Ber. naturhist. Ges. Hannover	125	97 – 159	Hannover 1982

Zur Bedeutung der Lößstratigraphie für die Rekonstruktion des jungpleistozänen Klimas im nördlichen Mitteleuropa am Beispiel norddeutscher Lößprofile

von

MICHAEL WALTHER und KARL-ULRICH BROSCHE

mit 15 Abbildungen und 8 Tabellen

Zusammenfassung: Es wird umfassend über den Forschungsstand lößstratigraphischer Untersuchungsergebnisse in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen berichtet. Paläopedologische Klimazeugen lassen gewisse Ähnlichkeiten im Klimaablauf des Jungpleistozäns in diesen beiden Gebieten erkennen. Die Chronostratigraphie von Holland (VAN DER HAMMEN et al. 1967, u.a.), die biostratigraphischen Befunde aus Schleswig-Holstein (MENKE 1975, AVERDIEK 1967, u.a.) und die paläoökologischen Forschungsergebnisse aus der Aschersiebener Depression (MANIA und seine Mitarbeiter seit 1965) lassen grundlegende Korrelierungsmöglichkeiten mit den fossilen Bodenbildungen in den Lößgebieten Niedersachsens und Nordrhein-Westfalens erkennen. Darüber hinaus zeichnet sich die Möglichkeit ab, mit der glazialmorphologischen Gliederung des ostelbischen Flachlandes (Mecklenburg, Pommern, Brandenburg) im Jungweichsel die Klimaschwankungen im Periglazialbereich einzugrenzen.

Summary: The importance of loess stratigraphy for the reconstruction of the Young Pleistocene climate in northern Central Europe, with special reference to loess profiles in Northern Germany. – The present state of loess stratigraphy research in Lower Saxony and North Rhine Westphalia is discussed in detail. Paleopedologic evidence shows certain similarities in the Young Pleistocene climate of both these areas. The chronostratigraphy of Holland (VAN DER HAMMEN et al. 1967, among others), biostratigraphic finds in Schleswig-Holstein (MENKE 1975, AVERDIEK 1967) and paleoecological results from the Aschersleben depression (MANIA and his collaborators since 1965), suggest fundamental possibilities of correlation with the fossil soil formations in the loess areas of Lower Saxony and North Rhine Westphalia. Further, the possibility emerges for determination of climatic fluctuations in the periglacial region, by means of glacio-morphological classification of the flat land east of the Elbe (Mecklenburg, Pomerania, Brandenburg) during the Young Weichselian stage.

Inhalt

		Seite
1.	Einleitung und Fragestellung	99
2.	Bericht über die Befunde der lößstratigraphischen Forschung in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen	101
2.1.	Mittel- und Niederrheingebiet	101
2.2.	Bericht über den Forschungsstand in Westfalen	111
2.3.	Niedersachsen	112
2.4.	Vergleich der Befunde	121
3.	Gliederung einer jungpleistozänen Klimaentwicklung im nördlichen Mitteleuropa	125
4.	Vergleich der lößstratigraphischen Befunde mit der jungpleistozänen Klimaentwicklung im nördlichen Mitteleuropa	131
4.1.	Eem	133
4.2.	Altwürm	135
4.3.	Mittelwürm	140
4.4.	Jungwürm	145
5.	Verzeichnis wichtiger Radiocarbondaten in Mitteleuropa	147
6.	Literaturverzeichnis	151

1. Einleitung und Fragestellung

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den nördlichen Saum des niedersächsischen und westfälischen Mittelgebirges, das Niederrheingebiet und den nördlichen Teil des Mittelrheingebietes sowie die Lößvorkommen in den Beckenbereichen der niedersächsischen und westfälischen Mittelgebirge (vgl. Abb. 1).

Widmet man sich einem gebietsübergreifenden Vergleich, der die lößstratigraphischen Befunde zur Klimaentwicklung im Untersuchungsgebiet in Beziehung zu benachbarten Stratigraphien stellt, erscheint es unerläßlich, nach einer bereits gesicherten Klimagliederung entweder im Untersuchungsgebiet selbst oder in den benachbarten Räumen zu suchen.

Die Würmlößgliederungen Nord- und Süddeutschlands folgen weitgehend einer genauen paläopedologischen Analyse der fossilen Lößböden. Daß in der Lößstratigraphie die paläopedologische Forschung die wesentlichsten Akzente setzt und die Erfassung biologischer, morphologischer und lithogenetischer Klimazeugen einen wichtigen ergänzenden Beitrag zur Stratigraphie leisten, liegt u.E. an folgenden Gründen:

1. Die Gliederung reiner Lößakkumulationen ist nur mit Hilfe fossiler Böden möglich, da sich Bodenbildungen als sehr "feinfühlige" Klimaindikatoren erwiesen haben; diese Böden liefern aber nur ganz selten Material für eine brauchbare zusätzliche absolute Datierung.
2. Aussagen über die paläoökologischen Verhältnisse aufgrund biostratigraphischer Klimazeugen sind möglich, jedoch wiederholen sich gleiche paläoökologische Verhältnisse im Jungpleistozän mehrfach (dies trifft auch auf morphologische Klimazeugen zu).
3. Schichtlücken in Form von Dellenbildungsphasen und Erosionsdiskordanzen sind bislang noch nicht systematisch erfaßt worden.
4. Archäologische Befunde ergeben ein unvollständiges Bild, um damit kurzzeitige Klimaschwankungen erfassen zu können.

Da bislang in der Lößzone Norddeutschlands noch keine umfassend abgesicherte Klimastratigraphie vorgelegt werden konnte, ist ein Vergleich mit in dieser Hinsicht gut bearbeiteten benachbarten Gebieten erforderlich. Die paläopedologischen Gliederungen von ROHDENBURG & MEYER (1966) oder SCHÖNHALS et al. (1964)

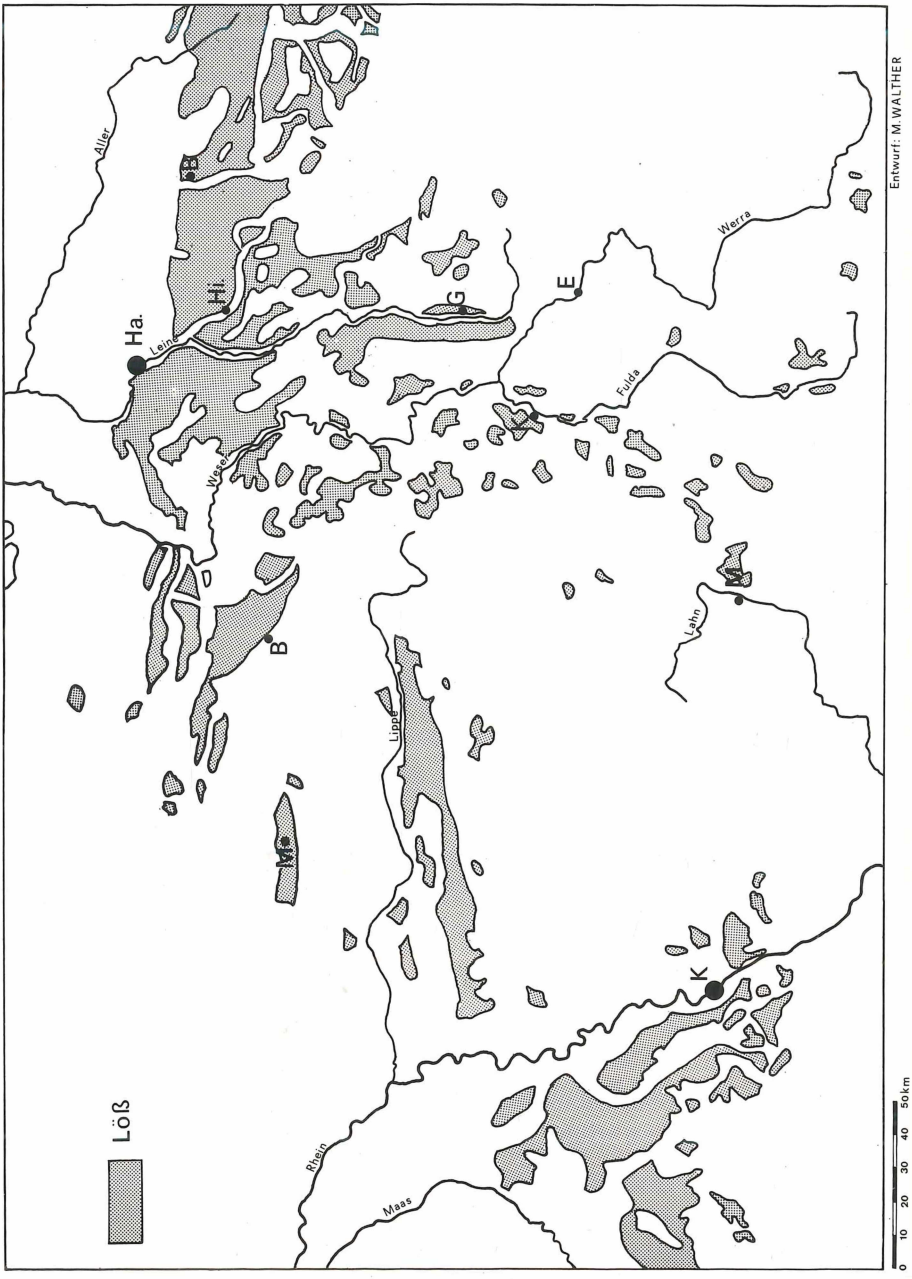


Abb. 1: Die Lößverbreitung im Bearbeitungsgebiet nach LIEDTKE (1976).

müßten mit den biostratigraphischen und litho- bzw. morphogenetischen Gliederungsversuchen angrenzender Gebiete in einen Zusammenhang zu bringen sein. Ein Vergleich mit diesen Gliederungen bietet die Möglichkeit, auf engem Raum die Lößpaläoböden mit den an verschiedenen Typenlokalitäten nachweisbaren Klimaschwankungen zu korrelieren. Für das Untersuchungsgebiet sind daher die Gliederungen der westlich bzw. nordwestlich angrenzenden Gebiete von Holland, der nördlich benachbarte Raum Norddeutschlands bzw. Schleswig-Holsteins und der Bereich der östlich angrenzenden DDR bzw. des nordöstlichen Harzvorlandes von Interesse. In den drei genannten Bereichen stehen Gliederungen zur Verfügung, die sich auf eine umfassende Anzahl z.T. weit zurückreichender ^{14}C-Daten stützen. Die Sedimente sind weitgehend limnischer, mariner und lakustriner Entstehung und bieten von daher den Vorteil, in ihrer Ausprägung geringe und kurzfristige Klimaschwankungen anzuzeigen. Pollenanalysen lassen sich aus aquatischen Sedimenten sicherer erstellen als aus Lössen, da die Fossilisationsbedingungen für Pollen günstiger sind. Gesichert und gestützt werden die Gliederungen darüber hinaus z.T. durch Kulturhinterlassenschaften der Vorzeitmenschen und Faunenfunde.

2. Bericht über die lößstratigraphischen Befunde in Niedersachsen und in Nordrhein-Westfalen

2.1. Mittel- und Niederrheingebiet

Nach 1950 setzt eine intensive lößstratigraphische Forschung in diesem Gebiet ein. Für eine Gliederung sind die mächtigen Lößakkumulationen der Ville südwestlich Köln und die Deckschichten der Rheinterrassen besonders gut geeignet.

Die ersten Gliederungsversuche mit Hilfe fossiler Böden legen MÜCKENHAUSEN (1954), REMY (1960) und PAAS (1961) vor. Aufgrund ihrer Geländebefunde gehen sie von einer mehrfach gegliederten Einteilung des Würmlösses aus (vgl. Tab. 1).

REMY (1960) unterscheidet im Alt-, Mittel- und Jungwürm eine Reihe von Böden, die er typologisch als Parabraunerden, kalkhaltige Braunerden, Naßböden und Verlehmungszonen bezeichnet (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Die zeitliche Aufeinanderfolge von Böden und Kulturen im Würmlöß am Mittel- und Niederrhein nach REMY (1960).

Neue Gliederung		Bodenbildungen	Kulturen	Ältere Gliederungen
Holozän		Braunerde oder Parabraunerde		
Jungwürm		Ende der Löß-anwehung	Magdalen	W III
	E	schwache Ver-lehmung bzw. Naßboden	Aurignac	Jüng. Löß IIb
Mittelwürm	D	kalkh. Braunerde bzw. Naßboden		W II
	C	max. 3 Naßböden		Jüng. Löß IIa
Altwürm	B	Parabraunerde Naßboden	Moustier	W I
	A	kalkh. Braunerde Naßboden		Jüng. Löß I
Riß/Würm Intergl.		Parabraunerde		Riß/Würm Intergl.

PAAS (1961) geht für den Abschnitt nach dem Eem-Interglazial von einer homogenen Lößakkumulation aus, die jedoch in der Mitte eine deutliche Zäsur aufweist (Tab. 2). Hier stellt er eine kalkhaltige Braunerde fest und nennt diese "F r i m m e r s d o r f e r B o d e n b i l d u n g" bzw. "B r ü h l e r B o d e n b i l d u n g", die deutliche Parabraunerde des Eem-Interglazials wird als "E r k e l e n z e r B o d e n b i l d u n g" bezeichnet.

Tab. 2: Stratigraphische Gliederung der Terrassen im Niederrheingebiet mit Hilfe ihrer Verwitterungsdecken und Deckschichten nach PAAS (1961).

Stratigraphische Gliederung d. Quartärs		Böden	
Weichsel - Eiszeit	Jüngere Dryaszeit		Lößbildung Naßbodenbildung im unteren Teil
	Alleröd	Mondorfer Bobi.	
	Ältere Dryaszeit Bölling Älteste Dryaszeit		
		Frimmersdorfer Bobi. Brühler Bobi.	z.T. erodierte Braunerde kalkhaltige Braunerde
			Lößbildung, Naßböden, im unteren Teil starkes Bodenfließen
Eem - Warmzeit		Erkelenzer Bobi.	Parabraunerde, Pseudogley, Parabraunerde, Parabraunerde-Pseudogley, Gley

Seine Gliederung von 1961 greift PAAS (1968) noch einmal auf und verfeinert sie, gestützt auf weitere Belege und geänderte Aufschlußverhältnisse (Tab. 3). Dabei zeichnet sich der "Jüngere Würmlöß" durch Naßbodenbildungen und Lößsedimentationsphasen aus, während sich an der Oberkante des "Älteren Würmlösses" die "Frimmersdorfer Bodenbildung" befindet und darunter braunerdeartige Böden und Tundragleye sowie tirsoide Bodenbildungen in Form von Humuszonen folgen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Stratigraphische Gliederung der niederrheinischen Lösse und fossilen Bodenbildungen nach PAAS (1968).

Zeitl. Gliederung		Lößgeb. Erkelenz–Jülich
Holozän	Jüngerer Würmlöß	Bodenbildung: Parabraunerde, Parabraunerde–Pseudogley, Pseudogley, Entwicklungstiefe 2 – 3 m Lößbildung, Löß und Tundragleybildung, Kryoturbation
Würm	Älterer Würmlöß	Frimmersdorfer Bodenbildung braunerdeartiger Bodenrest 0,5 – 6,0 m Lößbildung, verbunden mit Solifluktion, Bildung von kalkhaltigen Braunerden und Tundragleyen, reich an Lößschnecken, im mittleren Bereich bisweilen eine z.T. entkalkte ausgeprägte braunerdeartige Bodenbildung
		Löß- und Tundragleybildung, Lößschnecken, Lößbildung und braunerdeartige Bodenbildung Tirsoide Bodenbildung und Lößbildung (Humuszone) Solifluktion
Eem		Erkelenzer Bodenbildung Pseudogley–Parabraunerde, Parabraunerde–Pseudogley mit starker Profildifferenzierung. 2 – 4 m

Wie die neuesten Arbeiten von BARTELS & HARD (1973) und von BIBUS & SEMMEL (1977) zeigen, ist auch in dem unteren Mittelrhein- und wahrscheinlich auch im Niederrheingebiet mit einer Gliederung zu rechnen, die der von SCHÖNHALS et al. (1964) entspricht und die gleichen fossilen Bodentypen aufweist, die REMY (1968) feststellt. Insofern ist eine unmittelbare Parallele der stratigraphischen und pedologischen Erkenntnisse auch zum Niederrheingebiet zu erwarten.

Chronologisch weisen die verschiedenen Gliederungen von PAAS (1961, 1968) und die Befunde von BARTELS & HARD (1973) und BIBUS & SEMMEL (1977) mit den Gliederungen von BRUNNACKER (ab 1967) Parallelen auf. BRUNNACKER (1967 a) geht anfänglich von einer Dreigliederung mit drei fossilen Böden aus (vgl. Tab. 4), die das Würm in Früh-, Mittel- und Jungwürm gliedern.

Tab. 4: Profilausbildung in feuchteren Gebieten (Niederrhein) nach BRUNNACKER (1967a).

Jungwürm	Löß bzw. Lößlehm
	III. Boden
	Löß
Mittelwürm	II. Boden
	Löß
Frühwürm	I. Boden
	Löß
	Vorwiegend Abspülung

R/W - Interglazial

Eine Korrelation der Böden I, II und III mit den von REMY (1960) und PAAS (1961) bereits erarbeiteten Gliederungen (Tab. 1 und 2) erfolgt nicht, jedoch ordnen LÖHR & BRUNNACKER (1974) diese Böden dem Jung- und Mittelwürmabschnitt der hessischen Gliederung i.S. von SCHÖNHALS et al. (1964) zu.

Die drei Gliederungen in Tabelle 5 zeigen insofern einen gleichartigen Aufbau, als sie drei Böden ("Innerwürmböden") I bis III darstellen, wobei die letzte Gliederung im Liegenden jedes Bodens noch die "Innerwürmdecken I bis III" nennt.

Tab. 5: Neuere Parallelisierungsversuche des Würmlösses am unteren Mittelrhein und Niederrhein.

E_4 Naßboden	III. Boden	
Eltviller Tuff		LÖHR & BRUNNACKER 1974[1]
Lohner Boden	II. Boden	
Kirchberger Boden	I. Boden	
	Innerwürmboden III	
	Innerwürmboden II	BRUNNACKER et al. 1977[2]
Denekamp-I.	Innerwürmboden I	
	Spätwürmdecke	
	Innerwürmboden III	
	Innerwürmdecke II mit Eltviller Tuff	
Denekamp-I.	Innerwürmboden II	
	Innerwürmdecke II	BRUNNACKER et al. 1978[2]
Hengelo-I.	Innerwürmboden I	
	Innerwürmdecke I	

1) LÖHR & BRUNNACKER (1974) korrelieren die Böden I, II und III mit der Gliederung SCHÖNHALS et al. (1964).

2) Diese beiden Gliederungen werden mit der holländischen Chronostratigraphie von VAN DER HAMMEN et al. (1967) verglichen. Es ist zu beachten, daß das Denekamp-Interstadial mit dem Lohner Boden gleichgestellt wird.

Die neueste Gliederung der Lößböden stellt die Gliederung von BRUNNACKER & HAHN (1978) dar, die hier zusammen mit der Stratigraphie von ZAGWIJN & PAEPE (1968) aus dem belgisch-niederländischen Raum dargestellt wird (Abb. 2). Für die Rheinlande finden BRUNNACKER & HAHN (1978) insgesamt acht Bodenbildungen (Abb. 2). Den dritten Boden (von oben aus gezählt)[1] parallelisieren BRUNNACKER & HAHN mit dem Denekamp-Interstadial. Unmittelbar in dem hangenden Löß wird der Wallertheimer oder Rambacher Tuff verzeichnet. Der vierte Boden, ein brauner Boden, wird mit dem Hengelo- und der fünfte Boden mit dem Moershoofd-Interstadial gleichgesetzt. Für die tieferen Profilteile geben BRUNNACKER & HAHN (1978) drei Humuszonen an, von denen aus der mittleren Humuszone der Metternicher Tuffhorizont beschrieben wird. Sie parallelisieren die Humuszonen mit dem jüngeren Odderade-, dem nächst älteren Brörup- und dem ältesten Amersfoort-Interstadial. Das Eem-Interglazial ist wie bei fast allen Profilen wieder eine einwandfreie stratigraphische Bezugsbasis in Form einer deutlichen Parabraunerde. Da in der dargestellten Gliederung eine Zuordnung der Böden zu der Chronostratigraphie der Niederlande und zu anderen Stratigraphien (hier nicht abgebildet) erfolgt und auf die Bezeichnung "Innerwürmböden" verzichtet wird, stellt diese Gliederung einen neuen Anfang in der Erfassung stratigraphisch wichtiger Böden für das Rheinland dar.

Eem und Altwürm

Der letztinterglaziale Boden (Eem) ist in allen Profilen deutlich erkennbar und wird bodentypologisch als Parabraunerde oder Pseudogley eingestuft. Dies trifft in besonderem Maße auf den Bt-Horizont der fossilen Parabraunerde zu. Ein bodengenetischer Zusammenhang zwischen dem Bt- und dem verschiedentlich aufgefundenen Ah-Horizont darüber wird von einigen Autoren angenommen (u.a. PAAS 1968).

