr. Fak. Geowiss., Univ. Heidelberg*: 199 S.; Heidelberg. - [Unveröff.]

ZÖLLER, L. & OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. (1984): Towards a revised chronostratigraphy of loess in Austria with respect to key sections in the Czech Republic and in Hungary. - *Quaternary Geochronology (Quat. Science Reviews)*, **13**: 465-472; Oxford.

ZÖLLER, L. & STREMMER, H. E. & WAGNER, G. A. (1988): Thermolumineszenz-Datierung an Löß-Paläoboden-Sequenzen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein. - *Chemical Geology, Isot. Geosc. Sect.*, **73**: 39-62; Amsterdam.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Johannes Preuß, Geogr. Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, D-55099 Mainz.

Armin Rebholz, Geogr. Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, D-55099 Mainz.

Thomas Schneidermeier, Geogr. Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Saarstr. 21, D-55099 Mainz.

PD Dr. Ludwig Zöller, Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg; z. Zt. Lehrstuhl f. Physische Geographie, Universität Mainz, D-55099 Mainz.

Frankfurter geowiss. Arbeiten	Serie D	Band 20	131-141	Frankfurt am Main 1996
-------------------------------	---------	---------	---------	------------------------

Stopp 2

Quaternary Geology and Paleolithic Archaeology in Wallertheim/Rheinhessen

N. J. Conard, P. Haesaerts & R. Langohr

with 2 Figs. and 2 Tables

1 Introduction

The Wallertheim brickyard has been a focus of research in Quaternary geology and Paleolithic archaeology since the 1920s, when O. SCHMIDTGEN and W. WAGNER conducted their important research (SCHMIDTGEN & WAGNER 1929). In the following decades the locality has been studied by many geoscientists and archaeologists (e. g. FAULER 1938; SCHERMER 1949/1950; LESER 1970; BRUNNACKER & TILLMANN 1978). Most of the geological research has supported and augmented the conclusions of SCHMIDTGEN & WAGNER (1929), which placed the "Fundschrift" in the early part of the last glaciation. An exception is the work of W. FAULER (1938), who argued that the "Fundschrift" dated to the „Prewürmian-Riss III.“

In more recent years, B. FIGIEL (1979) reexamined the artifacts from the original excavation and led a brief field season in 1979. This research added to the previous work and renewed interest in Wallertheim. BOSINSKI et al.'s interdisciplinary study of 1985 provided a detailed description of the profile and new paleoenvironmental and chronostratigraphic data. Most recently, S. GAUDZINSKI (1992, 1995) has reexamined the large faunal collections from Schmidtgen's excavation from a taxonomic point of view and has contributed to our understanding of the mechanisms by which these finds accumulated. Gaudzinski's work has revised Schmidtgen's original hypothesis that most of the faunal remains resulted from hominid activities, and has

instead argued that only the bovid remains from the main find horizon can be attributed to hunting by hominids.

The research summarized here began in 1991 when a team of archaeologists from the University of Connecticut started a new phase of fieldwork in cooperation with the Römisch-Germanisches Zentralmuseum and the Landesamt für Bodendenkmalpflege in Mainz. Over the course of three additional seasons, a large interdisciplinary team of Quaternary scientists was assembled to study the locality. The Principal Collaborators in the project include the following researchers:

- A. Burke (Winnipeg) - seasonality studies using cementum annuli of equids
- N. Conard (Tübingen) - archaeology and Quaternary ecology
- F. Damblon (Brussels) - paleobotany
- P. Haesaerts (Brussels) - chronostratigraphy and paleoenvironments
- J. Haneke (Mainz) - lithic raw material sourcing
- J. Hus (Brussels) - paleomagnetism
- T. van Kolfschoten (Leiden) - paleontology of micromammals
- R. Langohr (Ghent) - pedology and soil processes
- D. Mania (Jena) - molluscs
- A. Pike-Tay (N. Y.) - seasonality studies using cementum annuli of cervids and bovids
- J. Preuss (Mainz) - paleogeography and landscape reconstruction
- E. Turner (Neuwied) - paleontology of large mammals
- L. Zöllner (Heidelberg) - TL dating and chronostratigraphy

In addition to diverse projects in the geosciences, 63 weeks of archaeological excavation were conducted between 1991 and 1994. This excavation covered over 300 m² in an area close to the area excavated by SCHMIDTGEN in 1927 and 1928. The results upon which the current summary are based can be found in two preliminary reports published last year in the "Archäologisches Korrespondenzblatt" (CONARD et al. 1995a, 1995b). A comprehensive monograph on Wallertheim is now in preparation.

N. J. Conard

2 Geology, Paleoenvironments and the Stratigraphic Position of the Find Horizons

The best place to begin a review of the sediments in Wallertheim is with the work of SCHMIDTGEN & WAGNER (1929). In their figures one immediately recognizes the

main characteristics of the stratigraphy. These include Tertiary clays at the base of the section; the "Talwegterrasse" and the loess resting upon it; a sequence of fluvial deposits including the "Fundsicht"; iron-rich, humic clays; humus with calcium carbonate plates; and finally the thick overlying deposits of loess. With few exceptions, the geological observations made by SCHMIDTGEN & WAGNER (1929) have been confirmed by the current research. Furthermore, the chronostratigraphic interpretation published in 1929 corresponds very closely with the present interpretation. Even the ages proposed by SCHMIDTGEN & WAGNER (1929), based on SOERGEN's (1925) publication of the Milankovitch curve, are consistent with modern chronometric dates and other stratigraphic arguments. While later work has supplemented our understanding of the Quaternary profile in Wallertheim, the original description provided researchers with an outstanding starting point.

Our preliminary results from a variety of geoscientific methods favor placing the vast majority of the Wallertheim sequence in the last interglacial-glacial cycle. Older sediments include the gravels of the "Talwegterrasse" and the remnants of the loess from the penultimate glaciation that rest upon this terrace in the western part of the section. Stratigraphically overlying these sediments, though not necessarily higher in elevation, follow roughly 15 m of fluvial and loessic deposits. The current stratigraphic system, for which P. Haesaerts is largely responsible, divides the main profile into six primary sedimentary cycles. Cycles 1 - 3 are part of the fluvial system of the Wiesbach, while terrestrial sediments comprise the deposits of cycles 4 - 6 (see Fig. 7 in PREUSS et al., this volume). Aquatic and semi-aquatic species from the first three cycles include pike (*Esox lucius*), beaver (*Castor fiber*) and the water vole (*Avicola terrestris*). These cycles can be further divided to a finer level of detail. Here, however, we will concern ourselves primarily with the more significant aspects of the Wallertheim sediments and their chronological and paleoenvironmental significance.

Sedimentary cycle 1 begins with the deposition of fluvial clays and silts which overlie the gravels and Tertiary clay at the base of the central and eastern part of the main excavation profile. Here, as with elsewhere in the first three cycles, we see strong lateral facies shifts from more fluvial deposits in the east to more terrestrial deposits in the west. The Middle Paleolithic occupation of find horizon A (Fig. 1) lies in a yellow-brown silt which corresponds to the upper portion of this cycle and belongs to a period of aggrading floodplain sedimentation. Casts of rootlets are ubiquitous within the find horizon and indicate the presence of a grassy vegetation at the time of the occupation. The rich archaeological finds from horizon A are in primary context and show little evidence of being displaced by geological or biological forces. This phase of sedimentation ends with the formation of a soil and brings cycle 1 to a

close. The finds within the remnants of this soil belong to find horizon B (Figs. 1 and 2). Although it is plausible that this soil is inter-Eemian, at present it seems most likely that this soil correlates with the Eemian interglacial. Faunal remains including *Dama dama* and *Sus scrofa* from find horizons A and B support this correlation.