Neuere Untersuchungen zeigen, daß dieser Zusammenhang nicht besteht und dem Humushorizont über dem fossilen Bt-Horizont des Eem ein altwürmzeitliches Alter zukommt (LÖHR & BRUNNACKER 1974), so wie man für Nordhessen und Niedersachsen allgemein ein altwürmzeitliches Alter für die Humuszonen oberhalb des interglazialen Bt-Horizonts ebenfalls annimmt (ROHDENBURG & MEYER 1966). Daß der Ah-Horizont und die weiteren Humuszonen eigenständige jüngere Bildungen sind, wird durch deutlich sichtbare Erosionsdiskordanzen belegt. Es liegt die Vermutung

---

1) Diese Numerierung soll keine stratigraphische Einstufung der Böden bedeuten, sondern sie soll lediglich einem besseren Verständnis dienen.

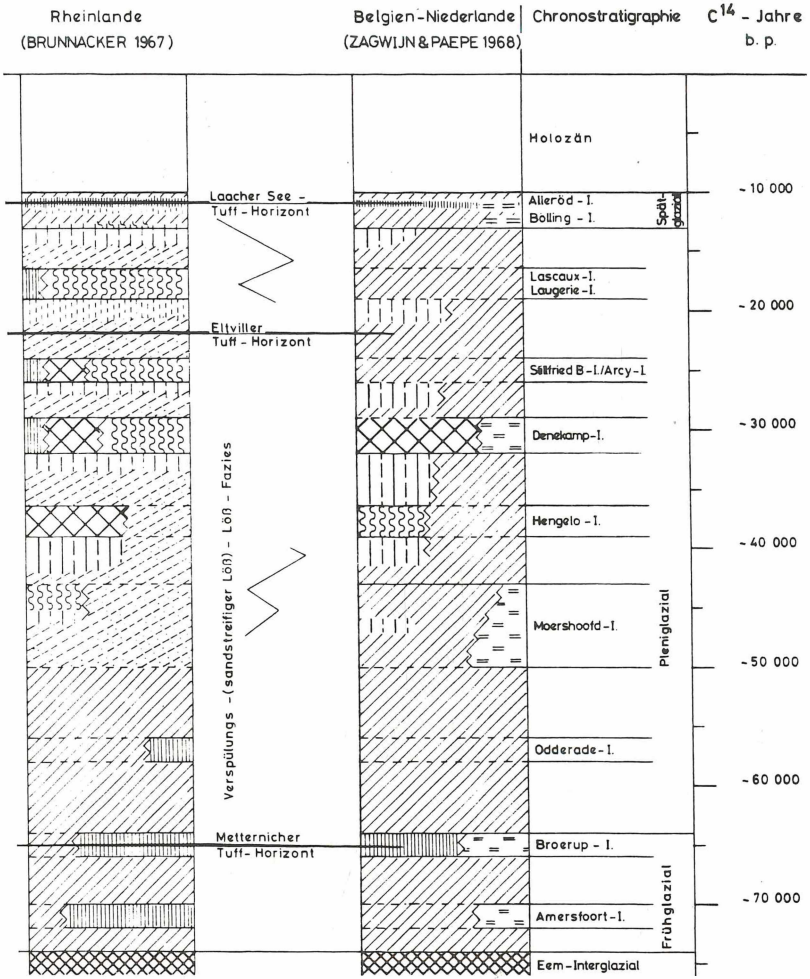


Abb. 2: Die regionale und zeitliche Faziesänderung während der Würmeiszeit n. BRUNNACKER & HAHN (1978).

nahe, diese altwürmzeitlichen Humuszonen mit den im angrenzenden Holland und Schleswig-Holstein nachgewiesenen altwürmzeitlichen Wärmeschwankungen Amersfoort, Brörup und Odderade gleichzusetzen.

Neben den Humuszonen werden im Altwürm schwache Parabraunerden oder Verbraunungszonen beschrieben, die auch kombiniert mit Humuszonen auftreten können (z.B. unter der oberen Humuszone). Der Metternicher Bimstuff in einer Humuszone erwies sich für den unteren Mittelrhein als möglicher stratigraphischer Leithorizont. Leider ist er bisher selten gefunden worden.

Mittelwürm

Für den Mittelwürmbereich ergeben sich zwei Fragen: Gibt es am Mittel- und Niederrhein schwache Bodenbildungen i.S. von Naßböden etwa wie in Hessen (vgl. SCHÖNHALS et al. 1964), und wie ist das Äquivalent des Lohner Bodens ausgebildet?

Bodenbildungen im Mittelwürmbereich sind zweifellos aufgrund der wahrscheinlich starken morphodynamischen Aktivität im Mittelwürm selten entwickelt (wie auch in Südniedersachsen und Nordhessen). Im Profil Brühl wurden unter dem "Innerwürmboden I" (entspricht nach BRUNNACKER et al. 1977 dem Denekamp) zwei Böden gefunden, die man nach der Gliederung von BRUNNACKER et al. (1977) als mittelwürmzeitlich anzusehen hat. Der Mittelwürmabschnitt kann sich auch als braunes, pedogenetisch überprägtes Lößpaket darstellen (BARTELS & HARD 1973), so daß Naßböden nicht zu erkennen sind.

Der Lohner Boden bzw. sein stratigraphisches Äquivalent wurde 1971 von ROHDENBURG & SEMMEL im gesamten Gebiet einschließlich dem angrenzenden Belgien nicht gefunden (vgl. jedoch JUVIGNÉ & SEMMEL 1981). Die Vermutung, daß in der Frimmersdorfer Bodenbildung das stratigraphische Äquivalent zum Lohner Boden zu sehen ist, kann man damit begründen, daß der Frimmersdorfer Boden typologisch ähnlich dem Lohner Boden ausgebildet ist und daß in fast allen mehr oder weniger vollständigen Profilen an der Oberkante der Frimmersdorfer Bodenbildung eine bezeichnende morphodynamische Aktivitätsphase in Form einer Dellenbildungsphase, Fließerde oder Erosionsdiskordanz zu finden ist. Jedoch muß eine endgültige Zuordnung weiteren Untersuchungen im Gebiet zwischen dem Niederrhein und Niedersachsen vorbehalten bleiben, damit hier eine Verbindung geschaffen wird.

Die Dellenbildungsphase bzw. starke Verlagerungserscheinung oberhalb des Lohner Bodens konnte in Niedersachsen und Nordhessen ebenfalls beobachtet werden (vgl. SEMMEL 1968; BROSCHE & WALTHER 1978, 1980). Von PAAS (1968) wird vom Profil

Brühl der Frimmersdorfer Boden so beschrieben, daß es sich nach den heutigen Kenntnissen unmöglich um eine interstadiale Bodenbildung handeln kann. Von daher kann nur mit Einschränkung die Frimmersdorfer Bodenbildung als der kräftige obere Mittelwürmboden eingestuft werden.

Eine typologisch völlig gleiche Ausbildung des Lohner Bodens wie in Hessen und Niedersachsen konnten BARTELS & HARD (1973) und BIBUS & SEMMEL (1977) schon für das untere Mittelrheingebiet nachweisen. Es ist trotzdem der Vermutung von ROHDENBURG & SEMMEL (1971) Beachtung zu schenken, die im Niederrheingebiet mit einer "nassen" Variante des Lohner Bodens rechnen. Diese "nasse" Form des Lohner Bodens könnte u.E. in der Art einer naßbodenartigen Überprägung der braunen aus Niedersachsen und Hessen bekannten Form erfolgt sein. Dabei könnten bodentypologisch die Eigenschaften beider Formen (sowohl des Naßbodens als auch des Lohner Bodens) sich erhalten haben.

Wie LÖHR & BRUNNACKER (1974, 1975) zeigen können, muß bei dem Boden II (entspricht dem Lohner Boden nach LÖHR & BRUNNACKER 1974) mit einem recht unterschiedlich ausgeprägten Boden gerechnet werden. Es erscheint uns jedoch noch nicht ausreichend geklärt, ob die braune Variante in einigen Profilen (Meckenheim, Lohrsdorf, Brühl) genau die gleiche stratigraphische Position der grauen (Naßboden-)Variante in anderen Profilen (Niedermerz, Ringen, Wormersdorf) vertritt. Da beide Typen unterhalb des Eltviller Tuffs auftreten können, kann an dieser Stelle das Problem nicht gelöst werden. Daß wir mit dem typischen Lohner Boden im Niederrheingebiet rechnen müssen, zeigen die Befunde von BARTELS & HARD (1973) und BIBUS & SEMMEL (1977). Ihnen gelang für den Mittelrhein die Korrelation wichtiger stratigraphischer Leithorizonte im Würmlöß. Dabei ist dieser Befund besonders wegen der direkten Nachbarschaft zu den hessischen Lössen zu Vergleichen geeignet.

Jungwürm

Im Jungwürm ist prinzipiell die Möglichkeit der Bildung von Naßböden oder Tundragleyen als gesichert anzusehen. Dabei sind aus dem Niederrheingebiet bis maximal drei Naßböden beschrieben worden.

"Innerwürmböden" i.S. BRUNNACKERs, die jungwürmzeitliches Alter aufweisen, werden in Bezug zu dem Eltviller Tuff und zum Lohner Boden (Denekamp-Interstadial) verschieden eingeordnet (vgl. Tab. 5). LÖHR & BRUNNACKER (1974) kommen zu dem Schluß, daß der "Innerwürmboden III" dem E^4-Naßboden der hessischen Lößgliederung von SCHÖNHALS et al. (1964) entspricht.

BRUNNACKER et al. (1977) setzen in ihrer Gliederung (Tab. 5) den "Innerwürmboden I" dem Denekamp-Interstadial (entspricht dem Lohner Boden) gleich und nehmen für die "Innerwürmböden II und III" ein jungwürmzeitliches Alter an. In der dritten Gliederung von BRUNNACKER et al. (1978) werden die "Innerwürmböden" wie in der Gliederung von LÖHR & BRUNNACKER (1974) eingestuft, d.h. nur der "Innerwürmboden III" wird in das Jungwürm gestellt. In der vorläufig letzten Einteilung von BRUNNACKER & HAHN (1978) wird auf die typologischen Unterschiede der Lösse im Rheingebiet hingewiesen.

Da im Mittel- und Niederrheingebiet mit mindestens ebenfalls zwei deutlichen Naßböden im Jungwürm zu rechnen ist, ist u.E. der Gliederung von BRUNNACKER et al. (1977), die zwei jungwürmzeitliche "Innerwürmböden" vorsieht (vgl. Tab. 5), die meiste Beachtung zu schenken.

Es können neben den Bodenbildungsphasen in vielen Profilen Phasen mit morphodynamischer Aktivität gefunden werden.

1. So kann man eine präeemzeitliche Dellenbildungsphase annehmen. Der Eemboden kleidet diese Dellen oft aus.
2. Aufgrund der enormen Schichtlücken in Würmlößprofilen muß im unteren und mittleren Abschnitt des Mittelwürm mit hohen Abtragungsraten im Würm gerechnet werden. Umlagerungen von Mittelwürmlössen können u.a. BARTELS & HARD (1973) im Profil Lengsdorf 3 nachweisen.
3. Oft nachweisbar ist eine kurze, aber kräftige Abtragungsphase unmittelbar über dem Frimmersdorfer Boden und über dem stratigraphisch vergleichbaren (?) "Innerwürmboden".
4. Im Jungwürm sind ein oder zwei Abtragungsphasen von jedoch nur lokaler Bedeutung nachweisbar.

2.2. Bericht über den Forschungsstand in Westfalen

Bisher berichtete nur MÜLLER (1959) über dieses wichtige Verbindungsgebiet zu den niedersächsischen Lössen und das zu einer Zeit, als weder für das Mittel- und Niederrheingebiet noch für Hessen und Niedersachsen eine befriedigende Würmlößgliederung erarbeitet worden war. Über die Gliederung der Lösse und das mögliche Auftreten fossiler Böden im Löß ist in diesem Gebiet nichts bekannt. Die flächenhafte Ausdehnung des Lösses ist dagegen gut bearbeitet (MÜCKENHAUSEN & WORTMANN 1953, MÜLLER 1959, LIEDTKE 1976).

MÜLLER (1959) deutet an, daß bei einer Dreiteilung des Würm nur der untere Boden als interstadiale Bodenbildung in den östlichen Landesteilen von Nordrhein-Westfalen zu finden ist, ohne daß er jedoch Aufschlüsse beschreibt. Es ist vom heutigen Kenntnisstand aus nicht möglich zu entscheiden, um welchen Boden es sich handeln könnte, da eine strikte Dreiteilung zwar formal gesehen zum besseren Verständnis einer Würmgliederung beiträgt, bodenstratigraphisch jedoch sich nicht bestätigen läßt.

2.3. Niedersachsen

Die ersten Arbeiten des östlichen Teils des Untersuchungsgebiets, die sich mit einer Lößgliederung befassen, stammen von GRUPE (1916) und SELZER (1936 a und 1936 b).

Besonders im südlich angrenzenden Hessen setzt nach 1950 eine intensive Erforschung der Paläobodenfolgen des Würm ein. Vorher waren es bereits für Hessen GERTH (1909), MORDZIOL (1910) und SOERGEL (1919), die auf Verwitterungsprozesse im Löß aufmerksam machten. SCHÖNHALS (ab 1945) erarbeitet dann eine Würmlößgliederung auf paläopedologischer Grundlage. Das Ergebnis seiner Untersuchungen ist, daß der Würmlöß von zwei Braunerden unterbrochen wird (vgl. Tab. 6), und er unterscheidet demzufolge einen Würmlöß I, II und III. Das Ergebnis der weiteren Untersuchungen wird dann mit der Gliederung des Würmlösses von SCHÖNHALS et al. (1964) publiziert.

Basierend auf dieser Arbeit wird dann auch im südniedersächsischen Raum der Würmlöß bodenstratigraphisch gegliedert. 1966 legen ROHDENBURG & MEYER und ROHDENBURG mit zwei Arbeiten einen zusammenfassenden Überblick über die würmzeitlichen Klimaverhältnisse auf der Grundlage paläopedologischer und feinstratigraphischer Analysen vor. Das Sammelprofil von ROHDENBURB & MEYER (1966) stellt bis heute die Grundgliederung der niedersächsischen Lösse dar (vgl. Abbildung 3).

Tab. 6: Lößbildungs- und Verwitterungszyklus des Jungpleistozäns im Rheingau nach SCHÖNHALS (1950).

Zeitabschnitt		Hohlweg Erbach	Hessemer	Klima
Nacheiszeit		Braunerde - Bildung		
Würm III-Gl.	Hochgl.	Löß	Löß 2,3 m	Kalt/tr.
	Frühgl.	Löß mit Kieslage	geschich-teter Löß	kühl/feu.
Würm II/III Interstadial		Entkalkte Braun-erde 0,5 m	sehr schw. kalkhaltige Braunerde 0,5 m	feu./warm
Würm II-Gl.	Hochgl.	Löß		kalt/tr.
	Frühgl.	grauer Löß mit Kieslagen	gesch. Löß	
Würm I/II Interstadial		kalkh. Braun-erde 0,6 m	kalkhaltige Braunerde	feu./warm
Würm I-Gl.	Hochst.	Löß	Löß	kalt/tr.
	Frühgl.	umgelagerter Löß	gesch. Löß	kühl/feu.

So schreibt ROHDENBURG (1966) über Eiskeilhorizonte in den z.T. schon in der vorher genannten Arbeit (ROHDENBURG & MEYER) erwähnten Aufschlüssen. BARTELS & ROHDENBURG (1968) berichten über die Aufschlußverhältnisse in der alten Ziegeleigrube Breinum/Hildesheimer Wald und führen die Bezeichnung "Breinumer Boden" ein. ROHDENBURG (1968) erwähnt in seiner Arbeit über die "Jungpleistozäne Hangformung in Mitteleuropa ..." Aufschlüsse, die in unserem Untersuchungsgebiet liegen.

Im Rahmen seiner Habilitationsschrift beschreibt SEMMEL (1968) einige Profile aus Nordhessen, die von besonderem Interesse für das Bearbeitungsgebiet sind. JAUHIAINEN & BRUNOTTE (1978) erwähnen ein Profil bei Einbeck, und BROSCHE & WALTHER (1978) legen Untersuchungsergebnisse der Lößdeckschichten der Braunschweigischen Kohlenbergwerke (BKB) zwischen Helmstedt und Schöningen vor. BROSCHE & WALTHER (1980) stellen zwei relativ reich gegliederte Profile in Nordhessen vor (Vaake und Albungen).

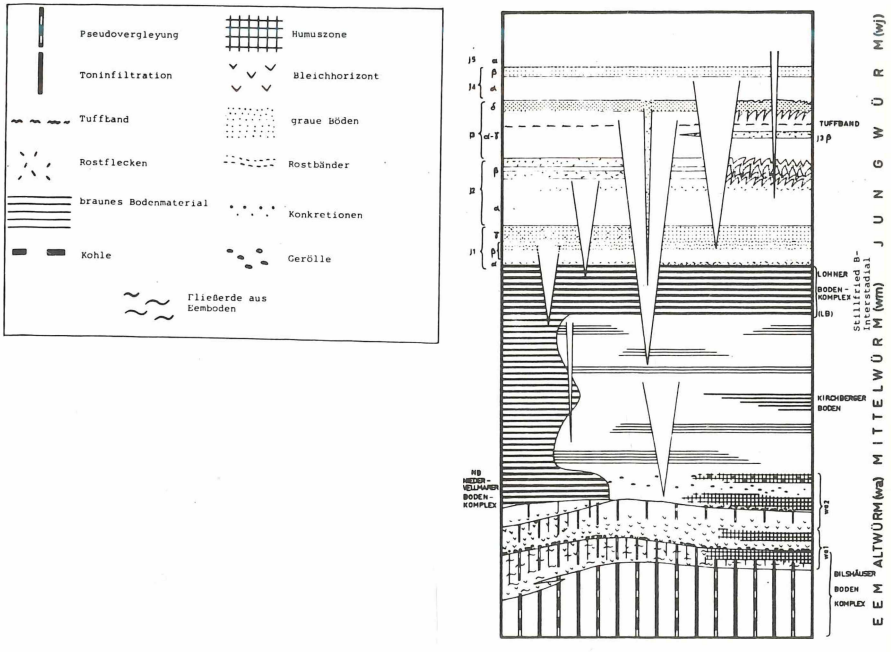


Abb. 3: Sammelprofil für Niedersachsen und Nordhessen mit Eiskeilgenerationen aus ROHDENBURG & MEYER (1966).

Eem und Altwürm

Der Eemboden wird durch einen kräftig entwickelten Bt-Horizont mit Parabraunerdecharakter vertreten, der teilweise später pseudovergleyte und dem bodengenetisch ein Bleichhorizont zuzurechnen ist. Die sekundäre Pseudovergleyung ist nicht in allen Fällen zeitlich genau zu bestimmen. Das Altwürm wird in zwei Komplexe gegliedert, den wa1- und wa2-Komplex. ROHDENBURG & MEYER (1966) stellen eine unterschiedliche Ausbildung fest, so daß man eine Humuszonenfazies und eine Verlehmungsfazies trennen kann. Im rechten Teil des Sammelprofils (Abb. 3) ist die Humuszonenfazies mit vier Humuszonen, Bleichzonen und einem schwachen Pseudogley zu erkennen. Als charakteristischer Leithorizont wird von ROHDENBURG & MEYER (1966) dabei der mehrere Dezimeter mächtige, fahle Bleichhorizont mit einer basalen Zone erbsgroßer Eisen-Mangan-Konkretionen angesehen. Letztere sind ein deutliches Zeichen von Pseudovergleyungsvorgängen, die wahrscheinlich die Pseudovergleyung des Eembodens und der ersten Humuszone bewirkt haben. Dieser Pseudogley des Eem-Altwürm-Komplexes wird als "Bilshäuser Bodenkomplex" bezeichnet und umfaßt damit den pseudovergleyten Bt-Horizont des Eembodens und

die tiefste pseudovergleyte Humuszone des wa1-Abschnitts. Der Komplex wa2 wird durch zwei Humuszonen vertreten oder ist in der Verlehmungsfazies (linker Teil in Abb. 3) als brauner verlehmter "Niedervellmarer Bodenkomplex" i.S. von ROHDENBURG & MEYER (1966) anzusprechen (Abb. 3). Es kann in der Humuszonenfazies ein schwacher Pseudogley unter der unteren Humuszone vom wa2 festgestellt werden. Die Grenze zum Mittelwürm ist nur in der Humuszonenfazies eindeutig feststellbar. Der "Niedervellmarer Bodenkomplex" geht oft in jüngere verlehmte Lösse kontinuierlich über.

Der Eemboden wird bei SCHÖNHALS et al. (1964) als "pseudovergleyte Parabraunerde" dargestellt, die auch frühe Teile des Altwürm einbezieht; im Altwürmabschnitt wird nicht so stark differenziert wie bei ROHDENBURG & MEYER (1966). Lediglich eine Humuszone, ein Al-Horizont (Bleichhorizont) und eine Konkretionslage vertreten das Altwürm in Nordhessen.

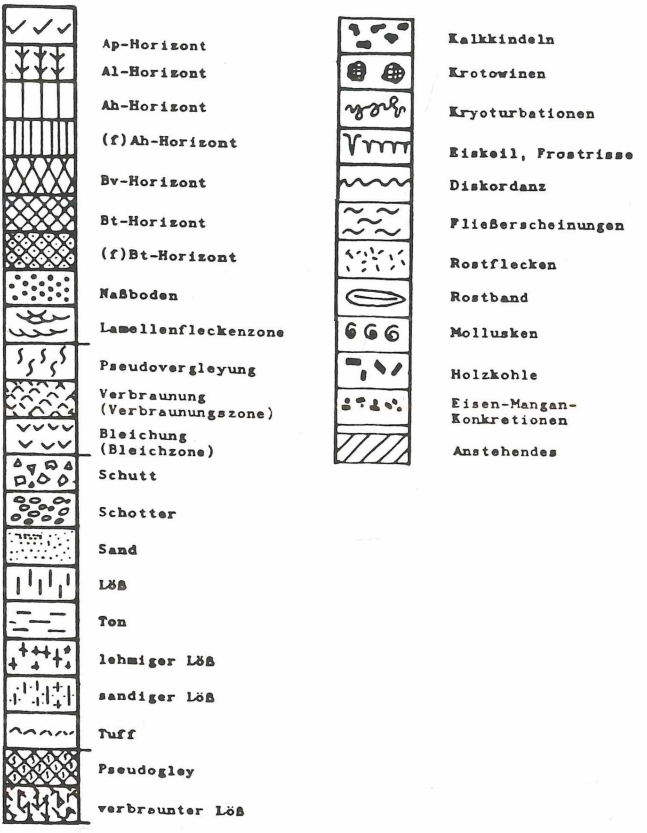


Abb. 4: Legende zu den Profildarstellungen.

In Abb. 5 werden die verschiedenen Altwürmfolgen in einem Vergleich dargestellt. Dabei ist hervorzuheben, daß die Humuszone 2 und 3 als Leithorizonte des Altwürm gelten können. In den Profilen mit einem kurzen Altwürmabschnitt hat sich oft nur noch die Humuszone 2 erhalten. Es zeichnet sich in dem Profilvergleich in Abbildung 6 ab, daß im Altwürm mit einer sehr heterogenen Fazies zu rechnen ist. So scheint die Reliefposition u.a. mit dafür entscheidend zu sein, ob Humuszonen oder Pseudogley ausgebildet wurden bzw. ob der Eem-Altwürm-Abschnitt in einem Profil später pseudovergleyte [1].

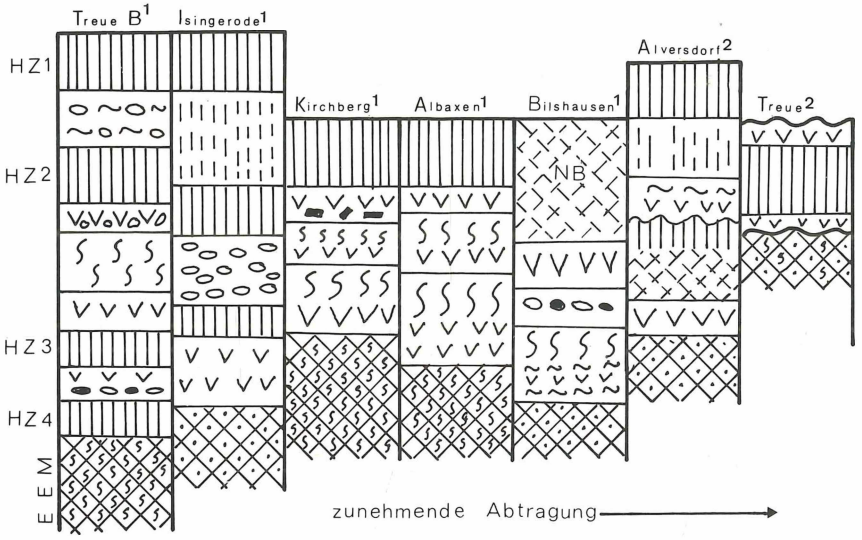


Abb. 5: Profilvergleich der Eem-Altwürm-Serien anhand ausgewählter Beispiele.

1) Auch das überregionale Klima, vor allem die eiszeitlichen Niederschläge, sind entscheidend. So treten im relativ trockenen Frankfurter Gebiet und in Niederösterreich die Humuszonen (Altwürm) fast unverändert auf (vgl. SEMMEL 1968; FINK 1978).

Mittelwürm

Im Mittelwürm muß man zwischen Profilen mit fehlenden Lössen, mit homogen pedogenetisch überprägten Lössen und mit gliederbaren Lössen unterscheiden. Bodentypologisch lassen sich bei gliederbaren Lössen zwei braune Böden trennen, von denen der untere "Kirchberger Boden" recht selten, der das Mittelwürm nach oben hin abschließende "Lohner Boden" dagegen öfter gefunden wird. Allgemeines Kennzeichen der Mittelwürmlösse sind die starken Verlagerungsvorgänge in vielen Profilen. Sie stellen sich meistens in häufigen Wechsellagerungen von Schluffen und Sanden bzw. Feinkiesen dar.

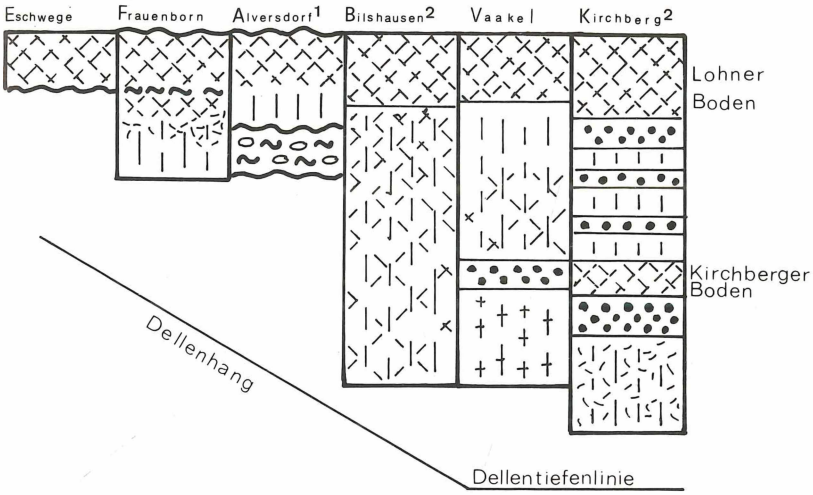


Abb. 6: Profilvergleich der Mittelwürm-Serie anhand ausgewählter Beispiele.

Man kann aufgrund der beschriebenen Aufschlüsse für den Mittelwürmabschnitt mehrere Profiltypen unterscheiden.

In einem Teil der Aufschlüsse, wie etwa Bilshausen und Vollmarshausen, ist der Mittelwürmkomplex durch ein braunes nicht näher gliederbares Lehmpaket vertreten. So geht der Niedervellmarer Bodenkomplex kontinuierlich in den Lohner Boden über, ohne daß sich Spuren eines auffallenden Bodens oder Primärlösses im Zwischenbereich finden lassen. ROHDENBURG & MEYER (1966) ziehen daraus den Schluß, daß die bodenbildenden Prozesse mit der Lößsedimentation Schritt hielten und das frisch angewehte Material sofort entkalkt wurde, verbraunte und verlehmte. Diese Vorgänge fanden entweder gleichzeitig mit der Lößanwehung statt oder erfolgten in Sedimentationspausen.

Andere Profile, wie Treue (Westwand), weisen große Schichtlücken auf, so daß im Mittelwürm und beginnenden Jungwürm hier möglicherweise kein Löß entstand. So liegt z.B. im Profil Treue (Westwand) auf der altwürmzeitlichen Bleichzone direkt die Lamellenfleckenzone als Fortsetzung des rezenten Bt-Horizontes. Hier fehlen also Mittel- und fast alle Jungwürmlößschichten vollständig.

Die Abbildung 6 zeigt die großen Schichtlücken im Mittelwürm, wobei man berücksichtigen sollte, daß die Profile vom Typ Eschwege, Frauenborn und Alversdorf in der Gesamtzahl aller Mittelwürmprofile den größten Teil ausmachen. Ausgesprochene Akkumulationsprofile sind u.a. die Aufschlüsse Vaake I (BROSCHE & WALTHER 1980) und Kirchberg (ROHDENBURG & MEYER 1966).

Jungwürm

Der jungwürmzeitliche Löß wird von ROHDENBURG & MEYER (1966) in wj1 bis wj5 unterteilt und jeder Zahl ein mehr oder weniger typischer Primärlöß zugeordnet. In diesem Sinn kann man von einem wj1- bis wj5-Löß sprechen (vgl. Abb. 7). Die Untergliederung erfordert darüber hinaus wegen der Einbeziehung der jungwürmzeitlichen Naßböden eine weitere Kennzeichnung. Es werden die griechischen Buchstaben α, β, γ und δ gewählt. Danach lassen sich folgende Lößpakete, die nur aus reinem Primärlöß bestehen, ausgliedern:

wj1ß, wj2α, wj3α - γ, wj4α und wj5α (vgl. Abb. 7).

Die Naßböden passen sich nun in dieses Schema ein, indem sie sich jeweils an der Oberkante des Lösses befinden. Ausnahmen davon bilden der wj3-Löß, der noch in seiner Mitte einen Naßboden aufweist, und der wj5-Löß, auf dem sich der holozäne Boden befindet. Es treten folgende Naßböden auf: wj1γ, wj2β, wj3β, wj3δ und wj4β

(vgl. Abb. 4).

Diese Bezeichnungen der Naßböden lassen sich mit der von SCHÖNHALS et al. (1964) vorgestellten Gliederung für Nordhessen folgendermaßen parallelisieren: E1 = wj1γ, E2 = wj2β, E3 = wj3β, E4 = wj3δ und W5 = wj4β.

Hervorzuheben ist, daß als wichtigste stratigraphische Leitmarke der Eltviller Tuff zu nennen ist, der sich in der wj3-Lößdecke über dem schwachen zwischengeschalteten wj3β-Naßboden und unter dem deutlichen wj3δ -Naßboden befindet.

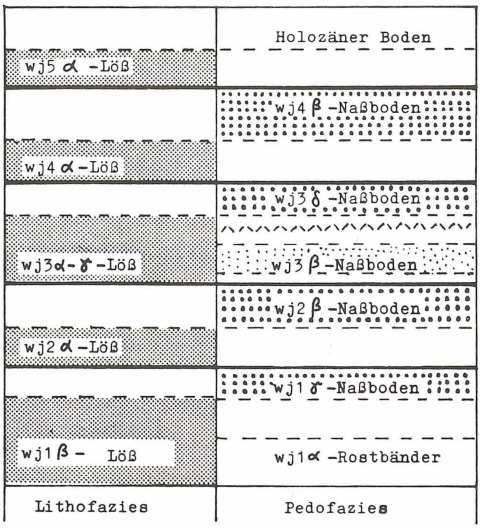


Abb. 7: Die Stratigraphie der jungwürmzeitlichen Löß-Naßboden-Folgen in Anlehnung an ROHDENBURG & MEYER (1966).

Zusammenfassend kann man für den Jungwürmabschnitt in Niedersachsen und Nordhessen zunächst einmal die Bildung von Naßböden voraussetzen. Dabei zeigt sich, daß

1. sich in den von dem holozänen Boden überprägten Bereichen noch ein weiterer fünfter Naßboden (wj4β) befindet, der besonders über Sackungsmulden ausgetauter Eiskeile erhalten geblieben ist (ROHDENBURG 1966),

2. sich der Eltviller Tuff als das sicherste Korrelierungsmerkmal erweist, jedoch bislang nur an wenigen Stellen gefunden worden ist,

3. sich im wj3β-Löß ein ganz schwacher Naßboden befindet, der im Rhein-Main-Gebiet wesentlich deutlicher ausgeprägt ist,

4. sich der Ausprägungsgrad des wj2β-Naßbodens und wj1γ -Naßbodens im Vergleich zum Rhein-Main-Gebiet umgekehrt verhält. Der wj1γ -Naßboden (Alversdorfer Naßboden $\stackrel{?}{=}$ Breinumer Boden) ist neben dem wj3δ-Naßboden am intensivsten ausgebildet. Es ist grundsätzlich nicht die Möglichkeit auszuschließen, daß es sich bei dem Alversdorfer Naßboden i.S. von BROSCHE & WALTHER (1978) um den feucht überprägten Lohner Boden handelt. Uns erscheint aber trotzdem eine Trennung zwischen Lohner Boden und Alversdorfer Naßboden sinnvoll, da zwischen zwei pedogenetisch völlig verschiedenen Prozessen unterschieden werden muß. So ist die Entkalkung und Verbraunung des Lohner Bodens eindeutig noch mittelwürmzeitlich, dagegen der Prozeß einer feuchten Überprägung (Vergleyung aufgrund von Staunässe entweder über dem dichteren Lohner Bodenmaterial oder sogar bereits über Dauerfrost, wie es ROHDENBURG & MEYER (1966) für die Jungwürmnaßböden nicht ausschließen können) einwandfrei ins Jungwürm zu stellen. Daraus folgt, daß der Alversdorfer Naßboden bodentypologische Merkmale sowohl des Lohner Bodens als auch von Jungwürmnaßböden aufweisen könnte.

5. Der wj1α - γ - Abschnitt wird einerseits durch eine Fließerde vertreten, die unmittelbar auf dem Lohner Boden liegt, andererseits stellen sie einen Naßbodenkomplex dar. Ob jeweils der eine oder der andere Profiltyp zu finden ist, hängt weitgehend von der Reliefsituation ab. Klimatisch sind beide Ausbildungsformen möglich, da ein feucht-kühles Klima sich einerseits solifluktionsfördernd auswirkt, andererseits auch für die Bildung der Naßböden angenommen werden muß.

6. Im wj3- und wj4-Löß befinden sich Frostrißhorizonte, die einen Ansatz bieten könnten, beim Fehlen des Eltviller Tuffs als stratigraphische Leithorizonte zu dienen.

Die Morphodynamik des Jungwürmabschnitts zeichnet sich in Profilen mit Schichtlücken durch eine Fließerde unmittelbar auf dem Lohner Boden aus, die diesen teils abgetragen, teils aufgearbeitet hat. Gleichzeitig oder etwas später entstanden flache Dellen, die mit jungwürmzeitlichem Löß plombiert wurden, in dem sich dann Naßböden entwickeln konnten.

Eine zweite Dellenbildungsphase stellen BROSCHE & WALTHER (1978) in das obere Jungwürm. Sie ist in weiten Teilen des niedersächsischen Bearbeitungsgebiets nachweisbar. Wie Abbildung 8 zeigt, ist der Alversdorfer Naßboden (NB 1) von dieser Dellenbildung gekappt worden und lediglich noch auf einem Riedel und den Hangschulterbereichen vorhanden. Die Dellen wurden mit mächtigen wj4- bis wj5-Lössen verfüllt.

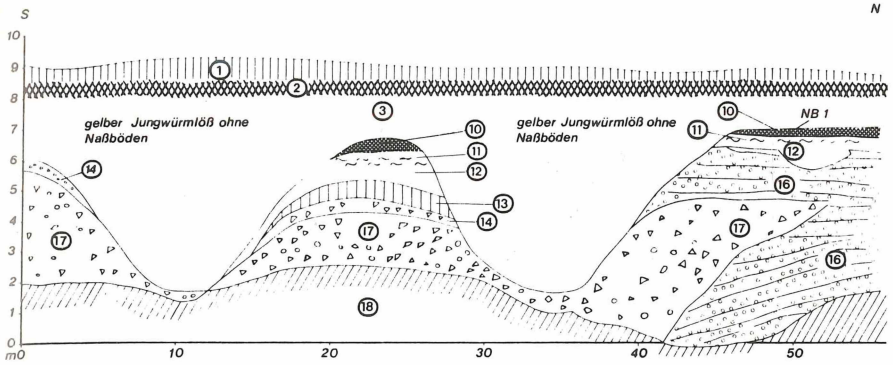


Abb. 8: Mittlerer Teil der Westwand des Tagebaus Alversdorf der Braunschweigischen Kohlenbergwerke bei Helmstedt (aus BROSCHE & WALTHER 1978); Legende s. Abb. 4.

Auffallend ist, daß mehrgliedrige Jungwürmprofile, von Ausnahmen einmal abgesehen, nur in Mittelgebirgsbereichen vorkommen, was in gleicher Weise schon für den Mittel- und Altwürmabschnitt herausgestellt werden konnte. An der nördlichen Lößgrenze treten oft recht geringmächtige Lösse auf, die entweder keine Naßböden oder nur maximal einen Naßboden enthalten (Ausnahme: BKB-Gruben bei Helmstedt).

Die Eiskeilbildungen lassen sich unmittelbar den kalten Lößbildungsphasen zuordnen (ROHDENBURG 1966), und man gelangt so allein für das Jungwürm zu fünf Eiskeilgenerationen (vgl. Abb. 3), die sich voneinander

1. in der Häufigkeit ihres Auftretens,
2. ihrer Tiefenerstreckung,
3. der oberen Öffnungsweite,
4. der Maschengröße,
5. des Füllmaterials und
6. der Aufpressung der Keilschulterbereiche unterscheiden (ROHDENBURG 1966).

2.4. Vergleich der Befunde

Beim Vergleich der fossilen Böden in Lößprofilen des Niederrheingebiets, Niedersachsens und Nordhessens ergibt sich bei den wichtigsten stratigraphischen Leitmarken eine Übereinstimmung (vgl. Abb. 9). Wir korrelieren in Abbildung 9 die fossilen Bodenbildungen, die Lößsedimentation, die Eiskeilbildungen, die Tuffe, die Dellenbildungs- und Erosionsphasen und die Ergebnisse archäologischer Forschung miteinander.

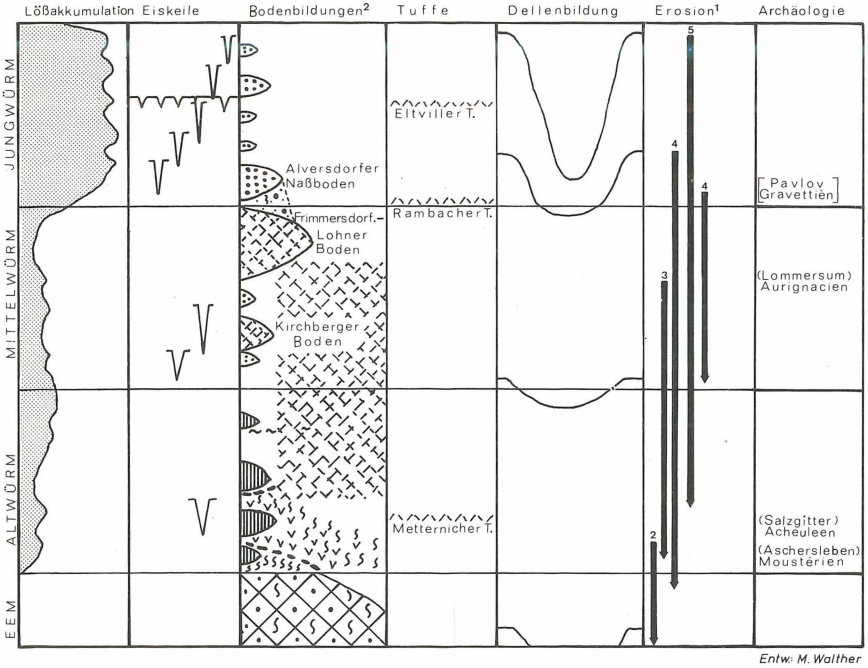


Abb. 9: Stratigraphische Leithorizonte im Würmlöß Norddeutschlands.

Es kann der Eemboden in beiden Gebieten als Bt-Horizont einer Parabraunerde oder als ein Pseudogley gefunden werden, der typologisch in beiden Gebieten die gleiche Ausprägung aufweist.

Für den Altwürmabschnitt ist in beiden Gebieten des Bearbeitungsraums eine Humuszonen- und Verlehmungszonenfazies nachgewiesen. Dabei tritt in der Verlehmungszonenfazies schwache Tonverlagerung und Pseudovergleyung auf (ROHDENBURG & MEYER 1966, 117 ff.). Im gesamten Altwürm ist mit flächenhafter Abtragung zu rechnen. Vielfach lassen sich im östlichen und westlichen Teil des Untersuchungsgebiets archäologische Kulturen des Acheuléen und Moustérien finden (vgl. Abb. 9). In den zwischengeschalteten kalten Klimaabschnitten kommt es zur Eiskeilbildung, woraus man auf einen recht frühen Dauerfrostboden im Altwürm schließen kann. Weitere Belege kaltzeitlicher Klimaabschnitte sind eine relativ schwache Lößsedimentation, die so gering ist, daß anschließende Bodenbildungsprozesse diese Lösse vollständig überprägten. Der Metternicher Tuff erweist sich für das Rheingebiet als Korrelierungsmarke für eine altwürmzeitliche Humuszone.

---

1) Die Zahlen beziehen sich auf die unter Punkt 2 - 5 beschriebenen Dellenbildungs- und Erosionsphasen auf Seite 123f.
2) Legende s. Abb. 5.

Die im Altwürm beginnende Morphodynamik ist im Mittelwürm auch in beiden Teilgebieten des Bearbeitungsraums zu beobachten. Dies ist daraus zu schließen, daß in Mittelwürmprofilen eine regelmäßige Wechsellagerung von braunen Schluffen, Fein- und Grobsanden,z.T. auch von Feinkiesen beobachtet werden können. Fraglich erscheint, ob die Frimmersdorfer Bodenbildung ein zeitliches Äquivalent zum obersten Mittelwürmboden darstellt. Die Erosions- bzw. Dellenbildungsphase an der Oberkante dieses Bodens, die schon als jungwürmzeitlich einzuordnen ist, kann aus beiden Gebieten bestätigt werden. Kaltzeitliche Klimazeugen sind besonders die Eiskeilbildungen sowie eine geringe Lößsedimentation, wobei davon auszugehen ist, daß die Bodenbildungsprozesse synchron dazu abliefen oder zyklisch erfolgten (ROHDENBURG & MEYER 1966, 31).