Sedimentary cycle 2 begins with the erosion of the soil and the reworking of the soil and the finds from horizon B into irregular pockets. Overlying these pockets, particularly in the western part of the profile, a poorly sorted gravel follows. This period of sedimentary instability probably corresponds to the end of the interglacial and may be partially explained by a local decline in vegetation. This gravel lies at the base of sedimentary cycle 2 and includes the reworked finds of horizon C. Although the stratigraphic profiles from the 1920s differ slightly from the current ones, the placement of Schmidtgen's "Fundsicht" corresponds most closely to that of find horizon SCHMIDTGEN & WAGNER's (1929) correlation of the "Fundsicht" with the first cooling after the last interglacial, and their dating of the horizon to 110 - 113 kyr remains entirely plausible.

Overlying the gravels at the base of cycle 2 several clearly defined deposits contain find horizons D, E and F (Fig. 1). The first of these deposits is a ca. 50 cm thick, red-brown, clay-rich silt within which lies the archaeologically important horizon D. This sediment is an alluvial deposit which pinches out to the west as one leaves the fluvial system and enters the colluvial system. Moving upward in the profile, we next see ca. 60 cm of gray clay with clear deposits of iron oxide and black organic material. The lower portion of this deposit contains a rich accumulation of bovid remains and a small number of artifacts from find horizon E. Faunal preservation in this deposit is excellent, and more remarkably, botanical remains have also been recovered. The botanical remains include leaves identified by F. Damblon as black poplar, *Populus nigra*. This species of tree lives typically in moist drainages and floodplains during warmer climatic phases. These finds, along with preliminary molluscan data, support the geological arguments that horizon E corresponds to a warm climatic phase and that the deposit accumulated on a marshy floodplain. At present, we interpret this as the first warm period after the Eemian interglacial, which is the equivalent of isotope stage 5c or St. Germain I from the pollen sequence from Grand Pile (KUKLA 1977; WOILLARD & MOOK 1982). However, we cannot entirely rule out that the sediments and finds belong to one of the climatic oscillations within the Eemian interglacial. It has long been suspected that the last interglacial included significant climatic oscillations. This suspicion has recently been supported by data from detailed oxygen isotope measurements from Greenland and new botanical studies (GRIP 1993; DANSGAARD et al. 1993; FIELD et al. 1994).

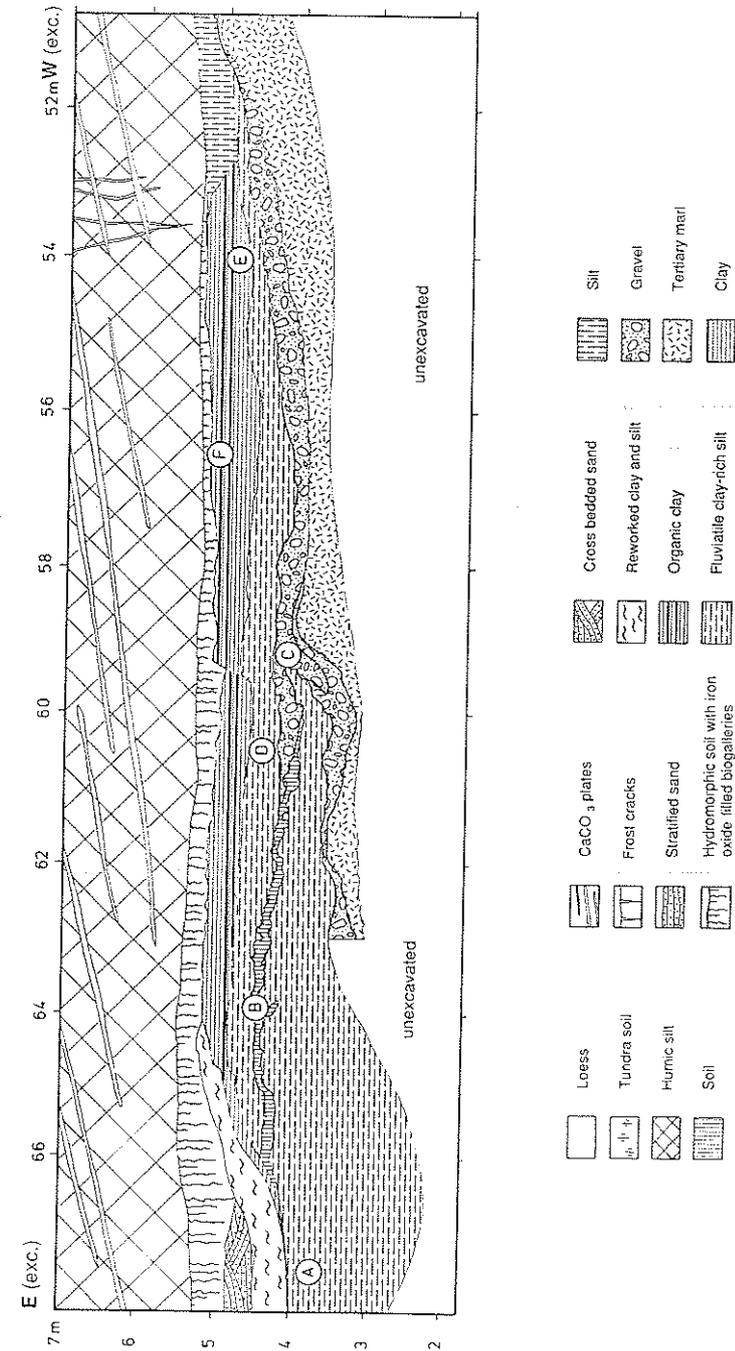


Fig. 1 Wallertheim. Illustration of the stratigraphic position of archeological find horizons A-F on the north 41 m line

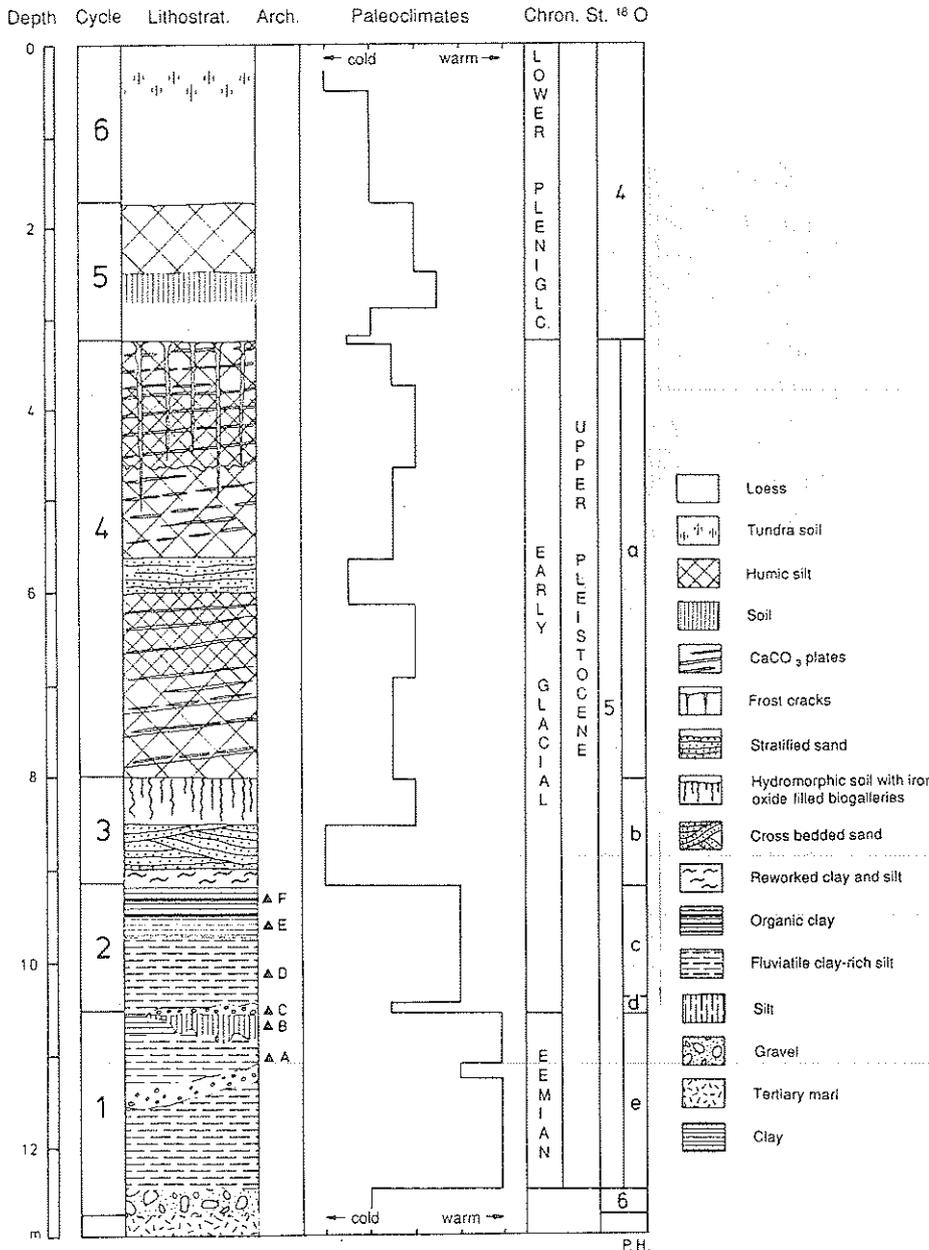


Fig. 2 Wallertheim. Schematic stratigraphy of the main profile of the excavation with preliminary climatic and chronological correlation

Continuing up the stratigraphic profile within sedimentary cycle 2, we find the youngest archaeological materials from horizon F. These finds from near the top of the gray clay are dominated by abundant faunal remains of horse. Like find horizon E, relatively few artifacts have been recovered from this horizon. This often clean, homogeneous, gray clay accumulated in a low energy sedimentary milieu in a marsh or wet floodplain. The majority of finds in horizons D, E and F are *in situ* and belong to periods of sedimentary aggradation. Along with horizons D and E, we favor correlating horizon F with the first climatic amelioration following the last interglacial. At present it appears that the majority of the faunal material from horizons E and F are the result of natural paleontological accumulations independent of hominid activities in the Wiesbach drainage.

Cycle 3 begins with a silty sheet-wash and splash deposit on a bare surface or a shallow pond. At this time an erosional event is recorded in the central portion of the main profile where a depression 10 - 15 m wide and 1 m deep is readily visible. The base of this depression is filled with cross-bedded sands. Silts and clays that originate from the deposits of cycles 1 and 2 and the silty, white splash deposits from the base of cycle 3 fill the upper portion of the depression. Borings by J. Preuss' team have demonstrated that this depression can be followed many tens of meters into the sediments south of the profile. Intact sediments from cycles 1 and 2 are clearly visible on both the eastern and western sides of the depression. This erosional event may have resulted from the degradation of a permafrost. Following the rapid filling of the depression, a hydromorphic soil documents a poor marsh vegetation. This soil is characterized by large, vertically oriented, iron oxide filled biogalleries occurring within a stratified brown silt. The top of this soil corresponds to the end of sedimentary cycle 3.

With the start of cycle 4, we enter a terrestrial system of sedimentation. Here a mixture of humiferous eolian and colluvial silt and sand was deposited on a grass covered surface. These sediments correspond to a period of very dry and cold conditions. The deposit contains obvious stratification with many recognizable brown silt bands and areas with visible microlayers of loess. These deposits are not horizontal, but rather slope downward slightly from west to east. Noteworthy are the many thick calcium carbonate plates that follow the slope of the beds. The ca. 3 m thick humic deposits are easily identified in the profiles of W. Wagner and other publications about Wallertheim. We tentatively correlate the deposits of cycle 3 with isotope stage 5b and the deposits of cycle 4 with isotope stage 5a.

Cycle 4 ends with extremely cold and dry conditions during which several cycles of permafrost produced thermal retraction cracks extending more than two meters into

the underlying sediments. We correlate this cold phase with the start of isotopic stage 4. Subsequently, loess blew over this bare or nearly bare surface and filled the cracks.

Sedimentary cycle 5 begins with the deposition of loess upon which a weakly developed chernozem forms. Evidence of freezing and thawing is preserved, but there is no evidence for permafrost. The top of this soil is then eroded followed by the deposition of stratified silt, sand and very fine gravel.

Cycle 6 coincides with the onset of Middle Weichselian loess deposition. Within the main profile a pale gray tundra soil is preserved in the eastern part of the exposure and corresponds to a cold climatic phase. The deposits from all six sedimentary cycles are cut by a series of faults which displace the sediments by several tens of centimeters. The genesis of these multiple fracturing and thrusting events is not clear, but most plausible explanations incorporate either tectonic or permafrost processes.

N. J. Conard, P. Haesaerts, R. Langohr

3 Archaeological Overview

When considering the Pleistocene sediments at Wallertheim it is obvious that the evidence for Paleolithic occupation of the locality is limited to sedimentary cycles 1 and 2. All of the find horizons are from the fluvial system of the Wiesbach. Despite good exposures of sediments from the terrestrial sequence of the locality, no archaeological find horizons have been recovered from the loessic sediments of cycles 4 - 6. Clearly the ecosystem of the floodplain was more attractive to Middle Paleolithic hominids than the open loess landscape. Factors that could explain this observation are the proximity to water and greater numbers of animals on the floodplain, or the generally milder climatic conditions that appear to have characterized much of sedimentary cycles 1 and 2. Nonetheless, we know from many other sites that intermediate and relatively cool phases of the Middle and Late Pleistocene were inhabited by pre-modern hominids (ROEBROEKS et al. 1992; CONARD 1992). Although the environment clearly had a great influence on the behavioral patterns during the Middle Paleolithic, much more detailed information similar to that provided by the research at Wallertheim is needed if we are to meet the goal of accurately reconstructing early hominid behavior and its relationship to the environment.

In summary, the 1991 - 1994 excavations in Wallertheim led to the discovery of six

Tab. 1 Wallertheim. Summary of important aspects of O. Schmidtgen's "Fundschrift" and the University of Connecticut's 1991-1994 excavations

Horizon	Age	Context	Climate	Artifacts	n ¹	NISP	NISP/n	Taxa ²	Dominant Taxon (%NISP)	Hominid Modification
F	Early Weichsel	primary	intermediate	scarce	1198	667	56%	9	<i>Equus</i> sp. (74)	no ³
E	Early Weichsel	primary	intermediate	scarce	701	319	46%	5	<i>Bos/Bison</i> (85)	no ³
D	Early Weichsel	primary	intermediate	abundant	499	145	29%	8	<i>Equus</i> sp. (59)	yes
S.F. ⁴	Early Weichsel	partially in situ	cool	intermediate ⁵	12.015	2283	19%	13	<i>Bison priscus</i> (68)	yes
C	Early Weichsel	reworked	cool	intermediate	437	96	22%	10	<i>Equus</i> sp. (44)	yes
B	Eemian	reworked	warm	intermediate	469	178	38%	8	<i>Bos/Bison</i> (74)	yes
A	Eemian	primary	warm	abundant	466	104	22%	6	<i>Bos/Bison</i> (46)	yes

¹ For the 1991-1994 excavation, n = number of faunal remains plotted in the field. This figure does not include small finds which were collected by stratum and quarter meter.