Besonders die Ergebnisse von BARTELS & HARD (1973) und BIBUS & SEMMEL (1977) zeigen, daß auch zumindest für das untere Mittelrheingebiet mit einer ähnlichen Anzahl von Naßböden wie in Niedersachsen und Hessen zu rechnen ist. Dem Eltviller Tuff kommt in beiden Teilgebieten ein stratigraphischer Leitwert zu, während der Rambacher Tuff bislang nur im Rheingebiet gefunden wurde.

Solifluidale (flächenhafte) und fluviale (linienhafte) Formung der Landoberfläche schafft Dellen oder Tälchen, wobei die Dellen oft in späterer Zeit mit Löß plombiert wurden und sich in diesem fossile Böden entwickelten. SEMMEL (1968) sowie SEMMEL & STÄBLEIN (1971) gliedern mit Hilfe der Füllmassen dieser Täler und der darin entwickelten fossilen Bodenbildungen Dellenbildungsphasen im Würm aus. Diesem Beispiel folgen BROSCHE & WALTHER (1978), indem sie aufgrund detaillierter Reliefanalysen und Aufschlußkartierungen in den Helmstedter Braunkohlentagebauen ebenfalls charakteristische Dellenbildungsphasen innerhalb des Würm feststellen. Im Niederrheingebiet ergeben sich u.E. ähnliche Verhältnisse, die schon näher erläutert wurden (vgl. S.111).

Es ergeben sich für den Zeitraum seit dem Eem-Interglazial folgende Dellenbildungsphasen und Erosionsdiskordanzen für das gesamte Bearbeitungsgebiet:

1. Eine präeemzeitliche Dellenbildungsphase, nach der noch rißzeitlicher Löß sedimentiert wurde; auf diesem Löß entwickelte sich der letztinterglaziale Boden. Diese Dellen sind oft im ganzen Würm aktiv gewesen und können sich bis zur heutigen Landoberfläche durchgepaust haben.
2. Im Altwürm ist sowohl mit einer Dellenbildungsphase als auch mit starker Abtragung allgemein zu rechnen. ROHDENBURG & MEYER (1966) weisen sowohl

solifluidale als auch fluviale Formung der Landoberfläche nach. Dieser frühen altwürmzeitlichen Abtragung fiel oft der Eemboden zum Opfer, während sich jüngere altwürmzeitliche Humuszonen nach dieser Abtragung z.T. erhalten haben. In anderen Fällen fehlen aber auch diese, so daß auch während und am Ende des Altwürm mit Abtragung zu rechnen ist. Die altwürmzeitlich entstandenen Dellen sind in einigen Fällen mit Mittelwürmlössen verfüllt. Es muß dabei zunächst offen bleiben, ob diese Dellenbildungsphase nicht auch in das frühe Mittelwürm zu stellen ist. Der abgetragene Eemboden kann u.U. in Form der "Niedereschbacher Zone" i.S. SEMMELs (1967) im Grenzbereich zwischen Mittel- und Altwürm wieder in tieferen Relieflagen abgelagert worden sein.

3. Das Mittelwürm zeichnet sich durch weitflächige Abtragungen aus, die in Form von Solifluktion und vor allem Abspülung auf der ehemaligen Landoberfläche stattfand. In Mittelwürmprofilen finden sich deutliche Anzeichen einer Verlagerung von Grobsand und Feinkies. Allerdings muß gegen Ende des Mittelwürm mit einem Nachlassen der Abtragung gerechnet werden, da der Lohner Boden häufiger als ein 0,8 - 1,0 m mächtiges, wahrscheinlich schwach verlagertes Bodenpaket in Erscheinung tritt. Diese Beobachtung bestätigt Abbildung 10, aus der hervorgeht, daß die großen Schichtlücken erst unterhalb des Lohner Bodens ansetzen.

4. Im beginnenden Jungwürm ist eine kurze und kräftige Dellenbildungsphase und Abtragungsphase festzustellen, die den Lohner Boden oft beseitigt oder an Hangschulterbereichen gekappt hat. In diesen Dellen finden sich jungwürmzeitliche Primärlösse, die durch Naßböden gliederbar sind.

5. Im oberen Jungwürm kann eine letzte Dellenbildungsphase nachgewiesen werden, deren Dellen z.T. heute noch die Landoberfläche durchziehen oder mit völlig homogenem jungwürmzeitlichem Primärlöß plombiert sind.

Stellt man einmal die Schichten in Lößprofilen aus Hessen, Niedersachsen und dem Nieder- und Mittelrheingebiet zusammen (vgl. Abb. 10), so erkennt man, daß der obere Altwürm- und der Mittelwürmabschnitt unterhalb des Lohner Bodens am häufigsten nicht ausgebildet sind. Aus dieser Tatsache ist u.a. zu schließen, daß in diesem Bereich mit feucht-kühlen, abtragungsgünstigen Klimaverhältnissen zu rechnen ist oder die Lößbildung in diesem Zeitraum nicht so stark wie im nachfolgenden Jungwürm war.

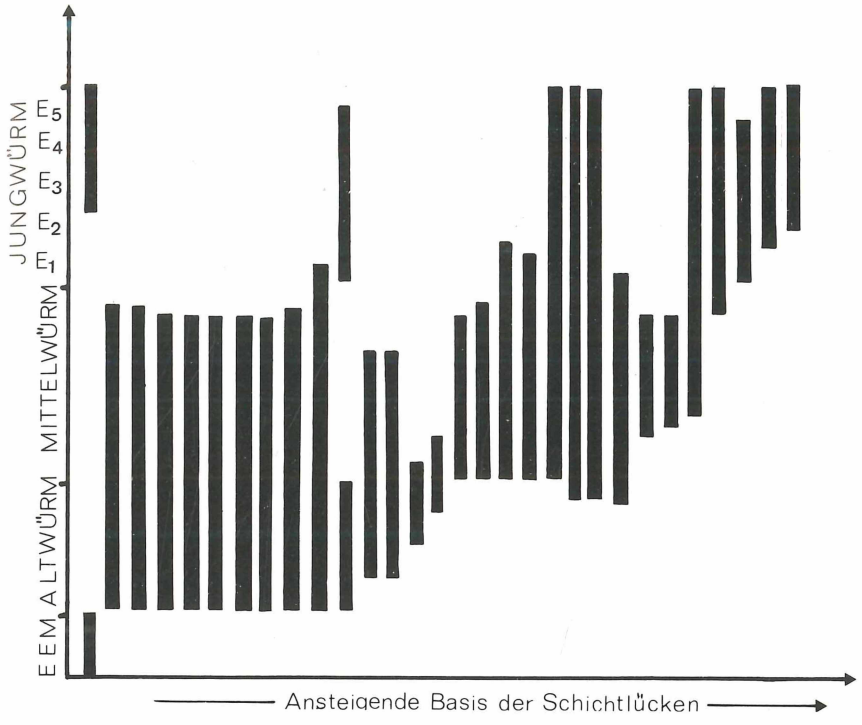


Abb. 10: Darstellung der Schichtlücken von 30 ausgewählten Aufschlüssen aus Hessen, Niedersachsen und dem Mittel- und Niederrheingebiet.

3. Gliederung einer jungpleistozänen Klimaentwicklung im nördlichen Mitteleuropa

Folgende Stratigraphien sind für die eingangs erwähnte Problemstellung wichtig (vgl. S. 4 f.):

1. die Gliederung der Niederlande, die in den vergangenen 15 Jahren von ZAGWIJN (1960, 1974, 1975), ZAGWIJN & PAEPE (1968), VOGEL & VAN DER HAMMEN (1967) und VAN DER HAMMEN et al. (1967) erstellt wurde,

2. die Gliederung besonders des Eem und Altwürm in Schleswig-Holstein nach Untersuchungen von AVERDIEK (1964), DÜCKER (1967), DÜCKER & HUMMEL (1967), MENKE (1970, 1975, 1976), MENKE & BEHRE (1973) und MENKE & LANGE (1976),

---

1) Die Balken deuten die Profilabschnitte an, die fehlen, d.h. entweder aufgrund mangelnder Lößsedimentation nicht ausgebildet wurden oder einer Abtragung zum Opfer fielen.

3. die Gliederung im nordöstlichen Harzvorland von MANIA (1965, 1967), MANIA & STECHEMESSER (1970), MANIA & TOEPFER (1973) und MANIA & PREUSS (1975) erstellt anhand der Befunde aus limnischen und fluvialen Sedimenten der Aschersiebener Depression.

Die Gliederung in Abbildung 11 stellt das Ergebnis einer langjährigen Forschungsreihe dar, die mit ANDERSEN et al. (1960) und ZAGWIJN (1960) begann und heute als eine der zuverlässigsten Klimakurven in Mitteleuropa gelten kann. Besonders die große Anzahl von 14-C-Datierungen an gut datierbaren Materialien wie organischen Resten in limnischen, brackigen, äolischen und ästuarinen Sedimenten ist besonders hervorzuheben.

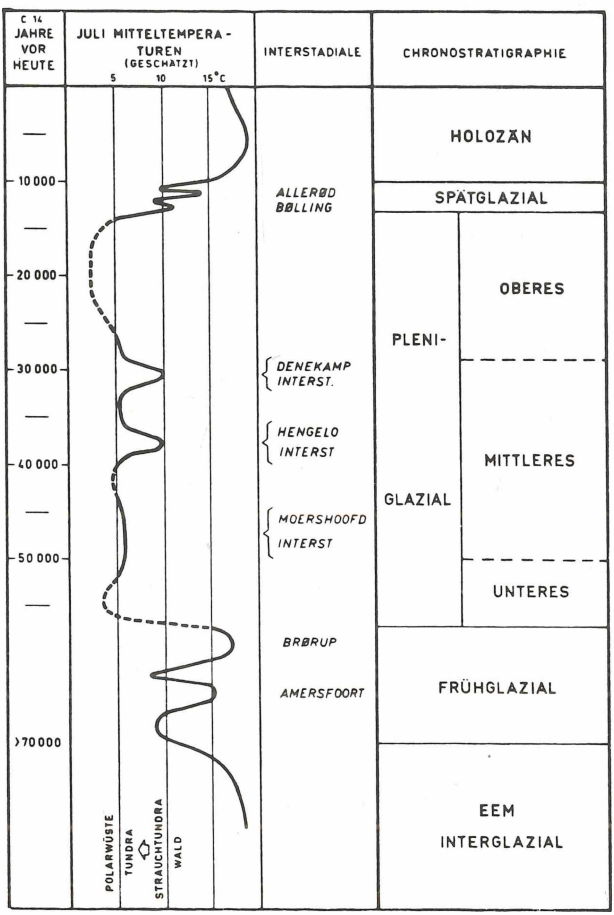


Abb. 11: Chronostratigraphie und Klimakurve des Jungpleistozäns aus ZAGWIJN & PAEPE (1968).

Der Altwürmabschnitt ("Early Glacial") wird durch zwei Wärmeschwankungen gegliedert - Amersfoort (GrN 1397 63 500 ± 900 B.P., weitere Daten in Abb. 13) und Brörup (GrN 1205 53000 [1]). Im "Middle and Lower Pleniglacial" treten drei Wärmeschwankungen auf: Moershoofd (43 000 - 50 000 Jahre B.P.), das von ZAGWIJN & PAEPE (1968) als eigenständiges Interstadial ausgegliedert wird, Hengelo (37 000 - 39 000 Jahre B.P.) und Denekamp (29 000 - 32 000 Jahre B.P.). Auffallend ist, daß im Zeitraum von 13 000 bis 27 000 Jahre B.P. kein datierbares Material gefunden wurde, was darauf zurückzuführen ist, daß ein polares Wüstenklima herrschte (VAN DER HAMMEN et al. 1967). Weitere Warmphasen konnten erst ab 13 000 Jahre B.P. datiert werden. So wird das Bölling mit 12 000 bis 12 400 Jahre B.P. und das Alleröd mit 11 000 bis 11 800 Jahre B.P. eingegrenzt.

In jüngerer Zeit können die aus Holland schon lange bekannten frühweichselzeitlichen Interstadiale Schleswig-Holsteins mit dem nördlich angrenzenden Dänemark und mit der niederländischen Chronostratigraphie korreliert werden. DÜCKER & HUMMEL (1967) können neben den bereits genannten Brörup und Amersfoort an der Lokalität Odderade/Dithmarschen ein drittes altwürmzeitliches (frühweichselzeitliches) Interstadial pollenanalytisch nachweisen. Dabei können sie die beiden Böden im Liegenden des Odderade-Interstadials mit dem Amersfoort (1. Interstadialphase) und dem Brörup (2. Interstadialphase) korrelieren. Nach DÜCKER (1967) liegen für die genannten Interstadiale folgende 14-C-Daten aus Schleswig-Holstein vor:

Loopstedt (= Brörup)	GrN 1254 53 000 Jahre B.P.
Nordhastedt (= Odderade)	GrN 2647 44 760 ± 800 B.P.
	GrN 2646 46 350 ± 1 000 B.P.

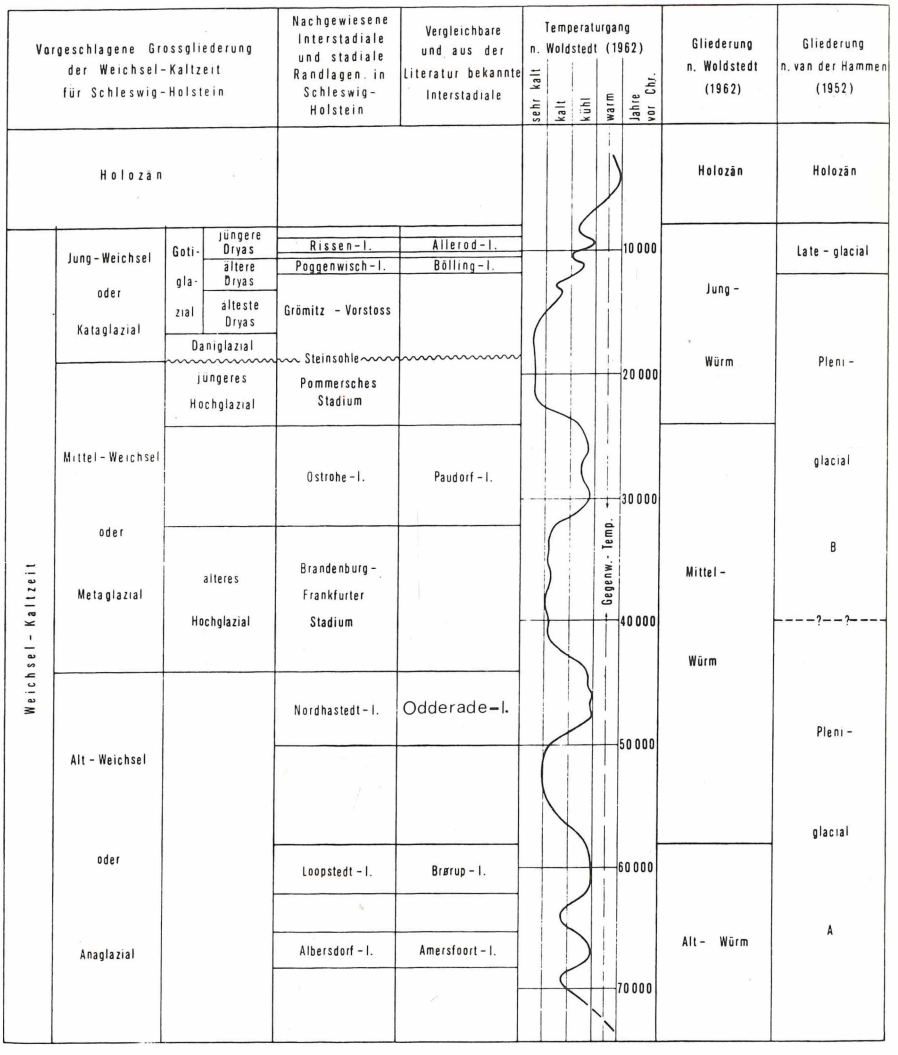
Nach MENKE & LANGE (1976, 10) werden bis 1967 folgende Interstadiale untereinander korreliert:

Niederlande (ZAGWIJN 1961)	Dänemark (ANDERSEN 1961)	Schleswig-Holstein (AVERDIEK 1967)	(DÜCKER 1967)
		Odderade	Nordhastedt
"Brörup"	Brörup	"Brörup"	Loopstedt
Amersfoort	Roedebaek	"Amersf.-Roedeb."	Albersdorf

---

1) Dieses 14-C-Alter aus Dänemark (ANDERSEN 1961) ist mit Sicherheit als zu jung anzusehen. Weitere Datierungen aus Dänemark belaufen sich auf 58 000 bis 59 000 Jahre B.P. (ANDERSEN 1961).

Tab. 7: Temperaturverlauf und Gliederung der Weichsel-Kaltzeit in Schleswig-Holstein aus DÜCKER (1967).



Das aus den Niederlanden bekannte Denekamp-Interstadial wird von DÜCKER (1967) im Aufschluß Ostrohe gefunden und nach diesem Ort benannt. Er teilt zwei 14-C-Daten mit:

GrN 1515 26 600 ± 300 Jahre B.P.
GrN 1551 32 200 ± 600 Jahre B.P.

Die Stellung des hochglazialen Ostrohe-Interstadials wird von MENKE (1970), MENKE & BEHRE (1973), BEHRE (1974) und MENKE & LANGE (1976) stark angezweifelt, und sie weisen darauf hin, daß im "Ostrohe-Interstadial" eine dem Brörup und Odderade vergleichbare Flora vorhanden ist. Da die älteren 14-C-Daten von Groningen nicht korrigiert sind (vgl. MENKE & BEHRE 1973, 201), d.h. zu jung sind, deuten sie die Möglichkeit an, daß das nordwestdeutsche und dänische Brörup dem niederländischen Amersfoort und das Odderade dem dänischen Brörup entsprechen könnte.

Auch in Schleswig-Holstein sind Bölling- (hier: Poggenwisch) Interstadial und Alleröd- (hier: Rissen) Interstadial nachgewiesen. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Gliederung der Weichsel-Kaltzeit in Schleswig-Holstein nach DÜCKER (1967), wobei kritisch anzumerken ist, daß das Brandenburger Stadium und die Frankfurter Rückzugsstaffel als zu alt eingestuft wird (vgl. LIEDTKE 1976).

Die dritte Jungpleistozängliederung in dem östlich an den Bearbeitungsraum angrenzenden Gebiet wurde von MANIA und seinen Mitarbeitern erstellt. MANIA & TOEPFER (1973) geben einen Endstand der Gliederung biogener und minerogener Sedimente aus der Aschersiebener Depression wieder. Die Untersuchungen der Sedimentabfolgen hinsichtlich archäologischer, litho- und biostratigraphischer Fragestellungen ergaben - gesichert durch 14-C-Daten - eine vollständige Gliederung des Jungpleistozäns, die in Abbildung 12 dargestellt ist. Dabei können im Frühglazial (MANIA & TOEPFER 1973, 46, nehmen einen wesentlich längeren Zeitraum für das Frühglazial an als andere Autoren dem Frühweichsel oder Altwürm zumessen, s.u.) das Amersfoort (Ia2) und Brörup (Ib) eindeutig über dem Eemboden bestimmt werden (MANIA & TOEPFER 1973, 51 f.). Eiskeilbildungen weisen sie aus dem Stadial zwischen den Sedimentationsfolgen Ia1 (Eem) und Ia2 (Amersfoort) und dem Stadial zwischen den Sedimentationsfolgen Ia2 (Amersfoort) und Ib (Brörup) nach. Die 14-C-Daten aus diesem Bereich geben leider nur ein Mindestalter an, sind also für eine Altersabgrenzung wenig geeignet. Weiter geben MANIA & TOEPFER (1973, 51) folgende Korrelierungen zu bekannten und erwähnten anderen Wärmeschwankungen an:

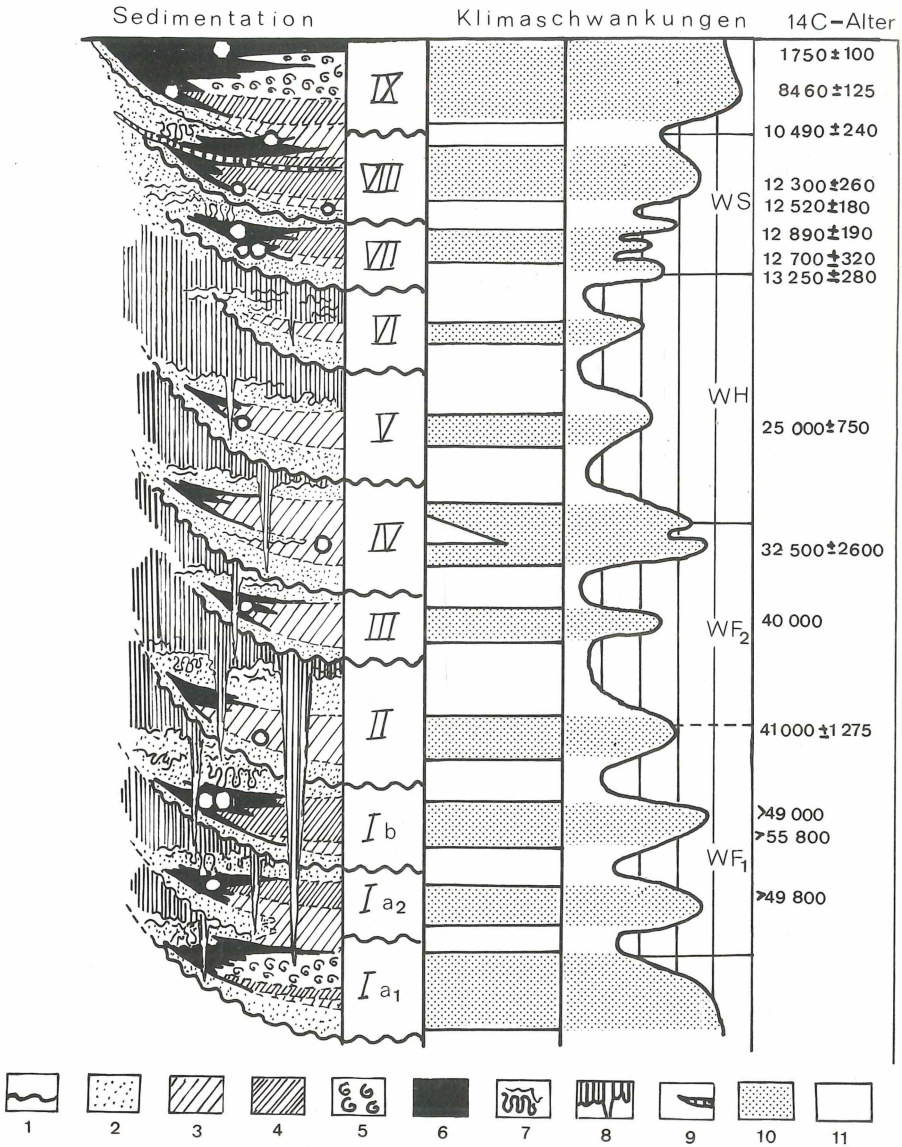


Abb. 12: Klimastratigraphie nach MANIA et al. (1973).