² Number of larger mammalian species.

³ Although some of the finds show modification, the majority appear to represent a paleontological accumulation.

⁴ Schmidtgen "Fundschrift" (see Gaudzinski 1995).

⁵ Some artifacts were probably missed due to excavation techniques and lack of screening.

All figures from the 1991-1994 excavations are preliminary and based on data available in May 1995.

Tab. 2 Wallertheim. Faunal data from find horizons A-F

FIND HORIZON	A (n=466)		B (n=46)		C (n=437)		D (n=499)		E (n=701)		F(n=1198)	
	NISP	%	NISP	%	NISP	%	NISP	%	NISP	%	NISP	%
<i>Aves</i>							3	2			2	0,3
<i>Castor fiber</i>	1	1	4	2	1	1	1	0,7				
<i>Canis lupus</i>	1	1			6	6	1	0,7	1	0,3	1	0,1
<i>Vulpes vulpes</i>					2	2			27	8,5	2	0,3
<i>Ursus sp.</i>											52	8
<i>Felis leo</i>					1	1	13	9			1	0,1
<i>Lynx lynx</i>					1	1						
<i>Equus sp.</i>	26	25	19	11	42	44	86	59	16	5,0	495	74
<i>Equus hydruntinus</i>			1	0,6	4	4	4	3	3	0,9	27	4
<i>Sus scrofa</i>			2	1								
<i>Dama dama</i>	26	25	16	9	1	1						
<i>Cervus elaphus</i>	2	2	4	2	6	6	6	4			1	0,1
<i>Bos/Bison</i>	48	46	131	74	32	33	31	21	272	85	86	13
Rhinocerotidae indet.			1	0,6								
TOTAL	104	100	178	100	96	100	145	100	319	100	667	100

All figures are preliminary and based on data available in May 1995

new find horizons. Four of these horizon A, D, E and F are largely *in situ* and ideal for studying Middle Paleolithic economies. Horizons B and C, while not in primary contexts and inadequate for spatial studies, may still provide useful information about lithic technology and patterns of subsistence. Table 1 presents some of the key characteristics of the new find horizons, along with Schmidtgen's "Fundschrift" (GAUDZINSKI 1992). Table 2 presents the faunal remains thus far identified from the new find horizons. Examining these data, we see that we are dealing with diverse archaeological deposits that do not appear to be the monotonous remains of a stagnant behavioral pattern. At Wallertheim alone, we see evidence for a wide range of activities and behavioral practices. When the full range of results and contextual information become available, the current research team should be able to provide greater insight into the early archaeology of the Rhineland.

N. J. Conard

Bibliography

References see PREUSS et al., this volume.

Addresses of the Authors:

Prof. Dr. Nicholas J. Conard, Institut für Ur - und Frühgeschichte, Abt. Ältere Urgeschichte und Quartärökologie, Schloß, Burgsteige 11, D-72070 Tübingen.

Prof. Dr. Paul Haesaerts, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Rue Vautier 29, B-1049 Bruxelles, Belgique.

Prof. Dr. Roger Langohr, Soil Science Unit, Faculty of Sciences, University of Ghent, Krijgslaan 281, B-9000 Ghent, Belgium.

Teilnehmerverzeichnis

15. Tagung DBG-Arbeitskreis Paläopedologie (Hofheim a. Ts.)

- Altermann, M., Kefersteinerstr. 3, 06110 Halle
 Bartels, Gerhard, Heidaer Str. 2, 53359 Rheinbach
 Bartels, Gudrun, Heidaer Str. 2, 53359 Rheinbach
 Beck, N., An der Schanze 15, 55128 Mainz
 Bibus, E., Geogr. Institut, Hölderlinstr. 12, 72074 Tübingen
 Bischoff, R., Thür. L. A. f. Geol., Carl-August-Allee 8, 99423 Weimar
 Botschek, J., Inst. Bodenkde., Nußallee 13, 53115 Bonn
 Brandtner, W., Thür. L. A. f. Geol., Carl-August-Allee 8, 99423 Weimar
 Bronger, A., Geogr. Inst., Universität, 24098 Kiel
 Brunotte, E., Geogr. Inst., Albert-Magnus-Platz, 50923 Köln
 Bubenger, O., Geogr. Inst., Albert-Magnus-Platz, 50923 Köln
 Buch, M., Inst. f. Geogr. Universität, 93040 Regensburg
 Bussemer, S., Geogr. Inst., Luisenstr. 37, 80333 München
 Eheim, A., Inst. f. Geogr., Universität, 93040 Regensburg
 Eitel, B., Phys. Geogr., Schustergasse 21, 94032 Passau
 Emmerich, K.-H., L. A. Bodenforsch., Leberberg 9, 65193 Wiesbaden
 Faust, D., Phys. Geogr., Kathol. Universität, 85071 Eichstätt
 Felix-Henningsen, P., Wiesenstr. 3-5, 35390 Gießen
 Fleck, W., Geol. L. A., Albertstr. 5, 79104 Freiburg i. Br.
 Frechen, M., Geol. Inst., Zülpicher Str. 49a, 50674 Köln
 Gehrt, E., NLFb, Stilleweg 2, 30655 Hannover
 Gerlach, R., Amt Bodendenkmalpfl., Endericher Str. 133, 53115 Bonn
 Grottenthaler, W., Bayer. Geol. L. A., Heißstr. 128, 80797 München
 Grunert, J., Geogr. Institute, Meckenheimer Allee, 53115 Bonn
 Heinkele, T., LS Bodenschutz, BTU, Postfach 101344, 03013 Cottbus
 Hocke, R., Joh.-Strauß-Str. 6, 35460 Staufenberg
 Hofmann, B., Davidstr. 3, 81927 München
 Janetzko, P., Geol. L. A., Mercatorstr. 7, D-24106 Kiel
 Janotta, A., Geogr. Inst., Universität, Albert-Magnus-Platz, 50923 Köln
 Jerz, H., Bayer. Geol. L. A., Heißstr. 128, 80797 München
 Joisten, H., L. A. Umwelt, Geol., Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg
 Kallis, P., Inst. Bodenkde., Universität Hohenheim (310), 70593 Stuttgart
 Keil, B., Am Schlifgarten 36, 35447 Reiskirchen

15. Tagung DBG-Arbeitskreis Paläopedologie (Hofheim a. Ts.)

Nachgemeldete Teilnehmer

- Bauriegel, A., L. A. Geowiss., Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow
 Beckmann, Th., Dortstr. 6, 38179 Schwülper
 Gärtner, P., Bötzowstr. 80, 10407 Berlin
 Horn, M., Hess. L. A. Bodenforsch., Leberberg 9, 65193 Wiesbaden
 Kainz, W., Geol. L. A. Sachsen-Anhalt, Postfach 156, 06035 Halle
 Kaiser, K., Geogr. Inst., Jahnstr. 16, 17489 Greifswald
 Lieberoth, I., Rudolf-Breitscheid-Str. 59, 16225 Eberswalde
 Michel, Ch., Okenstr. 34, 07745 Jena
 Schmidt, R., FHS, Postfach 100326, 16203 Eberswalde
 Seidenschwann, G., Brehmstr. 6, 63526 Erlensee
 Terhorst, B., Geogr. Inst., Hölderlinstr. 12, 72074 Tübingen