Das Interstadial der Sedimentationsfolge II (vgl. Abb. 12) kann u.a. aufgrund des radiometrischen Alters von 41 000 ± 1 275 Jahren B.P. mit der niederländischen Moershoofd-Schwankung korreliert werden. Die Interstadiale in den Sedimentationsfolgen III (40 000 Jahre B.P.) und IV (32 500 ± 2 600 Jahre B.P.) stellen entsprechend der niederländischen Chronostratigraphie die Mittelwürmschwankungen Hengelo und Denekamp dar.

Das folgende Interstadial (Sedimentationsfolge V) wird mit 25 000 ± 750 Jahre B.P. noch dem Stillfried-B-Komplex Österreichs (FINK 1956) zugeordnet, der im allgemeinen ebenfalls das Denekamp-Interstadial darstellt. Uns erscheint hier jedoch schon der Jungwürmabschnitt erreicht zu sein und eine Korrelation mit dem Stillfried-B-Boden unwahrscheinlich. Dieser Boden könnte dagegen einem der unteren Naßböden in Niedersachsen entsprechen, d.h. hier könnte eine Parallele zum wj1-Naßboden zu sehen sein.

Von den folgenden Intervallen ist nur die unterste Wärmeschwankung in der Sedimentationsfolge VI in Abbildung 12 dargestellt. Die beiden anderen - Müchelner-Intervall 1 und 2 - sind im Geiseltal bei Halle nachgewiesen worden (vgl. Tabelle 8). Sie könnten Parallelen zu den höheren jungwürmzeitlichen Naßböden bieten. Daß aus diesem Bereich keine 14-C-Daten vorliegen, verwundert nicht, da wir es zwischen 13 000 und 25 000 Jahren B.P. mit dem kältesten und lebensfeindlichsten Abschnitt des Würm zu tun haben. Diese Tatsache deckt sich völlig mit der niederländischen Chronostratigraphie. Das Bölling- und Alleröd-Interstadial sind durch 14-C-Daten wieder gut belegbar (vgl. Abb. 12).

4. Vergleich der lößstratigraphischen Befunde mit der jungpleistozänen Klimaentwicklung im nördlichen Mitteleuropa

Betrachtet man nun den Klimaablauf des Jungpleistozäns im Untersuchungsgebiet vor dem Hintergrund der drei soeben dargestellten Gliederungen, so muß zunächst festgestellt werden, daß in den Lößgebieten eine Parallelisierung besonders aufgrund der Paläobodenabfolgen möglich ist, was im folgenden auch näher belegt wird. Außerdem bieten Formen des kaltzeitlichen Klimas gewisse Möglichkeiten Parallelen zu ziehen, ferner lassen Kulturhinterlassenschaften des Menschen, Säugetierfunde, Molluskenvergesellschaftungen und in kleinem Ausmaß auch Pollenanalysen Vergleiche zu. Die tephrochronologische Bearbeitung erweist sich als unschätzbares Feinkorrelierungsmittel besonders im Jungwürmbereich.

Tab. 8: Stratigraphischer Vergleich der weichselzeitlichen Vollgliederung aus dem mittleren Elbe-Saale-Gebiet nach MANIA & TOEPFER (1973).

	14-C-Daten in Jahren B.P.	Harzvorland Vollgliederung	A.S.	Geiseltal	Westeuropa	Niedersachsen Schleswig-Holstein, Dänemark
Holozän-Thermal		Thermal	II	5	Holozän-Thermal	Holozän-Thermal
	10 490 ± 240					
		Interstadial	VIII	4	Alleröd-Interst.	Alleröd/Rissen Interst.
	12 300 ± 260					
	12 800 ± 190	Interstadial		3	Bölling-Interst.	Bölling/Poggenwisch Interst.
	13 250 ± 280					
	> 12 650	Intervall	VII	Mücheln. Intervall 2	Lascaux-Intervall	Meiendorf-Intervall
		Intervall		Mücheln. Intervall 1	Tursac-Dordogne-Intervall	
		Intervall	VI			
Weichsel-						
	25000 ± 750	Interstadial	V			Ostrohe-Geesthacht Interstadial
Kaltzeit						
	32500 ± 2600	Interstadial	IV		Denekamp-Interstadial	
		Interstadial	III		Hengelo-Interst.	Nordhastedt-Interst. Odderade Interst. Oerel-Interst.
	41000 ± 1275	Interstadial	II		Moershoofd-Interst.	
	> 55 800	Interstadial	Ib	Interst.	Brörup-Interst.	Loopstedt-Brörup-Interstadial
	>49 800	Interstadial	Ia_2		Amersfoort-Interst.	Albersdorf-Rodebaek-Interstadial
Eem-Ther.		Thermal	Ia_1		Eem-Thermal	Eem-Thermal

4.1. Eem

Im Eem-Interglazial muß mit einer geschlossenen Waldvegetation gerechnet werden, deren klimatische Voraussetzungen heutigen Klimaverhältnissen entsprechen. Bei Pollenanalysen des Interglazials von Wallensen (Niedersachsen) beobachtet THOMPSON (1953) thermophile Baumarten eines Eichenmischwaldes wie Eiche (Quercus), Ulme (Ulmus), Linde (Tilia) und Hasel (Corylus). Im höheren Abschnitt dominieren dann Tanne (Abies) und Fichte (Picea); Kiefer (Pinus) und später Birke (Betula) deuten schon eine Abkühlung des Klimas an.

Aus weiteren Pollendiagrammen läßt sich ein allgemeiner Vegetationsablauf für das Eem aufstellen.

Nach der ausgehenden Rißvereisung kennzeichnen im Frühstadium des Eem besonders Birke (Betula), Kiefer (Pinus) und Weide (Salix) die Vegetation, die durch eine Kiefern-Birken-Zeit abgelöst wird. Hier schon wandern Laubbäume ein. Nach dem Ulmen-Maximum folgt die Eichenmischwaldzeit, in der nacheinander Eiche (Quercus), Hasel (Corylus) und zuletzt Linde (Tilia) ihren Höhepunkt erreichen. Mit Überschreiten des klimatischen Optimums und zunehmender Auswaschung der Böden beginnt sich die Hainbuche (Carpinus) durchzusetzen. Später folgt bei weiter abnehmenden Temperaturen oder zunehmenden Niederschlägen die Fichte- und Tannenzeit. Der starke Anstieg von Kiefer (Pinus) und Birke (Betula) deutet auf das Ende einer Warmzeit hin.

Besonders die zunehmende Verbreitung von Eiche (Quercus), Hasel (Corylus) und Linde (Tilia) bis zum Höhepunkt der Eemzeit weisen auf günstige Klimabedingungen hin. Die Temperaturen werden noch etwas höher als heute gelegen haben, wie aus den weiter nach Norden reichenden Arealen thermophiler Arten (Tilia tormentosa, Tilia platyphyllos) abgeleitet werden kann (WALTER 1973). Auch wird sich der atlantische Einfluß weiter nach Osten ausgewirkt haben. Wie aus der Verbreitung atlantischer Florenelemente (Ilex äquifolium, Buxus sempervirens) hervorgeht. Besonders gegen Ende der Warmzeit setzte sich der feuchte Charakter des Klimas immer stärker durch. Viele zu Beginn des Interglazials bereits verlandete Gewässer werden überflutet und beginnen neu zu verlanden; Torfmoose (Sphagnum) werden in den Wäldern der endenden Eemzeit eine typische Pflanze (FRENZEL 1967), was auch THOMPSEN (1953) für Wallensen im Bearbeitungsgebiet nachweisen kann.

Von dem Paläolith-Fundplatz Salzgitter-Lebenstedt werden Torf- und Gyttja-Linsen pollenanalytisch untersucht und in das ausgehende Eem datiert (SELLE 1953).

Das Eem-Interglazial stellt sich in Lössen als eine mehr oder weniger mächtige, sich deutlich von den anderen Würmböden unterscheidende Strate dar. Im Rheingebiet wie auch in Südniedersachsen und Nordhessen ist oft in den rißzeitlichen Lössen der Bt-Horizont einer Parabraunerde erhalten. Auf anderen Ausgangssubstraten, wie z.B. Sand, können sich andere Bodentypen entwickelt haben. STREMME (1964) weist für den norddeutschen Altmoränenbereich Podsole als Eem-Bodenbildungen nach.

Der Bt-Horizont der auf Löß gebildeten Parabraunerden weist eine prismatisch-brockige Struktur auf, ist von brauner bis rotbrauner Farbe und besitzt in Form von Tonhäutchen auf den Bodenaggregaten deutliche Hinweise einer Tondurchschlämmung. Grundsätzlich können typologisch Horizonte einer kräftig entwickelten Parabraunerde und eines Pseudogleys unterschieden werden, wobei nach den bisher vorliegenden Kenntnissen der Bt-Horizont zu einem späteren Zeitpunkt

1. in bestimmten Reliefpositionen (Mulden, Taltiefenlinien usw.) pseudovergleyte, d.h. durch starke Vernässung einer Marmorierung erhielt. Jedoch ist auch in manchen Fällen eine Pseudovergleyung noch im Interglazial nicht ganz auszuschließen (ROHDENBURG & MEYER 1966, 117 f.);
2. durch kaltzeitliche Fließvorgänge der hangende Ah- oder Al-Horizont und z.T. auch die Oberfläche des Bt-Horizonts mit abgetragen wurde - vollständig erhaltene Eemböden sind bislang nirgends gefunden worden;
3. in einigen Fällen total aufgearbeitet und in hangabwärts gelegenen Positionen in Form der "Lehmbröckelsande" i.S. von DEMEK & KUKLA (1969) wieder abgelagert wurde.

Bei ihrer klimatischen Auswertung kommen ROHDENBURG & MEYER (1966, 123 ff.) zu einer völligen Übereinstimmung der pedologischen und paläobotanischen Forschungsergebnisse. Danach muß auch von pedologischer Seite her ein Laubwald vorhanden gewesen sein. Unmittelbare Reste der Vegetation stellen die Bleichbahnen ehemaliger Wurzelstöcke im Pseudogley dar, wie sie im Profil Möllenbeck gefunden wurden (WALTHER & BROSCHE unveröffentlicht).

Der Eemboden wird in einigen Beispielen durch Eiskeilbildungen gestört, ein Ergebnis einer späteren altwürmzeitlichen Dauerfrostperiode.

Relativ unproblematisch ist die Parallelisierung des Eembodens mit vergleichbaren Bildungen der angrenzenden Gebiete. SEMMEL (1968) beschreibt im "Erbacher" und "Homburger Boden" für das Rhein-Main-Gebiet das zeitliche Äquivalent zum Eem. Auch hier treten Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden als interglaziale

Bildungen auf. Der von ROHDENBURG & MEYER (1969) beschriebene eem-/altwürmzeitliche Bilshäuser Bodenkomplex entspricht dem Pedokomplex III von DEMEK & KUKLA (1969). Hier wird die tiefste Humuszone wie beim Bilshäuser Bodenkomplex zu diesem Abschnitt dazu gerechnet, da eine eindeutige Grenze zwischen Eem und Altwürm nicht zu finden ist. LIEBEROTH (1963) beschreibt aus Sachsen von gleicher stratigraphischer Position den "Lommatzscher Bodenkomplex" als einen Fahlerde-Pseudogley im unteren Teil und als ein braunes verlehmtes Lößpaket, als "wα -Löß" bezeichnet, im oberen Teil, das jedoch nach ROHDENBURG & MEYER (1966, 29) eine eindeutige kaltzeitliche Bildung sein soll und eher dem Niedervellmarer Bodenkomplex entspricht. Der Bilshäuser Bodenkomplex entspricht ferner dem Stillfried-A-Komplex der Lößgliederung in Österreich (FINK 1956).

Vergleicht man die Vorkommen des Bilshäuser Bodenkomplexes und Erkelenzer Bodens, so stellt man fest, daß aufgrund der hohen Abtragungsleistungen im Altwürm und Mittelwürm die Emböden oft auf Mulden- und Unterhanglagen mit geringer Hangneigung beschränkt sind.

Da im Löß des Niederrheingebiets und im Gebiet von Südniedersachsen und Nordhessen außer den genannten Klimazeugen für ein warmes Klima das Eem-Interglazial nicht weiter belegbar ist, erkennt man hieran deutlich die wichtige Stellung der Lößböden.

4.2. Altwürm

Die Grenze zwischen Eem und Altwürm ist definitionsgemäß dahin gelegt, wo das erste Auftreten von Umlagerungsvorgängen als eindeutig kaltzeitlich zu erkennen ist. Bei Aufschlüssen in reinen Akkumulationslagen, wie das Profil Treue von ROHDENBURG & MEYER (1966, 11 ff.) zeigt, ist die Grenzziehung problematisch, da sich kaltzeitliche Umlagerungsvorgänge nicht einwandfrei nachweisen lassen. In vielen anderen Profilen ist jedoch die Grenze an die Oberkante des fossilen Bt-Horizonts zu legen.

Höhere und damit eindeutige Teile des Altwürm sind im Bearbeitungsgebiet paläopedologisch, paläobotanisch und -zoologisch, archäologisch und geomorphologisch zu belegen. So ist bei Akkumulationsprofilen und Profilen, die Abtragungserscheinungen aufweisen, mit der Ausprägung von schwächeren Pseudogleyen und Parabraunerden, Humuszonen, Bleichzonen und dem Auftreten von verbraunten Lössen zu rechnen.

Die Humuszonenfazies konnte für das Mittel- und Niederrheingebiet sowie für Niedersachsen und Nordhessen übereinstimmen festgestellt werden. Bei ihrer klimatischen Auswertung kommen ROHDENBURG & MEYER (1966, 124) zu dem Ergebnis, daß es sich bei den Humuszonen um "A-Horizonte sehr verschiedener Ausprägung" handelt, die bodengenetisch als einerseits "Trockenschwarzerden mit hoher biologischer Aktivität", andererseits als vergleyte, zum Teil gebleichte, biologisch träge Ausbildungsformen einzustufen sind. Im wa1 ist sogar mit einer Form zu rechnen, die der heutigen Feuchtschwarzerde entspricht, also deutliche Anzeichen einer kräftigen schwarzen (humosen) Durchschlämmung aufweist.

Pollenanalysen des Humuszonenmaterials (FRENZEL 1964) und die Bestimmung pflanzlicher Reste (ROHDENBURG & MEYER 1966, zit. n. Neuaufl. 1979, 82) ergeben übereinstimmend die ehemalige Existenz eines Koniferenwaldes.

PAAS (1968, 34 f.) faßt die Humuszonen als "tirsoide Böden" auf und nennt den dichten Bt-Horizont des Eem als Voraussetzung dafür, daß es darüber zu "anmoorähnlichen Humusbildungen" im frisch angewehten und angeschwemmten Löß kam. Er gibt neben feuchtkalten Klimabedingungen gemäßigte Abschnitte an, in denen es zu einer Profildifferenzierung kam. Neben den Humuszonen stellt sich in der Verlehmungsfazies die heterogene Bodentypenentwicklung im Altwürm auch durch Auftreten kalkfreien, braunen Bodenmaterials dar, das dem Niedervellmarer Bodenkomplex vergleichbar ist. Vermutlich entspricht das wa1 dem Amersfoort und das wa2 dem Brörup der Niederlande (ROHDENBURG & MEYER 1966, 121).

Pollenanalysen außerhalb des Bearbeitungsgebiets, aber in den vergleichbaren stratigraphischen Positionen, ergaben folgendes Vegetationsbild.

Nach ZAGWIJN (1960, 28 ff.) ist für das beginnende Amersfoort Birkenwald mit Kiefer und Erle anzunehmen, für den höheren Abschnitt dieses Interstadials ist ein Birken-Kiefern-Wald mit Eiche, Fichte und sogar noch thermophilen Arten nachgewiesen. Die ältere stadiale Übergangszeit kann als arktische Parklandschaft mit Gräsern, Heidekraut (Calluna), niedrigen Birken und Kiefern charakterisiert werden. In ähnlicher Weise wie im Amersfoort-Interstadial dominieren die Baumpollen von Birke, Fichte, Kiefer und Erle im Brörup-Interstadial, wobei im Unterschied zum Amersfoort-Interstadial die Serbische Fichte (Picea omorikoides) das erste Mal im Pollendiagramm mit einem Maximum erscheint. Im Vergleich zu den daraus ableitbaren klimatischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet ist der atlantische Einfluß der Niederlande unbedingt mit zu berücksichtigen.

Vegetationsgeschichtlich findet DÜCKER (1967) in Schleswig-Holstein gleiche Verhältnisse vor und kann das charakteristische Auftreten von Picea omorikoides in seiner zweiten Interstadialphase (Brörup) bestätigen. Die Frage, inwieweit die dritte Interstadialphase (nach DÜCKER 1967 Nordhastedt-Interstadial, nach AVERDIEK 1967 Odderade-Interstadial) mit einer Humuszone, möglicherweise der obersten im wa1 i.S. von ROHDENBURG & MEYER (1966) korreliert werden kann, muß zunächst unbeantwortet bleiben.

Bezüglich der Anzahl der altwürmzeitlichen Interstadiale ergeben sich keine Unterschiede zwischen Schleswig-Holstein und Hessen, wo nach SEMMEL (1968, 13) drei altwürmzeitliche "Mosbacher Humuszonen" vorkommen. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß die im Sammelprofil von ROHDENBURG & MEYER (1966) dargestellten vier Humuszonen bodengenetisch nur drei Wärmeoszillationen vertreten. Tatsächlich stellt die unterste Humuszone im Profil Treue (nur dort wurden bislang vier Humuszonen gefunden) eine allochthone Bildung aus Eembodenmaterial dar, die in einer anderen Aufschlußposition von dem Eemboden gekappt wird.

Drei Warmphasen können ebenfalls MANIA & TOEPFER (1973) für den östlich angrenzenden Bereich nachweisen. Auch fällt hier das Erscheinen von Picea omorikoides in der Ib Sedimentationsfolge auf, was dem Brörup entsprechen dürfte. Für den älteren Abschnitt des Amersfoort (Sedimentationsfolge Ia2) werden Kiefer und Birke in einer "Waldsteppe" und für das Odderade-Interstadial (Sedimentationsfolge II) nur Kiefer in einer "Steppe mit Gehölzen" als wichtigste Florenelemente angegeben.

Die Humuszonenfazies des wa2 entspricht nach ROHDENBURG & MEYER (1966, 29) stratigraphisch dem Pedokomplex II nach DEMEK & KUKLA (1969). Der tiefere wa 1-Abschnitt wird, wie bereits dargestellt, zum Pedokomplex II gezählt.