Kneidl, V., Nikolaus-Lenau-Str. 22, 55543 Bad Kreuznach
 Kösel, M., Geol. L. A., Urbanstr. 53, 70182 Stuttgart
 Kowalkowski, A., Geogr. Inst., Universität, 25-406 Kielce (Polen)
 Kühn, P., Kloschinskystr. 100, 54292 Trier
 Külzer, A., Geogr. Inst., Universität, Albert-Magnus-Platz, 50923 Köln
 Mahr, A., Inst. f. Geogr., Universität, 93040 Regensburg
 Marcinek, J., Geogr. Inst., Unter den Linden 6, 10099 Berlin
 Miara, S., Geol. L. A. NRW, De-Greif-Str. 195, 47803 Krefeld
 Nierste-Klausmann, G., Martinuskirchstr. 26, 53757 St. Augustin
 Ostaszewska, K., Geogr. Inst., Universität, 00-927 Warschau
 Poetsch, Th., Inst. f. Geogr., Universität, 22149 Hamburg
 Raab, Th., Inst. f. Geogr., Universität, 93040 Regensburg
 Radtke, U., Inst. f. Geogr., Universität, Albert-Magnus-Platz, 50923 Köln
 Räckers, J., Pängelantonweg 24, 48267 Münster
 Reineke, Th., Posener Weg 1, 53119 Bonn
 Rösner, U., Inst. f. Geogr., Kochstr. 4, 91054 Erlangen
 Sabel, K. J., Kassernstr. 8, 65719 Hofheim a. Ts.
 Sauerborn, P., Münsterberger Weg 6, 53115 Bonn
 Scheer, D., Pfr.-Bensheimer-Str. 18, 55129 Mainz
 Schirmer, W., Abt. Geol., Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf
 Scholten, Th., Inst. Bodenkde., Wiesenstr. 3, 35390 Gießen
 Semmel, A., Theodor-Körner-Str. 6, 65719 Hofheim a. Ts.
 Sinapius, R., Ziegelgasse 24, 09599 Freiberg
 Skowronek, A., Inst. Bodenkde., Nußallee 13, 53115 Bonn
 Stephan, S., Inst. Bodenkde., Nußallee 13, 53115 Bonn
 Stremme, H. E., Bartelsallee 14, 24105 Kiel
 Strunk, H., Inst. f. Geogr., Universität, 93053 Regensburg
 Thiemeyer, H., Geogr. Inst., Universität, 07740 Jena
 Veit, H., Geomorphologie, Universität, 95440 Bayreuth
 Völkel, J., Inst. f. Geogr., Universität, 93040 Regensburg
 Weicken, H.-M., Geographie, Universität, 66123 Saarbrücken
 Weidenfeller, M., Geol. L. A., Emmeranstr. 3, 55116 Mainz
 Ziehen, W., Georg-Philipp-Gall-Str. 11, 35394 Gießen
 Ziehlke, C. P., Gustav-Freitag-Str. 7, 65189 Wiesbaden
 Zöller, L., Am Ebertsrott 14, 69126 Heidelberg
 Zollinger, G., Friedrichstr. 58, 79098 Freiburg i. Br.

FRANKFURTER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

Herausgegeben vom Fachbereich Geowissenschaften
 Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Serie A: Geologie - Paläontologie

- Band 1 MERKEL, D. (1982): Untersuchungen zur Bildung planarer Gefüge im Kohlengebirge an ausgewählten Beispielen. - 144 S., 53 Abb.; Frankfurt a. M. DM 10,-
- Band 2 WILLEMS, H. (1982): Stratigraphie und Tektonik im Bereich der Antiklinale von Boixols-Coll de Nargó - ein Beitrag zur Geologie der Decke von Montsec (zentrale Südpirenen, Nordost-Spanien). - 336 S., 90 Abb., 8 Tab., 19 Taf., 2 Beil.; Frankfurt a. M. DM 30,-
- Band 3 BRAUER, R. (1983): Das Präneogen im Raum Molaii-Talanta/SE-Lakonien (Peloponnes, Griechenland). - 284 S., 122 Abb.; Frankfurt a. M. DM 16,-
- Band 4 GUNDLACH, T. (1987): Bruchhafte Verformung von Sedimenten während der Taphrogenese - Maßstabsmodelle und rechnergestützte Simulation mit Hilfe der FEM (Finite Element Method). - 131 S., 70 Abb., 4 Tab.; Frankfurt a. M. DM 10,-
- Band 5 KUHLE, H.-P. (1987): Experimente zur Grabentektonik und ihr Vergleich mit natürlichen Gräben (mit einem historischen Beitrag). - 208 S., 88 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a. M. DM 13,-
- Band 6 FLÖTTMANN, T. (1988): Strukturentwicklung, P-T-Pfade und Deformationsprozesse im zentral-schwarzwälder Gneiskomplex. - 206 S., 47 Abb., 4 Tab.; Frankfurt a. M. DM 21,-
- Band 7 STOCK, P. (1989): Zur antithetischen Rotation der Schieferung in Scherbandgefügen - ein kinematisches Deformationsmodell mit Beispielen aus der südlichen Gurktaler Decke (Ostalpen). - 155 S., 39 Abb., 3 Tab.; Frankfurt a. M. DM 13,-
- Band 8 ZULAUF, G. (1990): Spät- bis postvariszische Deformationen und Spannungsfelder in der nördlichen Oberpfalz (Bayern) unter besonderer Berücksichtigung der KTB-Vorbohrung. - 285 S., 56 Abb.; Frankfurt a. M. DM 20,-
- Band 9 BREYER, R. (1991): Das Coniac der nördlichen Provence ('Provence rhodanienne') - Stratigraphie, Rudistenfazies und geodynamische Entwicklung. - 337 S., 112 Abb., 7 Tab.; Frankfurt a. M. DM 25,90
- Band 10 ELSNER, R. (1991): Geologische Untersuchungen im Grenzbereich Ostalpin-Penninikum am Tauern-Südostrand zwischen Katschberg und Spittal a. d. Drau (Kärnten, Österreich). - 239 S., 61 Abb.; Frankfurt a. M. DM 24,90
- Band 11 TSK IV (1992): 4. Symposium Tektonik - Strukturgeologie - Kristallinegeologie. - 319 S., 105 Abb., 5 Tag.; Frankfurt a. M. DM 14,90

Band 12 SCHMIDT, H. (1992): Mikrobohrspuren ausgewählter Faziesbereiche der tethyalen und germanischen Trias (Beschreibung, Vergleich und bathymetrische Interpretation). - 228 S., Frankfurt a. M.
DM 21,90

FRANKFURTER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

Herausgegeben vom Fachbereich Geowissenschaften
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Serie B: Meteorologie und Geophysik

- Band 1 BIRRONG, W. & SCHÖNWIESE, C.-D. (1987): Statistisch-klimatologische Untersuchungen botanischer Zeitreihen Europas. - 80 S., 26 Abb., 5 Tab.; Frankfurt a. M. (vergriffen).
DM 7,--
- Band 2 SCHÖNWIESE, C.-D. (1990): Grundlagen und neue Aspekte der Klimatologie. - 2. Aufl., 130 S., 55 Abb., 11 Tab.; Frankfurt a. M. (vergriffen).
DM 10,--
- Band 3 SCHÖNWIESE, C.-D. (1992): Das Problem menschlicher Eingriffe in das Globalklima ("Treibhauseffekt") in aktueller Übersicht. - 2. Aufl., 142 S., 65 Abb., 13 Tab.; Frankfurt a. M. (vergriffen).
DM 8,--
- Band 4 ZANG, A. (1991): Theoretische Aspekte der Mikrorißbildung in Gesteinen. - 209 S., 82 Abb., 9 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 19,--
- Band 5 RAPP, J. & SCHÖNWIESE, C.-D. (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891 - 1990. - 2., korr. Aufl., 255 S., 32 Abb., 12 Tab., 129 Ktn.; Frankfurt a. M.
DM 14,--