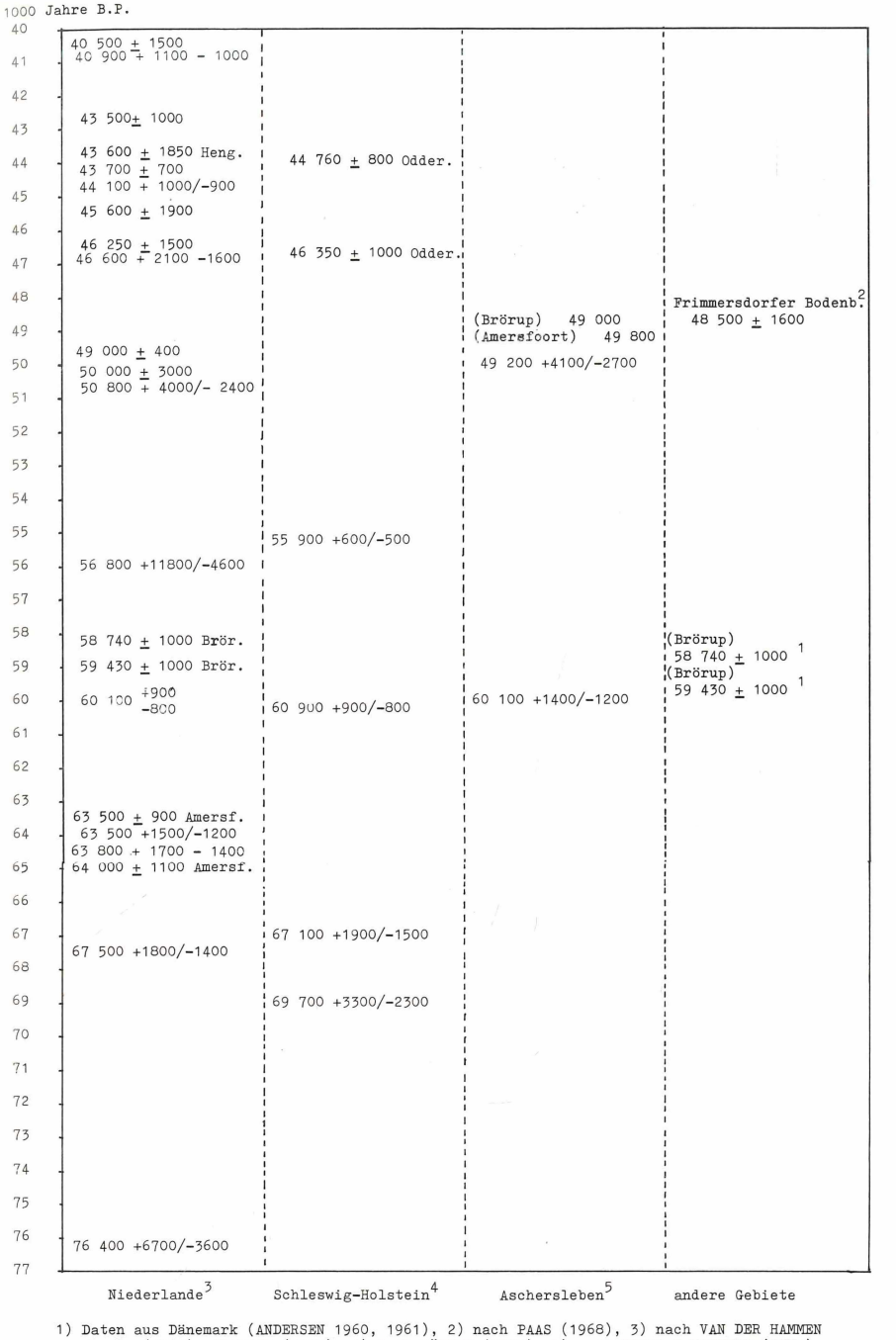
Neben der Humuszonenfazies treten besonders Pseudogleye, schwache Parabraunerden und verbraunte Lösse im Altwürm auf, die am besten mit den von LIEBEROTH (1963) untersuchten sächsischen Lössen vergleichbar sind. ROHDENBURG & MEYER (1966) können nachweisen, daß die Pseudovergleyung des Eembodens einem unter Wald stattfindenden altwürmzeitlichen Prozeß zuzuschreiben ist. Dabei entstanden die als charakteristisch anzusehenden weichen und harten, schwarzen Konkretionen, die sich besonders in Form eines Bandes über der untersten Bleichzone des Altwürm wiederfinden lassen. Eigenständige Pseudogleybildungen mit späterer Tonverlagerung und Humusakkumulation im Altwürm sind besonders an der Basis von wa2 nachweisbar, sowie die Bildung eines verlehmten, braunen Lößkomplexes im oberen wa2-Abschnitt (Niedervellmarer Bodenkomplex) (vgl. ROHDENBURG & MEYER 1966, 117 ff.)

Die sehr heterogene Ausbildung des Altwürm begründen ROHDENBURG & MEYER (1966, 28) damit, daß aufgrund des größeren atlantischen Klimaeinflusses

1. neben Humuszonen auch andere Bodentypen gebildet wurden und die höhere Aridität in den östlichen Gebieten wie der Tschechoslowakei vornehmlich Humuszonenbildung zuließ und
2. die höheren Niederschläge des Bearbeitungsgebiets im Vergleich zur Tschechoslowakei verantwortlich dafür waren, daß mehr Pseudogleye ausgebildet wurden und die Abtragungsleistungen in Hangbereichen wesentlich höher waren als in östlichen Gebieten.

Paläozoologische Funde, die in das Altwürm zu datieren sind, werden im Zusammenhang mit paläolithischen Fundplätzen erwähnt. So werden die Fundschichten der Grabung Salzgitter-Lebenstedt in das Altwürm gestellt und dem archäologischen Inventar ein ausgehendes Acheuléen-Alter zugesprochen, wobei die Mischung von typischen Moustérien-Formen mit abklingenden Acheuléen- und Levalloisien-Erscheinungen als charakteristisch angesehen wird (TODE 1953). Zeitgleiche Ergebnisse liefert auch BOSINSKI (1966) für das Niederrheingebiet. Parallelen ergeben sich sowohl bei den paläozoologischen als auch bei den archäologischen Befunden bei der Gliederung des Würm in der Aschersiebener Depression (MANIA & TOEPFER 1973). MANIA (1965, zit. nach KAISER 1966, 203) nennt drei Fundschichten aus den frühweichselzeitlichen Sedimenten, die alle dem Moustérien zuzuordnen sind. Die Fundschichten (Königsaue A, B und C) liegen in der Ib-Sedimentationsfolge (Brörup) und werden durch die paläozoologischen Funde von Mammut, Wollhaarnashorn, Steppennashorn, Wildpferd, Wildesel, Maralhirsch, Wiesent u.a.m. bestätigt.

14-C-Daten liegen aus dem Unterschungsgebiet nicht vor. Da jedoch das Altwürm für die 14-C-Methode an der Grenze des Meßbereichs liegt, sind die Daten aus den Niederlanden, aus Schleswig-Holstein und der Aschersiebener Depression nur ungefähre Richtwerte (vgl. Abbildung 13). Die Abbildung 13 zeigt Daten, die für den Zeitraum von 40 000 bis 77 000 Jahre B.P. eine enge Verbindung mit klimastratigraphischen Untersuchungen in Mitteleuropa haben. In Klammern wurde jeweils der Zeitabschnitt eingetragen, dem die Daten von den verschiedenen Verfassern zugeordnet werden. Der Beginn des in Schleswig-Holstein nachgewiesenen Odderade-Interstadials wird von GROOTES (1977) auf 60 500 ± 500 Jahre B.P. datiert.



1) Daten aus Dänemark (ANDERSEN 1960, 1961), 2) nach PAAS (1968), 3) nach VAN DER HAMMEN et al. (1967), GROOTES (1977), 4) nach DÜCKER (1967), 5) nach MANIA & TOEPFER (1973).

Abb. 13: Radiocarbondatierungen des Zeitraums von 40 000 bis 77 000 Jahre B.P. aus dem nördl. Mitteleuropa.

Zu erwarten ist, daß wir aufgrund der paläopedologischen Befunde aus dem Untersuchungsgebiet mit einer schwachen, dritten Wärmeschwankung am Ende des Altwürm zu rechnen haben. Dies würde jedoch dazu führen, daß der bisher als Altwürm bezeichnete Abschnitt einen relativ langen Zeitraum etwa im Sinn eines Frühglazials umfassen würde. Ähnliche Ansichten vertraten bereits KAISER (1967), MÜLLER-BECK (1969) und MANIA & TOEPFER (1973).

Zu beachten ist eine Reihe von Radiocarbondaten, die SEMMEL (1974, 28) zusammenfassend dargestellt hat. Diese Datierungen der altwürmzeitlichen Humuszonen umfassen ein Alter zwischen 18 000 und 25 000 Jahre B.P. und können mit ZAKOSEK (1976) um drei weitere Daten bis 31 500 Jahre B.P. ergänzt werden. Diese Datierungen sind in Abbildung 15 besonders gekennzeichnet und erweisen sich als zu jung für das Altwürm, wenn man von der niederländischen Chronostratigraphie i.S. von VAN DER HAMMEN et al. (1967) ausgeht. Wenn allerdings keine Kontamination vorliegt, so deutet SEMMEL (1974, 27) an, daß man zu einer ganz anderen zeitlichen Vorstellung über den Ablauf der Würmeiszeit kommen müsse.

4.3. Mittelwürm

Legt man die dargestellten Befunde aus dem Bearbeitungsgebiet zugrunde, so ist bei der Humuszonenfazies des Altwürm mit der obersten Humuszone das Altwürm abgeschlossen, und der Mittelwürmbereich beginnt (ROHDENBURG & MEYER 1966, 121). In der feuchten Fazies ist die Grenze Mittelwürm/Altwürm an die Oberkante des Niedervellmarer Bodenkomplexes zu legen, jedoch ergibt sich die Schwierigkeit, diese genau festzulegen, da oft ein fließender Übergang zu einem hangenden verbraunten Löß besteht.

Stratigraphisch interessant ist im Mittelwürmlöß ein brauner Boden, der von ROHDENBURG & MEYER (1966) als Kirchberger Boden bezeichnet wird. Seine Gleichaltrigkeit mit dem "Gräselberger Boden" in Hessen (SCHÖNHALS et al. 1964, 201) dürfte als erwiesen gelten.

Im Lohner Boden können ROHDENBURG & MEYER (1966, 31 f.) keine Tonverlagerung, jedoch zum Teil kryoklastische Mineralverwitterung sowie eine deutliche Entkalkung und Verbraunung mit höherem Ton- und Humusgehalt feststellen. Die Verbreitung des Lohner Bodens ist aus Abbildung 14 zu ersehen.

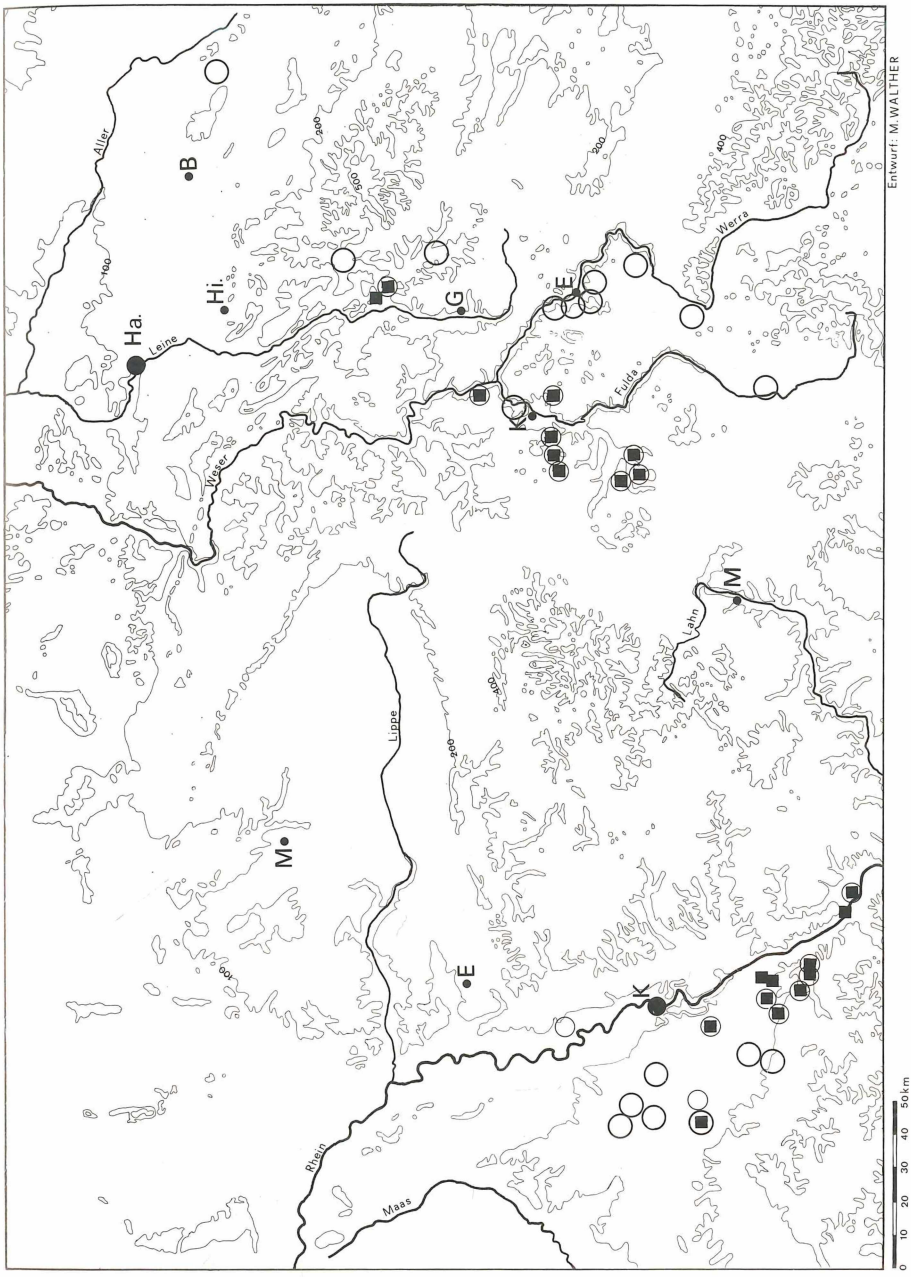


Abb. 14: Verbreitung des Eltviller Tuffs (■) und Lohner Bodens (○) im Rheinland und Südniedersachsen bzw. Nordhessen.

Aus dem Untersuchungsgebiet liegen aus mittelwürmzeitlichen Lößfolgen oder -böden bislang keine Pollenanalysen vor. In stratigraphisch vergleichbaren Positionen kann FRENZEL (1967) in wesentlich "trockeneren" Profilen Niederösterreichs einen "Galeriewald in Flußnähe" feststellen.

Weitere Rückschlüsse auf das Klima können ROHDENBURG & MEYER (1966) zum einen aus der Existenz von Eiskeilen zum anderen aus der Struktur der in diesem Zeitabschnitt abgelagerten Lösse ziehen. Sie schließen aus der charakteristischen horizontal plattigen Struktur der Mittelwürmlösse auf lamellenartig angeordnetes Bodeneis. Während und nach dem Austauen des Eises, als die Bodenplättchen noch gefroren, die Eislamellen jedoch schon weitgehend aufgetaut waren, kam es aufgrund der Volumenveränderung zu geringfügigen Schwerbewegungen, die eine harnischartige, heute noch sichtbare Riefung auf den einzelnen Lößplättchen hinterließen. Schichtiges Bodeneis, das die Voraussetzung für diese Erscheinung ist, kann auch experimentell erzeugt werden (CZERATZKI 1956).

PAAS (1968, 35 f.) kommt in seiner klimatischen Auswertung der Lösse und fossilen Böden des Mittelwürm zu der Vorstellung ähnlicher Klimabedingungen. Uns erscheint jedoch in Anbetracht der mitgeteilten Befunde, daß im Niederrheingebiet eine generell feuchtere Ausbildung des gesamten Bodeninventars zu beobachten ist. Dies macht in Grenzfällen auch die typologische Ansprache des Lohner Bodens im Vergleich zu Südniedersachsen sehr schwierig. Die von PAAS (1968) mitgeteilte 14-C-Datierung aus Humuszonen der Frimmersdorfer Bodenbildung mit einem Alter von 48 500 ± 1 600 Jahre B.P. lassen die Vermutung zu, den Frimmersdorfer Boden als älter als die Denekamp-Schwankung einzustufen. Dies würde bedeuten, daß die Frimmersdorfer Bodenbildung im Profil Erkelenz (PAAS 1968, 36) in das beginnende Mittelwürm, wenn nicht sogar in das Altwürm zu stellen ist. Wie bereits angedeutet, sind 14-C-Daten aus altwürmzeitlichen Humuszonen bekannt (SEMMEL 1974, ZAKOSEK 1976), die sogar noch jüngere Alter ergaben.

Geht man von den pedologischen Befunden aus, so finden sich in dem Boden Stillfried B (Niederösterreich) (FINK 1956), dem Pedokomplex I (CSSR) (DEMEK & KUKLA 1969), der Gleinaer Bodenbildung (Sachsen) (LIEBEROTH 1963), der Kösener Verlehmungszone (Saale-Unstrut-Gebiet) (RUSKE & WÜNSCHE 1961) und der Verbraunungszone (Thüringer Becken) (UNGER & RAU 1964) parallele Bodenbildungen zum Lohner Boden. Aus den wegen ihrer Nähe zum Bearbeitungsgebiet gut vergleichbaren Stratigraphien ist aus den Niederlanden das Denekamp-Interstadial, aus Schleswig-Holstein das noch umstrittene Ostrohe-Interstadial und aus der Aschersiebener Depression die Wärmeschwankung in

der Sedimentationsfolge IV als äquivalente Bodenbildung zum Lohner Boden zu nennen.

Der Kirchberger Boden dürfte aufgrund der Bodenfolge in den Stratigraphien seine Entsprechung in dem Hengelo-Interstadial der Niederlande und in der Sedimentationsfolge III der Aschersiebener Depression wiederfinden.

Pollenanalytisch wird in der Sedimentationsfolge IV nach MANIA & TOEPFER (1973), die dem Denekamp-Interstadial entspricht, ein Birken-Kiefern-Wald mit allerdings zahlreichen Nichtbaumpollen nachgewiesen, ein Hinweis, daß in der weiteren Umgebung des ehemaligen Aschersiebener Sees auch Steppe mit vereinzelten Gehölzen vorhanden gewesen sein muß. Die ältere Sedimentationsfolge III ist mit der Kiefer als wichtigstem Floreneiement vertreten. VAN DER HAMMEN et al. (1967) haben in den Pollendiagrammen der Niederlande für das Denekamp- und das Hengelo-Interstadial ein deutliches Anwachsen der Birkenkurve hervor und gehen davon aus, daß es sich um eine Zwergbirken-tundra (Betula nana) handelt. Daneben stellen sie jedoch noch Kiefer und Weide in den Interstadialzeiten (Denekamp und Hengelo) fest, schließen aber eine totale Wiederbewaldung aus. MANIA & TOEPFER (1973) weisen für die Sedimentationsfolgen II bis V Reste von Wirbeltieren wie Rentier, Wildpferd, Wildrind, Wühlmäuse und Fische nach. Es bleibt fraglich, ob die von denselben Autoren aufgrund der Sedimentführung festgestellte Zweiteilung des Interstadials der Sedimentationsfolge IV (Denekamp) ihre Entsprechung in der im Lohner Boden oft festgestellten Zweiteilung findet. Die in der Sedimentationsfolge IV gefundene Kaltphase kann durchaus verantwortlich dafür sein, daß im unteren und oberen Bereich des Lohner Bodens starke solifluidale Verlagerungen stattgefunden haben.

Zum Schluß sei noch auf die zahlreichen 14-C-Daten aus den Nachbargebieten verwiesen (vgl. Abbildung 15). Deutlich geht aus Abbildung 15 für die Niederlande die Häufung der Werte zwischen 37 000 und 39 000 Jahre B.P. für das Hengelo-Interstadial und zwischen 29 000 und 32 000 Jahre B.P. für das Denekamp-Interstadial hervor. Aus Schleswig-Holstein liegt im Ostrohe-Interstadial (GrN 1515) eine dem Denekamp-Interstadial vergleichbare Datierung vor. Aus der Aschersiebener Depression ist mit der Sedimentationsfolge III eine Warmphase (entspricht dem Hengelo-Interstadial) und mit der Sedimentationsfolge IV eine weitere Warmphase (entspricht dem Denekamp-Interstadial) 14-C-datiert. Aus anderen Gebieten ist für das Denekamp-Interstadial im Bereich des Stillfried - B - Komplexes und in Dolni Vestonice (CSSR) ein brauner Boden datiert. Aus archäologischen Fundschichten sind Daten dieses Zeitraums aus Willendorf (Österreich) und

und Lommersum (Rheinland) bekannt und gehören dem Aurignacien an.

4.4. Jungwürm

Der Jungwürmabschnitt ist in den Lössen des Bearbeitungsgebiets durch maximal fünf Naßböden und typischen, äolisch sedimentierten Löß vertreten. Dieser Löß kann in sedimentationsbegünstigten Lagen, wie z.B. in Beckenbereichen oder in Leelagen an Hängen, bis zu acht Meter mächtig werden. Der gesamte Abschnitt ist aufgrund der pedologischen und paläobiologischen Erkenntnisse als der kälteste und später auch trockenste Klimaabschnitt im Würm einzustufen.

Naßböden, äolische Lösse wie auch Eiskeile sind aus dem Niederrheingebiet und aus Niedersachsen und Nordhessen beschrieben worden. Für eine stratigraphische Korrelation der wj2- und wj3-Lösse bieten sich außerdem Frostrißhorizonte an, auf die BROSCHE & WALTHER (1978) aufmerksam machen und deren Genese noch nicht einwandfrei geklärt ist, ferner das Auftreten des Rambacher Tuffs direkt oberhalb des Lohner Bodens, der jedoch bisher erst nur für das Mittel- und Niederrheingebiet nachgewiesen ist, und das Auftreten des Eltviller Tuffs zwischen dem wj3ß-Naßboden und wj3δ -Naßboden, d.h. dem E3- und E4-Naßboden der hessischen Gliederung. Sehr wahrscheinlich sind zwei, vielleicht auch drei "Innerwürmböden" i.S. BRUNNACKERs als Naßböden aufzufassen. Die Parallelisierung der hessischen Gliederung mit der südniedersächsischen wird weitgehend von SCHÖNHALS et al. (1964) geleistet.