Bestellungen zu richten an:

Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Postfach 11 19 32,
D-60054 Frankfurt am Main

Bestellungen zu richten an:

Institut für Meteorologie und Geophysik der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Postfach 11 19 32,
D-60054 Frankfurt am Main

FRANKFURTER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

Herausgegeben vom Fachbereich Geowissenschaften
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Serie C: Mineralogie

- Band 1 SCHNEIDER, G. (1984): Zur Mineralogie und Lagerstättenbildung der Mangan- und Eisenerzvorkommen des Urucum-Distriktes (Mato Grosso do Sul, Brasilien). - 205 S., 99 Abb., 9 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 12,--
- Band 2 GESSLER, R. (1984): Schwefel-isotopenfraktionierung in wäßrigen Systemen. - 141 S., 35 Abb.; Frankfurt a. M.
DM 9,50
- Band 3 SCHRECK, P. C. (1984): Geochemische Klassifikation und Petrogenese der Manganerze des Urucum-Distriktes bei Corumbá (Mato Grosso do Sul, Brasilien). - 206 S., 29 Abb., 20 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 13,50
- Band 4 MARTENS, R. M. (1985): Kalorimetrische Untersuchung der kinetischen Parameter im Glas-transformation-Bereich bei Gläsern im System Diopsid-Anorthit-Albit und bei einem NBS-710-Standardglas. - 177 S., 39 Abb.; Frankfurt a. M.
DM 15,--
- Band 5 ZEREINI, F. (1985): Sedimentpetrographie und Chemismus der Gesteine in der Phosphoritstufe (Maastricht, Oberkreide) der Phosphat-Lagerstätte von Ruseifa/Jordanien mit besonderer Berücksichtigung ihrer Uranführung. - 116 S., 11 Abb., 5 Taf., 27 Tab., 36 Anl.; Frankfurt a. M.
DM 16,--
- Band 6 ZEREINI, F. (1987): Geochemie und Petrographie der metamorphen Gesteine vom Vesleknatten (Tverrfjell/Mittelnorwegen) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Erzminerale. - 197 S., 48 Abb., 9 Taf., 26 Tab., 27 Anl.; Frankfurt a. M.
DM 15,--
- Band 7 TRILLER, E. (1987): Zur Geochemie und Spurenanalytik des Wolframs unter besonderer Berücksichtigung seines Verhaltens in einem südostnorwegischen Pegmatoid. - 173 S., 25 Abb., 2 Taf., 20 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 12,--
- Band 8 GÜNTER, C. (1988): Entwicklung und Vergleich zweier Multielementanalysenverfahren an Kohlenaschen- und Bodenproben mittels Röntgenfluoreszenzanalyse. - 124 S., 38 Abb., 37 Tab., 1 Anl.; Frankfurt a. M.
DM 13,--
- Band 9 SCHMITT, G. E. (1989): Mikroskopische und chemische Untersuchungen an Primärmineralen in Serpentiniten NE-Bayerns. - 130 S., 39 Abb., 11 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 14,--
- Band 10 PETSCHICK, R. (1989): Zur Wärmegeschichte im Kalkalpin Bayerns und Nordtirols (Inkohlung und Illit-Kristallinität). - 259 S., 75 Abb., 12 Tab., 3 Taf.; Frankfurt a. M.
DM 16,--

- Band 11 RÖHR, C. (1990): Die Genese der Leptinite und Paragneise zwischen Nordrach und Gengenbach im mittleren Schwarzwald. - 159 S., 54 Abb., 15 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 15,-
- Band 12 YE, Y. (1992): Zur Geochemie und Petrographie der unterkarbonischen Schwarzschieferserie in Odershausen, Kellerwald, Deutschland. - 206 S., 58 Abb., 15 Tab., 5 Taf.; Frankfurt a. M.
DM 19,-
- Band 13 KLEIN, S. (1993): Archäometallurgische Untersuchungen an frühmittelalterlichen Buntmetallfunden aus dem Raum Hóxter/Corvey. - 203 S., 28 Abb., 14 Tab., 12 Taf., 13 Anl.; Frankfurt a. M.
DM 33,-
- Band 14 FERREIRO MÁHLMANN, R. (1994): Zur Bestimmung von Diagenesehöhe und beginnender Metamorphose - Temperaturgeschichte und Tektonogenese des Austroalpins und Südpenninikums in Voralberg und Mittelbünden. - 498 S., 118 Abb., 18 Tab., 2 Anl.; Frankfurt a. M.
DM 25,-

FRANKFURTER GEOWISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

Herausgegeben vom Fachbereich Geowissenschaften
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Serie D: Physische Geographie

- Band 1 BIBUS, E. (1980): Zur Relief-, Boden- und Sedimententwicklung am unteren Mittelrhein. - 296 S., 50 Abb., 8 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 25,-
- Band 2 SEMMEL, A. (1991): Landschaftsnutzung unter geowissenschaftlichen Aspekten in Mitteleuropa. - 3., verb. Aufl., 67 S., 11 Abb.; Frankfurt a. M.
DM 10,-
- Band 3 SABEL, K. J. (1982): Ursachen und Auswirkungen bodengeographischer Grenzen in der Wetterau (Hessen). - 116 S., 19 Abb., 8 Tab., 6 Prof.; Frankfurt a. M.
DM 11,50 (vergriffen)
- Band 4 FRIED, G. (1984): Gestein, Relief und Boden im Buntsandstein-Odenwald. - 201 S., 57 Abb., 11 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 15,- (vergriffen)
- Band 5 VEIT, H. & VEIT, H. (1985): Relief, Gestein und Boden im Gebiet von "Conceição dos Correias" (S-Brasilien). - 98 S., 18 Abb., 10 Tab., 1 Karte; Frankfurt a. M.
DM 17,-
- Band 6 SEMMEL, A. (1989): Angewandte konventionelle Geomorphologie. Beispiele aus Mitteleuropa und Afrika. - 2. Aufl., 116 S., 57 Abb.; Frankfurt a. M.
DM 13,-
- Band 7 SABEL, K.-J. & FISCHER, E. (1992): Boden- und vegetationsgeographische Untersuchungen im Westerwald. - 2. Aufl., 268 S., 19 Abb., 50 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 18,-
- Band 8 EMMERICH, K.-H. (1988): Relief, Böden und Vegetation in Zentral- und Nordwest-Basilien unter besonderer Berücksichtigung der känozoischen Landschaftsentwicklung. - 218 S., 81 Abb., 9 Tab., 34 Bodenprofile; Frankfurt a. M.
DM 13,-
- Band 9 HEINRICH, J. (1989): Geoökologische Ursachen luftbildtektonisch kartierter Gefügespuren (Photolineationen) im Festgestein. - 203 S., 51 Abb., 18 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 13,-
- Band 10 BÄR, W.-F. & FUCHS, F. & NAGEL, G. (Hrsg.) (1989): Beiträge zum Thema Relief, Boden und Gestein - Arno Semmel zum 60. Geburtstag gewidmet von seinen Schülern. - 256 S., 64 Abb., 7 Tab., 2 Phot.; Frankfurt a. M.
DM 16,- (vergriffen)
- Band 11 NIERSTE-KLAUSMANN, G. (1990): Gestein, Relief, Böden und Bodenerosion im Mittellauf des Oued Mina (Oran-Atlas, Algerien). - 163 S., 17 Abb., 13 Tab.; Frankfurt a. M.
DM 12,-
- Band 12 GREINERT, U. (1992): Bodenerosion und ihre Abhängigkeit von Relief und Boden in den Campos Cerrados, Beispielsgebiet Bundesdistrikt Brasilia. - 259 S., 20 Abb., 15 Tab., 24 Fot., 1 Beil.; Frankfurt a. M.
DM 18,-