Für den Zeitraum von 14 000 bis 25 000 Jahre B.P. muß man jene Periode annehmen, in der die Hauptstadien der nordischen Vereisung nachgewiesen sind. Eine Parallelisierung der Stadien mit den eingeschalteten gemäßigteren Klimaabschnitten der Naßbodenbildungszeiten ist bislang noch nicht erfolgt. In diesem Sinn könnte man die Maximal-Eisrandlage des Brandenburger Stadiums, die von MÖRNER (1970) auf ca. 19 000 Jahre B.P. datiert wird, der Anwehungsphase des wj2-Lösses nach ROHDENBURG & MEYER (1966) oder dem Stadial zwischen den Sedimentationsfolgen V und VI nach MANIA & TOEPFER (1973) zuordnen. Die Rückzugsphase des Frankfurter Stadiums und das auf 14 800 Jahre B.P. datierte Pommersche Stadium (LIEDTKE 1976, Abb. 7) würde dann den wj3-Löß umfassen, wobei erstens der Naßboden wj3ß die kurzfristige Eisrückzugsphase zwischen den beiden Stadien darstellen müßte und zweitens während des Pommerschen Stadiums mit der Sedimentation des Eltviller Tuffs zu rechnen ist.

In den Niederlanden kann zwischen 13 000 und 26 000 Jahre B.P. kaum datierbares Material gefunden werden. Pollenanalysen und drei 14-C-Daten am Beginn des Jungwürms weisen im Bearbeitungsgebiet auf Lößsedimentation und Tundrenvegetation hin.

Aus Schleswig-Holstein liegt mit 26 000 Jahre B.P. ein 14-C-Alter aus dem Ostrohe-Interstadial vor (DÜCKER 1967). Über die Zweifel, die MENKE & BEHRE (1973, 261) an der stratigraphischen Einstufung des Ostrohe-Interstadials äußern, wurde bereits berichtet. Die Datierung für sich genommen scheint uns jedoch auf eine frühe jungwürmzeitliche Wärmeschwankung hinzudeuten, die zur Bildung des tiefsten und kräftigsten Naßbodens in Niedersachsen führte. Als eine weitere Wärmeschwankung des Jungwürm könnte man die Stellung des von DÜCKER (1967) angegebenen Poggenwisch-Interstadials sehen, nur daß hier ein kräftiger Naßboden aus den oberen Bereichen des Jungwürm zu sehen ist.

MANIA & TOEPFER (1973) stellen unter Einbeziehung weiterer Befunde aus der DDR insgesamt vier Klimaschwankungen zwischen Denekamp- und Bölling-Interstadial im Jungwürm fest. Davon ist nur die älteste Sedimentationsfolge (V) radiometrisch datiert und pollenanalytisch als Steppe mit Kiefer und Polarweide einzustufen. Aus der Sedimentationsfolge VI werden Weide und Birke als wichtigste Florenelemente beschrieben. Sie ist mit den folgenden beiden Wärmeschwankungen sedimentologisch nachweisbar. Von der Anzahl der von MANIA & TOEPFER (1973) festgestellten Warmphasen in den Sedimentationsfolgen her ergibt sich zwischen ihrer Gliederung und den pedologischen Befunden aus den Lößgebieten eine recht gute Übereinstimmung. Aufgrund archäologischer Datierungen aus dem Gravettien müssen wir eine Wärmeschwankung um 25 000 Jahre B.P. annehmen. Eine unmittelbare Verknüpfung der Warmphasen von MANIA & TOEPFER (1973) mit den Gliederungen im Jungwürmlöß ist zur Zeit nur rein theoretisch möglich, da ausreichendes pollenanalytisches und absolut datierbares Material aus den Lößgebieten fehlt. Es liegt aufgrund des kräftigen Entwicklungsgrades des wj2-Naßbodens die Vermutung nahe, die in Abbildung 15 dargestellten Radiocarbondatierungen im Bereich zwischen 25 000 und 26 000 Jahren B.P. mit diesem Boden zu korrelieren. Eine gleiche Korrelation könnte eventuell zwischen dem Poggenwisch-Interstadial von DÜCKER (1967) mit 15 100 Jahren B.P. und dem wj3δ -Naßboden vorgenommen werden. SEMMEL (1967) sieht die zwei im Aufschluß Kärlich gewonnenen Daten im Verhältnis zum Eltviller Tuff als zu alt an, d.h. der Eltviller Tuff ist stratigraphisch jünger als 18 500 Jahre B.P. Nimmt man an, daß alle Korrelierungsvorstellungen richtig sind, so ist für den Eltviller Tuff mit einer Bildungszeit zwischen 15 100 und 18 500 Jahren

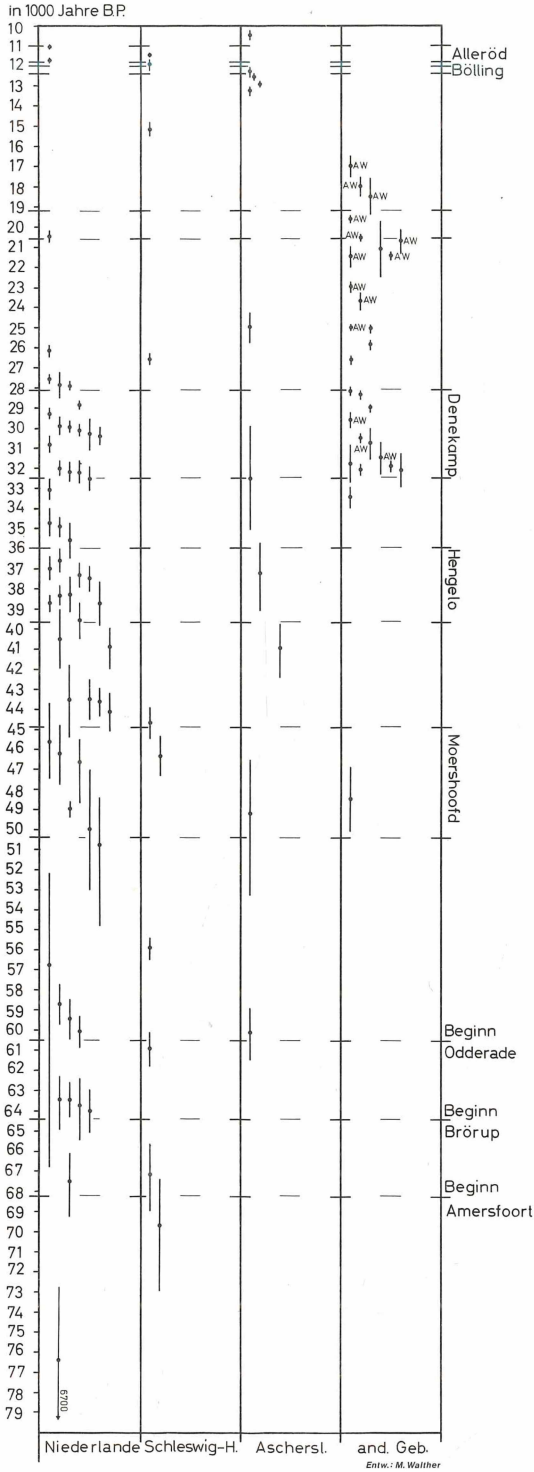


Abb. 15: Radiocarbondatierungen im nördlichen Mitteleuropa.

B.P. zu rechnen. Da SEMMEL (1967) nicht angibt, aus welchen Naßboden seine Radiocarbondaten stammen, ist (abgesehen von der Unsicherheit bei der Datierung der Molluskenschalen) diese Einstufung hypothetisch.

Im Spätglazial, also ab ca. 13 000 Jahren B.P. bis 10 000 Jahren B.P., können zwei intensive Wärmeschwankungen in allen Pollendiagrammen Mitteleuropas nachgewiesen werden: die ältere Bölling-Schwankung von 12 000 bis 12 400 Jahre B.P. und die jüngere Alleröd-Schwankung von 11 000 bis 11 800 Jahre B.P. Die letztere ist besonders gut wegen eines in dieser Zeit geförderten Tuffs im Laacher-See-Gebiet korrelierbar.

In der Älteren und Jüngeren Dryaszeit ist nur noch ganz geringe Lößsedimentation nachweisbar (ROHDENBURG 1968, 36). Außerdem kann u.a. SEMMEL (1968) Eiskeilbildungen für die Jüngere Dryaszeit nachweisen, und ROHDENBURG & MEYER (1968, 140) stellen eine schwache Bodenbildung aus dem Alleröd fest. Die "Lamellenfleckenzone" i.S. LIEBEROTHs (1963) stellt oft die oberste deutlich erkennbare Einheit im Jungwürmlöß dar.

5. Verzeichnis wichtiger Radiocarbondaten in Mitteleuropa

Labor-Nr.	14-C-Alter (y. b.p.)	Lokalität	Einstufung	Quelle
Fr 44	10 490 ± 240	Aschersleben	Jüng. Dryas	11
GrN 975	11 065 ± 120	Niederlande	Alleröd	
H 75/68	11 450 ± 180	Schleswig-H.	Rissen	9
GRO 811	11 780 ± 150	Amersfoort	Jüng. Dryas	1
H 18/1	11 930 ± 290	Schleswig-H.	Rissen	9
H 77/54	12 300 ± 260	Aschersleben	Ält. Dryas	11
Fr 25	12 520 ± 180	"	Ält. Dryas	11
Fr 24	12 890 ± 190	"	Bölling	11
H 106/89	13 250 ± 280	"	Beginn Bölling	11
W 93	15 150 ± 350	Schleswig-H.	Poggenwisch	9
	17 000 ± 570	Bruchköbel	Altwürm HZ	14
	18 000 ± 500	Weilbach	Altwürm HZ	14
Hv 1296	18 500 ± 950	Kärlich	Altwürm HZ	12
	19 680 ± 150	Weilbach	Altwürm HZ	14
GRO 1106	20 470 ± 230	Amersfoort	Plenigl. A.	1
	20 550 ± 180	Wiesb.-Biebr.	Altwürm HZ	14
	20 720 ± 520	" "	Altwürm HZ	14

Labor-Nr.	14-C-Alter (y. b.p.)	Lokalität	Einstufung	Quelle
Hv 1297	21 100 ± 1400	Kärlich		12
	21 430 ± 120	Hahnstätten	Altwürm HZ	14
	21 440 ± 550	Wallertheim	" "	14
	23 000 ± 300	Weilbach	" "	14
	23 770 ± 470	Wiesb.-Biebr.	" "	14
Fr 23	25 000 ± 750	Aschersleben	Sedim.F. V	11
	25 000 ± 70	Wiesb.-Biebr.	Altwürm HZ	14
GrN 1325	25 020 ± 150	Pavlov	Paudorf	2
GrN 1286	25 820 ± 170	Dolni Vesto.	Paudorf	2
GrN 3035	26 180 ± 380	Elsloo		3
GrN 1515	26 600 ± 300	Ostrohe	Ostrohe	9
GrN 1272	26 620 ± 230	Pavlov	Paudorf	2
GrN 2671	27 580 ± 200	Elsloo		4
GrN 2371	27 000 ± 670	Sittard		4
GrN 1762	27 920 ± 270	Hengelo		4
GrN2523	28 200 ± 290	Stillfried	Stillfried B	5
GrN 2533	28 340 ± 220	Stillfried	Stillfried B	5
GrN 4528	28 860 ± 260	Denekamp	Denekamp	4
GrN 2598	29 000 ± 200	Dolni Vesto.		5
GrN 4349	29 300 ± 300	Denekamp	Denekamp	4
	29 600 ± 400	Wallertheim	Altwürm HZ	15
GrN 2141	29 900 ± 460	Breda	Denekamp	4
GrN 2008	29 930 ± 300	Breda		6
GrN 4348	30 100 ± 300	Denekamp	Denekamp	4
GrN 2269	30 300 ± 800	Hasker Veenp.	Denekamp	7
GrN 4324	30 400 ± 450	Denekamp	Denekamp	4
GrN 1279	30 530 ± 250	Willendorf	Paudorf	2
	30 800 ± 800	Wallertheim	Altwürm HZ	15
GrN 2963	30 800 ± 400	Emmeloord	Denekamp	3
	31 500 ± 800	Wallertheim	Altwürm HZ	15
H 4148	31 882 ± 950	Lommersum	Aurignacién	13
GrN 6699	31 950 ± 320	Lommersum	Aurignacién	13
GrN 2007	32 000 ± 400	Breda	Denekamp	4
GrN 1287	32 060 ± 250	Willendorf	Paudorf	2
GrN 2196	32 140 ± 860	Hohlweg Aigen		5
GrN 4343	32 200 ± 500	NW Denekamp	Denekamp	4
GrN 1551	32 200 ± 500	Dinkeltal	Denekamp	4
Fr 22	32 500 ± 2600	Aschersleben	Beginn Interst.	11

Labor-Nr.	14-C-Alter (y. b.p.)	Lokalität	Einstufung	Quelle
GrN 2938	32 500 ± 600	Emmeloord		3
GrN 1364	33 030 ± 500	Niederlande	Hengelo/Denek.	4
GrN 6191	33 420 ± 500	Lommersum	Aurignacién	13
GRO 1259	34 730 ± 700	Amersfoort	Plenigl. A.	1
GrN 1276	34 950 ± 500	Amersfoort	Hengelo/Denek.	1
GrN 1852	35 600 ± 900	Moershoofd	Plenigl. A	4
GrN 2685	36 600 ± 600	Hengelo	Hengelo	4
GrN 2515	37 000 ± 600	Breda	Hengelo	4
GrN 7108	37 200 + 1900 − 1500	Aschersleben		8
GrN 4569	37 300 ± 600	Velsen		5
GrN 1763	37 500 ± 650	Hengelo	Hengelo	4
GrN 3007	38 300 ± 900	Velsen		5
GrN 1359	38 320 ± 500	Wierden		5
GrN 4366	38 700 ± 1100	Denekamp	Hengelo	4
GrN 2504	38 700 ± 400	Hengelo	Hengelo	4
GrN 2704	39 600 ± 900	Ruigekluft	Hengelo	5
Fr 17	40 000	Aschersleben	Sedim. F. III	11
GrN 3055	40 500 ± 1500	Ruigekluft		5
GrN 7379	40 900 + 1100 − 1000	Voorthuizen		8
GrN 1715	43 500 ± 1000	Moershoofd	Plenigl. A	4
GrN 3221	43 600 ± 1850	Hengelo	Hengelo	4
GRO 1324	43 700 ± 700	Farmssum	Eem	1
GRO 1842	44 000	Lunteren	Plenigl. A	1
GrN 7377	44 100 + 1000 − 900	Amersfoort		8
GrN 2647	44 700 ± 800	Odderade	Odderade	9
GRO 2039	45 000	Wanssum	Amersfoort	1
GrN 3177	45 600 ± 1900	Hengelo		4
GrN 2646	46 350 ± 1000	Odderade	Odderade	9
GrN 1718	46 250 ± 1500	Moershofd	Plenigl. A	4
GrN 7411	46 600 + 2100 − 1600	Voorthuizen		8
GrN 7151	46 900	Odderade		8
GrN 7149	47 700	Amersfoort		8
GrN 4350	48 000	Denekamp		4
GrN 7150	48 200	Amersfoort		8
GrN 2675	48 500 ± 1600	Erkelenz	Frimmersd. Bo.	10
GrN 7808	48 900	Odderade		8
GrN 6821	49 000 ± 400	Voorthuizen		8

Labor-Nr.	14-C-Alter (y. b.p.)	Lokalität	Einstufung	Quelle
GrN 7078	49 200 $^{+4100}_{-2700}$	Aschersleben		8
GrN 7808	50 000	Odderade		8
GRO 1708	50 000 ± 3000	Lunteren	Frühst.	1
GrN 2508	50 000	Breda	Intergl.	4
GrN 4252	50 800 $^{+4000}_{-2400}$	Hengelo		4
GrN 7906	50 900	Amersfoort		8
GRO 1243	51 000	Amersfoort	Frühst.	1
GrN 4289	51 600	Hengelo		4
GrN 7809	52 000	Odderade		8
GrN 7281	52 200	Aschersleben		8
GrN 7616	52 300	Aschersleben		8
GRO 1280	53 000	Amersfoort	Brörup	1
GRO 1248	53 000	Amersfoort	Amersfoort	1
GrN 1254	53 000	Odderade	Brörup	9
GRO 1221	53 000	Amersfoort	Amersfoort	1
GrN 7907	53 800	Amersfoort		8
GrN 7054	55 900 $^{+600}_{-500}$	Odderade		8
GrN 7951	56 000	Amersfoort		8
GrN 7378	56 800 $^{+11800}_{-4600}$	Amersfoort		8
GrN 1729	58 740 ± 1000	Brörup	Brörup	16
GrN 1470	59 430 ± 1000	Brörup	Brörup	16
GrN 6884	60 100 $^{+900}_{-800}$	Amersfoort		8
GrN 7001	60 100 $^{+1400}_{-1200}$	Aschersleben		8
GrN 7123	60 900 $^{+900}_{-800}$	Odderade		8
GrN 6893	63 500 $^{+1500}_{-1200}$	Amersfoort		8
GrN 1397	63 500 ± 900	Amersfoort	Amersfoort	4
GrN 7040	63 800 $^{+1700}_{-1400}$	Amersfoort		8
GrN 1396	64 000 ± 1100	Amersfoort	Amersfoort	16
GrN 7077	67 100 $^{+1900}_{-1500}$	Odderade		8
GrN 6930	67 500 $^{+1800}_{-1400}$	Amersfoort		8
GrN 7442	69 700 $^{+3300}_{-2300}$	Odderade		8
GrN 7424	76 400 $^{+6700}_{-3600}$	Amersfoort		8

Nach GROOTES (1977, 203) beginnt das Amersfoort um 68 200 ± 1 100 Jahre B.P., das Brörup um 64 400 ±800 Jahre B.P. und das Odderade um 60 500 ± 600 Jahre B.P.

Quellenangabe:

1 ZAGWIJN 1960, 2 DE VRIES 1958, 3 WIGGERS 1955, VAN DER HAMMEN et al. 1967, 5 VOGEL & ZAGWIJN 1967, 6 ZAGWIJN 1974, 7 CNOSSEN & ZANDSTRA 1965, 8 GROOTES 1977, 9 DÜCKER 1967, 10 PAAS 1968, 11 MANIA & TOEPFER 1973, 12 SEMMEL 1967, 13 BRUNNACKER et al. 1978, 14 SEMMEL 1974, 15 ZAKOSEK 1976, 16 HARING et al. 1958.

Literaturverzeichnis

ANDERSEN, S.T. (1961): Vegetation and its enviroment in Denmark and the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). - Danmarks Geol. Unders., IIRke, 75: 1 - 175; Kopenhagen.

-- et al. (1960): Climatic Change and Radiocarbon Dating In The Weichselian Glacial Of Denmark And The Netherlands. - Geologie en Mijnbouw, 39: 38 - 42; Rotterdam.

AVERDIEK, F.R. (1965): Die Vegetationsentwicklung der Frühweichselinterstadiale von Odderade. - Eiszeitalter und Gegenwart, 16: 253.

-- (1967: Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. - Fundamenta, R.B. Tl. 2: 101 - 125.

BARTELS, G. & HARD, G. (1973): Rodderbergtuff im rheinischen Quartärprofil. Zur zeitlichen Stellung des Rodderberg-Vulkanismus. - Catena, 1: 31 - 49.

-- & ROHDENBURG, H. (1968): Fossile Böden und Eiskeilhorizonte in der Ziegeleigrube Breinum und ihre Auswertung für die Reliefentwicklung im Jungquartär. - Göttinger Bodenkdl. Ber., 6: 109 - 126.

BIBUS, E. (1973): Ausbildung und Lagerungsverhältnisse quartärer Tuffvorkommen in der Wetterau. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 101: 346 - 361.

-- (1974): Das Quartärprofil im Braunkohlentagebau Heuchelheim (Wetterau) und seine vulkanischen Einschaltungen. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 159 - 167.

-- & SEMMEL, A. (1977): Stratigraphische Leithorizonte im Würmlöß des Mittelrheingebietes. - Geol. Jb. Hessen, 105: 141 - 147.

BOENIGK, W. et al. (1974): Paläomagnetische Messungen an vielgliedrigen Quartär-Profilen (Kärlich). - Mainzer Naturwiss. Arch., 12.

BORK, H.R. & ROHDENBURG, H. (1979): Beispiele für jungholozäne Bodenerosion und Bodenbildung im Untereichsfeld und Randgebieten. - Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, 3: 115 - 134.

BOSINSKI, G. (1966): Der paläolithische Fundplatz Rheindahlen. - Prähist. Z., 43/44: 312 - 316.

VON DER BRELIE, G. et al. (1959): Das Pleistozän-Profil von Frimmersdorf an der Erft. - Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., 4.

BRONGER, A. (1966): Lösse, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden. - Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel, 24, H. 2: 113 S.

-- (1975): Paläoböden als Klimazeugen. - Eiszeitalter und Gegenwart, 26: 131 - 154.