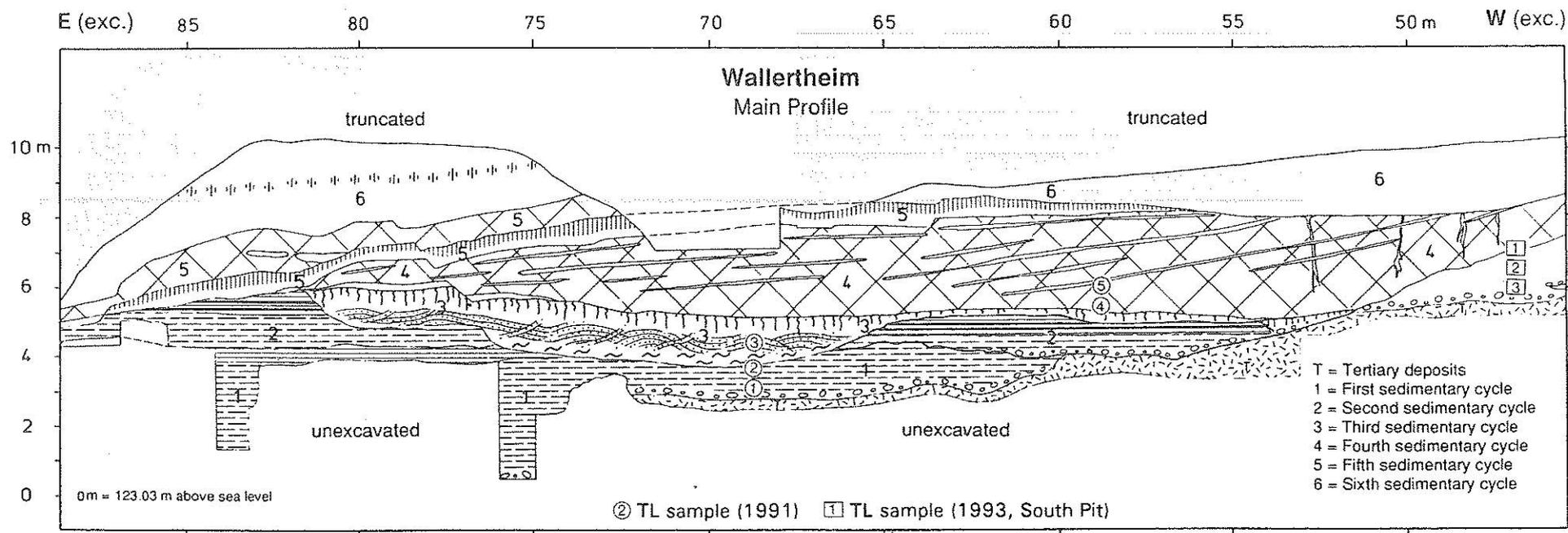
Bestellungen zu richten an:

Institut für Geochemie, Petrologie und Lagerstättenkunde der J. W. Goethe-Universität, Postfach
11 29 32, D-60054 Frankfurt am Main

- Band 13 FAUST, D. (1991): Die Böden der Monts Kabyè (N-Togo) - Eigenschaften, Genese und Aspekte ihrer agrarischen Nutzung. - 174 S., 33 Abb., 25 Tab., 1 Beil.; Frankfurt a. M. DM 14,-
- Band 14 BAUER, A. W. (1993): Bodenerosion in den Waldgebieten des östlichen Taunus in historischer und heutiger Zeit - Ausmaß, Ursachen und geoökologische Auswirkungen. - 194 S., 45 Abb.; Frankfurt a. M. DM 14,-
- Band 15 MOLDENHAUER, K.-M. (1993): Quantitative Untersuchungen zu aktuellen fluvial-morphodynamischen Prozessen in bewaldeten Kleinzugsgebieten von Odenwald und Taunus. - 307 S., 108 Abb., 66 Tab.; Frankfurt a. M. DM 18,-
- Band 16 SEMMEL, A. (1996): Karteninterpretation aus geoökologischer Sicht - erläutert an Beispielen der Topographischen Karte 1 : 25 000. - 2. Aufl., 85 S.; Frankfurt a. M. DM 13,-
- Band 17 HEINRICH, J. & THIEMEYER, H. [Hrsg.] (1994): Geomorphologisch-bodengeographische Arbeiten in Nord- und Westafrika. - 97 S., 28 Abb., 12 Tab.; Frankfurt a. M. DM 13,-
- Band 18 SWOBODA, J. (1994): Geoökologische Grundlagen der Bodennutzung und deren Auswirkung auf die Bodenerosion im Grundgebirgsbereich Nord-Benins - ein Beitrag zur Landnutzungsplanung. - 119 S., 17 Abb., 26 Tab., 2 Kt.; Frankfurt a. M. DM 18,-
- Band 19 MÜLLER-HAUDE, P. (1995): Landschaftsökologische Grundlagen der Bodennutzung in Gobnangou (SE-Burkina Faso, Westafrika). - 170 S., 65 Abb., 2 Tab., 1 Beil.; Frankfurt a. M. DM 14,-
- Band 20 SEMMEL, A. (1996): Pleistozäne und holozäne Böden aus Lößsubstraten am Nordrand der Oberrheinischen Tiefebene - Exkursionsführer zur 15. Tagung des Arbeitskreises Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft vom 16.-18.5.1996 in Hofheim am Taunus. - 144 S., 25 Abb., 20 Tab.; Frankfurt a. M. DM 16,-

Bestellungen zu richten an:

Institut für Physische Geographie der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Postfach 11 19 32,
D-60054 Frankfurt am Main



- T = Tertiary deposits
- 1 = First sedimentary cycle
- 2 = Second sedimentary cycle
- 3 = Third sedimentary cycle
- 4 = Fourth sedimentary cycle
- 5 = Fifth sedimentary cycle
- 6 = Sixth sedimentary cycle

② TL sample (1991) ① TL sample (1993, South Pit)