BROSCHE, K.U. & WALTHER, M. (1978): Die jungpleistozänen Lößdeckschichten der Braunkohlentagebaue der Braunschweigischen Kohlenbergwerke (BKB) zwischen Helmstedt und Schöningen. - Eiszeitalter und Gegenwart, 28: 51 - 67.

-- & -- (1980): Lößprofile von Vaake und Albungen in Nordhessen. - Geol. Jb. Hessen, 108: 143 - 150.

BRUNNACKER, K. (1966): Das Profil "Westerwand". - Bonner Jb., 166: 344 - 356.

-- (1967 a): Grundzüge einer Löß- und Bodenstratigraphie am Niederrhein. - Eiszeitalter und Gegenwart, 18: 142 - 152.

-- et al. (1975): Quartäraufschlüsse bei Ariendorf am unteren Mittelrhein. - Mainzer Naturwiss. Arch., 14: 93 - 141.

-- et al. (1977): Der jungpleistozäne Löß am Mittel- und Niederrhein. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh. 155: 253 - 273.

-- et al. (1978): Das Jungpleistozän-Profil von Lommersum/Niederrheinische Bucht. - Decheniana, 131: 274 - 286.

-- & HAHN, J. (1978): Der jungpleistozäne Löß samt paläolithischen Kulturen in den Rheinlanden als Glied einer räumlichen und zeitlichen Faziesänderung. - Beitr. z. Quartär- und Landschaftsforsch., FS z. 60. Geb. v. J. FINK, 37 - 51.

BÜDEL, J. (1937): Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. - Peterm. Mitt., Erg. H. 229: 1 - 89.

-- (1944): Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. - Geol. Rdsch., 34: 482 - 519.

-- (1949): Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitalters. - Naturwiss., 4/5: 105 - 112 und 133 - 139.

-- (1950): Die Klimaphasen der Würmeiszeit. - Naturwiss., 37.

-- (1959): Periodische und episodische Solifluktion im Rahmen der klimatischen Solifluktionstypen. - Erdkde., 13: 297 - 314.

-- (1960): Die Gliederung der Würmkaltzeit. - Würzburger Geogr. Arb., H. 8.

CZERATZKI, W. (1956): Zur Wirkung des Frostes auf die Struktur des Bodens. - Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 72: 15 - 32.

DEMEK, J. & KUKLA, J. (Hrsg.) (1969): Periglazialzone, Löß und Paläolithikum der Tschechoslowakei. - Brünn.

DÜCKER, A. (1967): Interstadiale Bodenbildungen als stratigraphische Zeitmarken im Ablauf der Weichselkaltzeit in Schleswig-Holstein. - Fundamenta, B. 2: 30 - 73.

-- & HUMMEL, P. (1967): Die fossilen Böden von Odderade/Dithmarschen, ein Beitrag zur Stratigraphie der Weichselkaltzeit. - Fundamenta, B, 2: 80 - 100.

ERDTMAN, G. (1943): An Introduction to Pollen Analysis. - Walthan, Mass.

FINK, J. (1956): Zur Korrelation der Terrassen und Lösse in Österreich. - Eiszeitalter und Gegenwart, 7: 49 - 77.

-- (1973): Bericht der INQUA-Lößkommission. - Eiszeitalter und Gegenwart, 23/24: 415 - 426.

FIRBAS, F. (1949 - 1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. - Jena.

FRECHEN, J. (1959): Die Tuffe des Laacher Vulkangebietes als quartärgeologische Leitgesteine und Zeitmarken. - Fortschr. Geol. Rheinld. Westf., 4: 363 - 370.

-- (1975): Tephrostratigraphische Abgrenzung des Würmlösses und der älteren Lösse im Quartärprofil der Tongrube Kärlich. - Decheniana, 127: 157 - 194.

FRENZEL, B. (1960): Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. - Wiesbaden.

-- (1964): Zur Pollenanalyse von Lössen. - Eiszeitalter und Gegenwart, 15: 5 - 39.

-- (1967): Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. - Samml. "Die Wiss.", 129: 296 S; Braunschweig.

-- & TROLL, C. (1952): Die Vegetationszonen des nördlichen Eurasiens während der letzten Eiszeit. - Eiszeitalter und Gegenwart, 2: 154 - 167.

GAERTNER, H.R. v. (1950): Fließerde und Löß im südlichen Solling. - Unveröffentlicht.

GERTH, H. (1909): Über die Gliederung des Lösses auf den Terrassen am Taunusrand zwischen Höchst und Wiesbaden. - Ber. niederrhein. geol. Ver., S. 45 - 48.

GEYH, M.A. (1971): Die Anwendung der 14-C-Methode und anderer radiometrischer Datierungsverfahren für das Quartär. - Clausthaler tekton. H., 11: 118 S.

GROSS, H. (1964): Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. - Eiszeitalter und Gegenwart, 15: 187 - 198.

GROOTES, P.M. (1977): Thermal Diffusion Isotopic Enrichment and Radiocarbon Dating Beyond 50 000 Years B.P. - Diss. Groningen.

GRUPE, O. (1916): Über Jüngeren und Älteren Löß im Flußgebiet der Weser. - Jb. Preuß. Geol. Landesanst., 37.

HAASE, G. (1963): Stand und Probleme der Lößforschung in Europa. - Geogr. Ber., 8, Tl. 2: 97 - 129.

HAASE, G. et al. (1970): Sedimente und Paläoböden im Lößgebiet. - Pet. geogr. Mitt., Erg.-H., 274: 99 - 212.

JAUHIAINEN, E. & BRUNOTTE, E. (1978): Stratigraphische Gliederung und Material des Lößprofils bei Einbeck, BRD. - Commentationes Physico-Mathematicae, Vol. 48: 1 - 10.

KAISER, K. (1958): Wirkungen des pleistozänen Bodenfrostes in den Sedimenten der Niederrheinischen Bucht. Ein Beitrag zur Kenntnis der Periglazialerscheinungen der Rheinlande. - Eiszeitalter und Gegenwart, 9: 110 - 129.

-- (1960): Klimazeugen des periglazialen Dauerfrostbodens in Mittel- und Westeuropa. - Eiszeitalter und Gegenwart, 11: 121 - 141.

-- (1966): Das Quartär zwischen Harz und Elbe. - Eiszeitalter und Gegenwart, 17: 200 - 204; (Tagungsber.).

-- (1967): Das Klima Europas im quartären Eiszeitalter. - Fundamenta, B. 2: 1 - 27.

-- & SCHÜTRUMPF, R. (1960): Zur Gliederung mittel- und jungpleistozäner Schichten in der Niederrheinischen Bucht. - Eiszeitalter und Gegenwart, 11: 166 - 185.

KLEINSCHMIDT, A. (1953): Die zoologischen Funde der Grabung Salzgitter-Lebenstedt. - Eiszeitalter und Gegenwart, 3: 166 - 188.

KLUTE, F. (1949): Rekonstruktion des Klimas der letzten Eiszeit in Mitteleuropa aufgrund morphologischer und pflanzengeographischer Tatsachen. - Geogr. Rdsch., 3: 81 - 89.

-- (1951): Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmeiszeit und die Änderungen bis zur Jetztzeit. - Erdkde., 5, H. 4: 273 - 283.

LEFFINGWELL, E. de K. (1915): Ground-ice-wedges, the dominant form of ground-ice on the northcoast of Alaska. - J. of Geol.

LIEBEROTH, I. (1959): Beobachtungen im nordsächsischen Lößgebiet. - Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 86: 141 - 155.

-- (1962): Ein Beitrag zum Klima und zur Chronologie des Jungpleistozäns. - Forsch. u. Fortschr., 36.

-- (1963): Lößsedimentation und Bodenbildung während des Pleistozäns in Sachsen. - Geologie, 12.

LIEDTKE, H. (1976): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. - Forsch. z. dt. Landeskde., 204.

LÖHR, H. & BRUNNACKER, K. (1974): Metternicher und Eltviller Tuff-Horizont im Würm-Löß am Mittel- und Niederrhein. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 102: 168 - 190.

LOZEK, V. (1965): Das Problem der Lößbildung und der Lößmollusken. - Eiszeitalter und Gegenwart, 17: 61 - 75.

LÜTTIG, G. & REIN, U. (1955): Das Cromer (Günz/Mindel) Interglazial von Bilshausen (Unter-Eichsfeld). - Geol. Jb., 70: 159 - 166.

MANIA, D. (1965): Stratigraphie, Genese und Palökologie des Quartärs in der Aschers-lebener Depression und ihrer Umgebung. - Diss. Univ. Halle.

-- (1967: Das Jungquartär aus dem ehemaligen Ascherslebener See im Nord-harzvorland. - Pet. geogr. Mitt., 111, 4: 257 - 273.

-- (1973): Paläoökologie, Faunenentwicklung und Stratigraphie des Eiszeitalters im mittleren Elbe-Saalegebiet aufgrund von Molluskengesellschaften. - Geologie, Beih. 78/79: 175 S.

-- & STECHEMESSER, H. (1970): Jungpleistozäne Klimazyklen im Harzvorland. - Pet. geogr. Mitt., Erg.-H. 274: 39 - 55.

-- & TOEPFER, V. (1973): Königsaue, Gliederung, Ökologie und mittelpaläolithi-sche Funde der letzten Eiszeit. - Veröff. Landesmuseum Vorgeschichte Halle, 26: 164 S.

-- & PREUSS, J. (1975): Zu Methoden und Problemen ökologischer Untersuchun-gen in der Ur- und Frühgeschichte. - Symbolae Prähistoricae (= Festschrift für F. Schlette): 9 - 59, Berlin.

MENKE, B. (1967): Ein Beitrag zur eemzeitlichen Vegetations- und Klimageschichte nach dem Profil von Ostrohe/Schleswig-Holstein. - Fundamenta, B, 2: 126 - 135.

-- (1970): Ergebnisse der Pollenanalyse zur Pleistozän-Stratigraphie und zur Pliozän-Pleistozän-Grenze in Schleswig-Holstein. - Eiszeitalter und Gegenwart, 21: 5 - 21.

-- (1975): Vegetationsgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozän und Frühquartär. Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Weichselfrühglazials. - Geol. Jb., A 26: 3 - 151.

-- (1976): Neue Ergebnisse zur Stratigraphie und Landschaftsentwicklung im Jungpleistozän Westholsteins. - Eiszeitalter und Gegenwart, 27: 53 - 68.

-- & LANGE, W. (1976): Exkursionsführer zur Exkursion: Das jüngere Pleistozän im westlichen Schleswig-Holstein anläßlich der DEUQUA Tagung 1976 in Hamburg.

-- & BEHRE, K. (1973): State of Research on the Quaternary of the Federal Republic of Germany. History of Vegetation and Biostratigraphy. - Eiszeit-alter und Gegenwart, 23/24: 252 - 267.

MENSCHING? H. (1953): Die periglaziale Formung der Landschaft des unteren Werra-tals. - Göttinger Geogr. Abh., 14.

MERKT, J. (1968): Erläuterungen zur Karte der Lößverbreitung in Südniedersachsen. - Geol. Jb., 86: 107 - 112.

MÖRNER, N.A. (1970): Comparison between Late Weichselian and Late Wisconsin ice marginal changes. - Eiszeitalter und Gegenwart, 21: 173 - 176.

MORDZIOL, C. (1910): Über den Nachweis von älterem Löß bei Wiesbaden. - Jb. Nassau. Ver. Naturkde., 63: 257 - 262.

MÜCKENHAUSEN, E. (1954): Fossile Böden im nördlichen Rheinland. - Z. Pflanzen-ernährung, Düngung, Bodenkunde. 65: 81 - 103.

MÜLLER-BECK, H. (1959): Bemerkungen zur Stratigraphie des mitteleuropäischen Jungpleistozäns. - Eiszeitalter und Gegenwart, 10: 144 - 160.

PAAS, W. (1961): Rezente und fossile Böden auf niederrheinischen Terrassen und deren Deckschichten. - Eiszeitalter und Gegenwart, 11: 165 - 230.

-- (1968): Stratigraphische Gliederung des niederrheinischen Lösses und seiner fossilen Böden. - Decheniana, 121: 9 - 38.

POSER, H. (1947 a): Auftautiefe und Frostzerrung im Boden Mitteleuropas während der Würmeiszeit. - Naturwiss., 34: 232 - 238 und 262 - 267.

-- (1947 b): Dauerfrost und Temperaturverhältnisse während der Würmeiszeit. - Naturwiss. 34.

-- (1948 a): Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. - Naturwiss., 34.

-- (1948 b): Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. - Erdkunde, 2: 53 - 68.

-- (1951): Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. - Eiszeitalter und Gegenwart, 1: 27 - 55.

-- (1954): Die Periglazial-Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler Alpen). - Göttinger Geogr. Abh. 15.

PREUL, F. (1953): Die geologische Bearbeitung des paläolithischen Fundplatzes bei Salzgitter-Lebenstedt. - Eiszeitalter und Gegenwart, 3: 149 - 154.

RABIEN, I. (1953): Die Vegetationsentwicklung des Interglazials von Wallensen in der Hilsmulde. - Eiszeitalter und Gegenwart, 3: 96 - 127.

RAZI RAD, M. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Quartärstratigraphie am Mittelrhein. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, 28.

REMY, H. (1960): Der Löß am unteren Mittel- und Niederrhein. - Eiszeitalter und Gegenwart, 11: 107 - 120.

-- (1968): Zur Stratigraphie und Klimaentwicklung des jüngeren Pleistozäns in Mittel- und Westeuropa unter besonderer Berücksichtigung des Lösses. - Decheniana, 121: 271 - 278.

-- (1969): Würmzeitliche Molluskenfaunen aus Löß des Rheingaus und des nördlichen Rheinhessens. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforschung, 97: 98 - 116.

ROHDENBURG, H. (1966): Eiskeilhorizonte in südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. - Mitt. dt. bodenkdl. Ges., 5: 137 - 170.

-- (1968): Jungpleistozäne Hangformung in Mitteleuropa. - Beiträge zur Kenntnis, Deutung und Bedeutung ihrer räumlichen und zeitlichen Differenzierung. - Göttinger Bodenkdl. Ber., 6: 3 - 107.

-- & MEYER, B. (1966): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. - Mitt. dt. bodenkdl. Ges., 5: 5 - 131.

ROHDENBURG, H. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? - Göttinger Bodenkdl. Ber., 6: 127 - 212.

-- & SEMMEL, A. (1971): Bemerkungen zur Stratigraphie des Würmlösses im westlichen Mitteleuropa. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 99: 246 - 252.

RUSKE, R. & WÜNSCHE, M. (1961): Löße und fossile Böden im mittleren Salle- und unteren Unstruttal. - Geolk, 10, 1: 9 - 29.

-- (1964): Zur Gliederung des Pleistozäns im Raum der unteren Unstrut. - Geologie, 13, H. 2: 211 - 222.

SCHÖNHALS, E. (1945): Über verschiedenaltrige Lösse und ihre fossilen Verwitterungsdecken bei Homburg an der Efze (Bez. Kassel). - Ber. d. Reichsamts f. Bodenforsch., 44: 111 - 119.

-- (1950): Über einige wichtige Lößprofile und begrabene Böden im Rheingau. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 6: 244 - 259.

-- (1951 a): Über fossile Böden im nichtvereisten Gebiet. - Eiszeitalter und Gegenwart, 1: 109 - 130.

-- (1951 b): Fossile gleyartige Böden des Pleistozäns im Usinger Becken und am Rand des Vogelsberges. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 7: 160 - 183.

-- (1957): Spätglaziale äolische Ablagerung in einigen Mittelgebirgen Hessens. - Eiszeitalter und Gegenwart, 8: 5 - 17.

-- (1959): Klima, äolische Sedimentation und Bodenbildung während der Eiszeit in Hessen. - Z. dt. geol. Ges., 111: 251 - 252.

-- et al. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. - Eiszeitalter und Gegenwart, 15: 199 - 206.

SCHWARZBACH, M. (1950): Das Klima der Vorzeit. - Stuttgart.

SELZER, G. (1936 a): Die Gliederung des Lösses im westlichen Eichsfeld und im Talgebiet der oberen Leine. - FS z. 60. Geb. v. H. Stille, 212 - 222; Stuttgart.

-- (1936 b): Diluviale Lößkeile und Lößkeilnetze aus der Umgebung Göttingens. - Geol. Rdsch., 27: 275 - 293.

SEMMEL, A. (1961): Beobachtungen zur Genese von Dellen und Kerbtälchen im Löß. - Rhein-Mainische-Forschungen, 50: 135 - 140.

-- (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 92: 275 - 285.

-- (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Lössen. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. 95: 104 - 108.

-- (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. - Frankfurter Geogr. H., 45.

-- (1969): Bemerkungen zur Würmlößgliederung im Rhein-Main-Gebiet. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 97: 395 - 399.

SEMMEL, A. (1971): Beobachtungen zur Genese von Dellen und Kerbtälchen im Löß. - Rhein-Mainische-Forsch., 50: 135 - 140.

-- (1972): Untersuchungen zur jungpleistozänen Talentwicklung in deutschen Mittelgebirgen. - Z. f. Geomorph., Supl. Bd., 14: 105 - 112.

-- (Hrsg.) (1974): Das Eiszeitalter im Rhein-Main-Gebiet. - Rhein-Mainische-Forsch., 78: 1 - 214.

-- (1977): Grundzüge der Bodengeographie. - Stuttgart.

-- & STÄBLEIN, G. (1971): Zur Entwicklung quartärer Hohlformen in Franken. - Eiszeitalter und Gegenwart, 22: 23 - 34.

SICKENBERG, O. (1968): Der Steppeniltis in der Niederterrasse der Leine und seine klimatische Bedeutung. - Eiszeitalter und Gegenwart, 19: 147 - 163.

SOERGEL, W. (1919): Löße, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. - Jena.

THOMPSON, P.W. (1953): Das Interglazial von Wallensen im Hils. - Eiszeitalter und Gegenwart, 1: 96 - 102.

URBAN, B. (1978): Die Stellung des Kärlicher Brockentuffs im Kärlicher Interglazial am Mittelrhein. - Beitr. z. Quartär u. Landschaftsforsch., FS z. 60. Geb. v. J. FINK: 649 - 654.

VAN DER HAMMEN, T. et al. (1967): Stratigraphy, Climatic succession and Radiocarbon Dating of the Last Glacial in the Netherlands. - Geologie en Mijnbouw, 46: 79 - 95.

VIERHUFF, H. (1967): Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese der Sandlößvorkommen in Niedersachsen. - Mitt. geol. Inst. T.H. Hannover, 5: 99 S.

VOGEL, J.C. & VAN DER HAMMEN, T. (1967): The Denekamp and Paudorf Interstadials. - Geologie en Mijnbouw, 46: 188 - 194.

WALTER, H. (1973): Allgemeine Geobotanik. - Stuttgart.

-- & STRAKA, H. (1970): Arealkunde. - Stuttgart.

WASHBURN, A.L. (1973): Periglacial processes and environments. - London.

WINDHEUSER, H. (1977): Die Stellung des Laacher Vulkanismus (Osteifel) im Quartär. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, 31.

WINTER, K. P. (1970): Untere Mittelterrasse und Krefelder Mittelterrasse im Südteil der Niederrheinischen Bucht. - Eiszeitalter und Gegenwart, 21: 161 - 172.

WOLDSTEDT, P. (1956): Über die Gliederung der Würmeiszeit und die Stellung der Lösse in ihr. - Eiszeitalter und Gegenwart, 7: 78 - 86.

-- (1961): Das Eiszeitalter. 3 Bde.; Stuttgart.

-- (1962): Über die Gliederung des Quartärs und Pleistozäns. - Eiszeitalter und Gegenwart, 13: 115 - 124.

-- (1966): Der Ablauf des Eiszeitalters. - Eiszeitalter und Gegenwart, 17: 153 - 158.

WORTMANN, H. (1942): Bemerkungen zu einer Karte der Lößverbreitung in Niedersachsen. - Archiv f. Landes- und Volkskde. Niedersachsen: 192 - 202.

ZAGWIJN, W.H. (1960): Vegetation, climate and radio carbon Datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. - Medd. van de Geol. Sticht. N.S., 14: 15 - 44, Part I: Eemian and early Weichselian.

-- (1974): Vegetation, climate and radiocarbon Datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part II: Middle Weichselian. - Meded. Rijks. Geol. Dienst, N.S., 25: 101 - 111.

ZAGWIJN, W. (1975): Chronostratigraphie en biostratigraphie. - Torlichtin bij geol. Overzichtskaarten van Nederland, 109 - 114.

-- & PAEPE, R. (1968): Die Stratigraphie der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederlande und Belgiens. - Eiszeitalter und Gegenwart, 19: 129 - 146.

ZAKOSEK, H. (1976): Über das Alter des Rheintal-Tschernosems und der würmeiszeitlichen Humuszonen in der Ziegeleigrube Wallertheim. - Geol. Jb. Hessen, 204: 51 - 52.

Nachtrag:

JUVIGNÉ, E. & SEMMEL, A. (1981): Un tuf volcanique semblable à l'Eltviller Tuff dans les loess de Hesbaye (Belgique) et du Limbourg néerlandais. - Eiszeitalter und Gegenwart, 31: 83 - 90.

Manuskript eingegangen am 22. 9. 1981

Anschrift der Verfasser:

Michael WALTHER und

Privatdozent Dr. Karl-Ulrich BROSCHE

Institut für Phys. Geographie
Freie Universität Berlin
Grunewaldstraße 35

1000 Berlin 41