stratigraphy after Conard et al., 1995

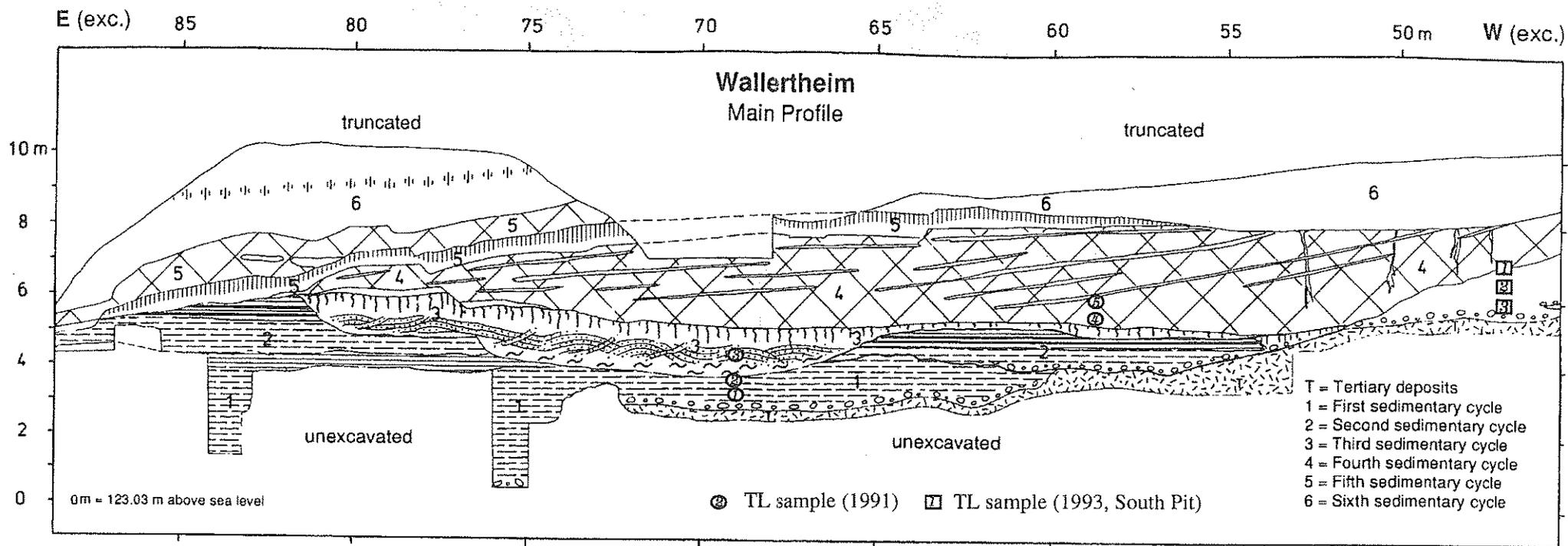
	Loess		CaCO ₃ plates		Cross bedded sand		Silt
	Tundra soil		Frost cracks		Reworked clay and silt		Gravel
	Humic silt		Stratified sand		Organic clay		Tertiary marl
	Soil		Hydromorphic soil with iron oxide filled biogalleries		Fluvatile clay-rich silt		Clay

TL ages (ka) (L.Zöller '94)

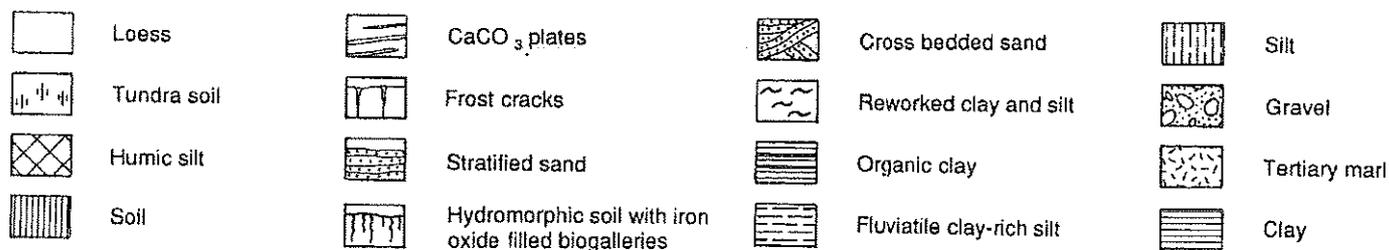
1: 107±9	SP1: 110±10
2: 118±12	SP2: 125±11
4: 76.7±6.9 (min.)	SP3: 149±19
94.6±8.2 (max.)	
5: 75.7±7.6	

Abb. 7 Grabungsprofil Wallertheim, Sedimentationszyklen und TL-Datierungen (mit TL-Entnahmepunkten)

	Perioden	Epochen	Kulturen	Kulturelle Kennzeichen	
+ 1 000	Mittelalter	Frühmittelalter	Franken (Merowinger)	Christianisierung	
+ 500	Völkerwanderungszeit		Alamannen	Zerstörung des römischen Limes	
0	Römische Kaiserzeit		Römer Chatten	Römische Verwaltung, Wirtschaft und Religion	
	Eisenzeit	Latènezeit	LtD LtC LtB LtA frühe Germanen Kelten	Mediterran beeinflusster Kunststil, scheibengedrehte Keramik, große Stadtanlagen (Oppida)	
- 500		Hallstattzeit	HaD HaC	Hallstattkultur Oberschicht mit Prunkgräbern, »Fürstensitze«	
- 1 000	Bronzezeit	späte Bronzezeit	HaB HaA BzD	Urnenfelderkultur Brandbestattungen, Urnen in Flachgräbern, befestigte Höhensiedlungen, Depotfunde	
- 1 500		mittlere Bronzezeit	BzC BzB	Hügelgräberkultur Entwickelte Bronzemetallurgie, Körpergräber mit aufwändiger Trachtausstattung	
- 2 000		frühe Bronzezeit	BzA2 BzA1	Adlerberg-Kultur Kupfermetallurgie, Zinn, Metallhandel, Hortfunde, kleine Flachgräbergruppen mit Hockerbestattungen	
- 2 500	Kupferzeit (Äneolithikum)	Endneolithikum	Glockenbecher-Kultur	Hockergräber mit Feuersteinpfeilspitzen, Armschutzplatten, kupfernen Dolchen	
- 3 000			Schnurkeramik	Hockerbestattungen unter Grabhügeln, Streitäxte, häufig Schmuck als Beigabe	
- 3 500		Spätneolithikum	Wartberg-Kultur	Befestigte Siedlungen, Großsteingräber mit Kollektivbestattungen, erste Wagen	
- 4 000		Jungneolithikum	Michelsberger Kultur	Große Erdwerke, Architektur weitgehend unbekannt, selten Kupfergegenstände, fast nur unverzierte Keramik, Backteller, lediglich Sonderbestattungen überliefert	
- 4 500	Jungsteinzeit	Mittelneolithikum	Bischheim	Erste Kupferobjekte	
- 5 000			Rössen Großgartach Hinkelstein	Schiffs- oder trapezförmige Langbauten, eher dorffartige Strukturen, Bestattungen in gestreckter Lage	
- 5 500	Mittelsteinzeit (Mesolithikum)	Frühneolithikum	Linienbandkeramik La Hoguette	Sesshaftigkeit mit Langhäusern, Ackerbau, Viehhaltung, Töpferei, Steinbeile (Steinschliff), Hockerbestattungen	
- 10 000		Spätmesolithikum	Spätmesolithikum	Nacheiszeit: Pirschjagd mit Pfeil und Bogen, Fischen, Sammeln, mikrolithische Steingeräteindustrie	
	Altsteinzeit (Paläolithikum)	Jungpaläolithikum	Frühmesolithikum	Beuronien	
			Spätpaläolithikum	Spätpaläolithikum	Anpassung an die Klimaerwärmung
			Magdalénien	Magdalénien	Hochspezialisierte Jagdwaffen (Speerscheider, Harpunen), Höhepunkt der Kleinkunst
		Gravettien	Gravettien	Sogenannte Venusstatuetten (z. B. Venus von Willendorf), Elfenbein- und Tierzahnanhänger	
- 40 000		Aurignacien	Aurignacien	Jetztmensch: neue Stein-, Knochen- und Geweihgerätetechnologie, Elfenbeinschnitzereien	
- 200 000	Mittelpaläolithikum	Micoquien Moustérien	Micoquien Moustérien	Neandertaler: spezialisierte Steingeräteindustrie (Schaber), erste Bestattungen	
- 600 000	Altpaläolithikum	Acheuléen	Acheuléen	Homo erectus: einfache Hütten, Arbeitsplätze, Feuerstellen, Faustkeile, Holzlanzen	



stratigraphy after Conard et al., 1995



TL ages (ka)
(L.Zöller '94)

2: 118±12

5: 75.7±7.6

SP1: 110±10

1: 107±9

4: 76.7±6.9 (min.)
94.6±8.2 (max.)

SP2: 125±11

SP3: 149±19