

Pleistozän-Geologie und Palynostratigraphie in Subrosionssenken Ostwestfalens

OTFRIED DEUTLOFF & RÜDIGER STRITZKE*)

– Lower to Upper Pleistocene, subrosion depressions, typical clastic sediments,
pollenanalytical dating, stratigraphy, Eastern Westphalia –

Kurzfassung: Im ostwestfälischen Bergland entstanden seit der Tertiärzeit durch Auslaugung von Salinargesteinen (Steinsalz und Anhydrit) im Untergrund zahlreiche Subrosionssenken an der Erdoberfläche. In diesen Senken sammelten sich während des Tertiärs und Quartärs verschiedenartige Lockergesteine - Sande, Silte, Tone -, die hier vor Erosion geschützt waren.

Dank systematischer Erkundung während der Neukartierung Ostwestfalens durch das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen wurden bisher rund 80 Subrosionssenken zumeist durch Bohrungen entdeckt. Zehn von ihnen werden in der vorliegenden Arbeit beschrieben, wobei acht nach palynologischer Datierung warmzeitliche Sedimente des Unterpleistozän, Cromer, Holstein und Eem beinhalten, weitere zwei solche der Kaltzeiten Saale und womöglich Elster. Die mächtigste und vollständigste Abfolge vom Waal bis zum Cromer wurde in der Subrosionssenke von Mosebeck östlich Detmold angetroffen.

[Pleistocene geology and palynostratigraphy in subrosion depressions of East Westphalia]

Abstract: In the East Westphalian mountain ridges numerous subrosion depressions were built due to partial leaching of saliniferous rocks (halite and anhydrite) since Tertiary times. They acted as sedimentary traps and accumulated mainly clastic rocks since then. In the course of modern mapping in Eastern Westphalia members of the Geological Survey of Northrhine Westphalia discovered approximately 80 subrosion depressions mainly by drilling. Ten of those are here described, where 8 contained interglacial sediments of Lower Pleistocene, Cromerian, Holsteinian and Eemian age due to palynological investigations, whereas in two of them glacial sediments of the Saalian and probably of the Elsterian were preserved. The most complete (Lower to Middle Pleistocene) and thickest sequence of Pleistocene sediments was found in the subrosion depression of Mosebeck near Detmold.

1 Einleitung

Das Hauptverbreitungsgebiet pleistozäner Schichten im nördlichen Deutschland ist der Teil-

bereich des Mitteleuropäischen Tieflands zwischen Oder und Niederrhein mit seinen zum Teil mächtigen kalt- und warmzeitlichen Schichtenfolgen. Die kaltzeitlichen Ablagerungen gehen dabei auf den mehrmaligen Vorstoß des skandinavischen Inlandeises zurück, das mit seinen Gletschern entlang den Flußstälen von Elbe und Saale bis weit nach Süden in die Mittelgebirgsregionen zwischen Lausitz und Thüringer Becken vordrang (Elster- und Saale-Kaltzeit). Dort wurden durch die ausgedehnten Braunkohlentagebau mächtige, stark gegliederte pleistozäne Sedimentfolgen aufgeschlossen (EISSMANN 1994).

Auch im Bereich der nordwestdeutschen Tiefebene zwischen Elbe und Ems sowie in den Niederlanden sind entsprechende Ablagerungen anzutreffen. Sie sind dort insbesondere aus der Untersuchung tief reichender Bohrungen bekannt. Am südlich anschließenden Gebirgsrand und in den Mittelgebirgen selbst wurden Sedimente des Pleistozäns vorwiegend oder ausschließlich in den als Sedimentfallen wirksamen Subrosionssenken (= Auslaugungssenken) über leicht löslichen Salinargesteinen im Untergrund abgelagert und erhalten. Hierbei handelt es sich in der Regel um mächtige fein- bis grobklastische, teilweise humose Schichtenfolgen, welche die vielgestaltigen geologischen Prozesse während des Quartärs widerspiegeln. Derartige Sedimentfolgen wurden erstmalig durch H. WEBER (1952) aus dem Pliozän des Werragebietes in Westthüringen beschrieben, später aus dem Südniedersächsischen Bergland (z. B. BENDA et al. 1968, LÜTTIG 1969) und als unerwartete Ergebnisse von Brunnenbohrungen auch aus dem ostwestfälischen Raum mitgeteilt (MESTWERDT 1951, BECKER 1975, SCHNEIDER 1975).

Nachdem die Bedeutung der Subrosionssenken für die geologische Praxis erkannt worden war, wurden bei der Neukartierung des nordrhein-westfälischen Weserberglandes durch das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen dank systematischer Erkundung bisher insgesamt rund

*) Anschriften der Verfasser: Dr. O. DEUTLOFF, Ortmanndweg 3, 47918 Tönisvorst, Dr. R. STRITZKE, Geologisches Landesamt NRW, PF 1080, D-47710 Krefeld

80 Senken mit teilweise tertiärzeitlicher, überwiegend jedoch quartärzeitlicher Sedimentfüllung bekannt. Eine erste Übersicht über die bis dahin entdeckten Subrosionssenken findet sich im Tätigkeitsbericht 1984 bis 1985 des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen (Abb. 24). Detaillierter dargestellt und beschrieben werden sie in der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:100000, Blätter C 3918 Minden (DEUTLOFF et al. 1982) und C 3914 Bielefeld (DEUTLOFF, KÜHN-VELTEN & MICHEL 1986) sowie in den neu bearbeiteten Geologischen Karten von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:25000, Blätter 3918 Bad Salzuflen (KNAUFF 1978), 4019

Detmold (FARRENSCHON 1986), 3818 Herford (DEUTLOFF 1995b), 4020 Blomberg (FARRENSCHON 1995b) und 3919 Lemgo (FARRENSCHON 1998). In etwa 20 Subrosionssenken konnten die dort angetroffenen humosen Lockergesteine mittels Pollenanalyse stratigraphisch eingestuft werden. Die Hauptschwierigkeit bei der palynologischen Einstufung lag darin, daß aus den Subrosionssenken nicht ausschließlich Seesedimente zur Verfügung standen, sondern Material verschiedener Genese.

Eine Datierung ist hierdurch naturgemäß schwierig, zumal auch aus der näheren Umgebung sichere Standardprofile fehlen.

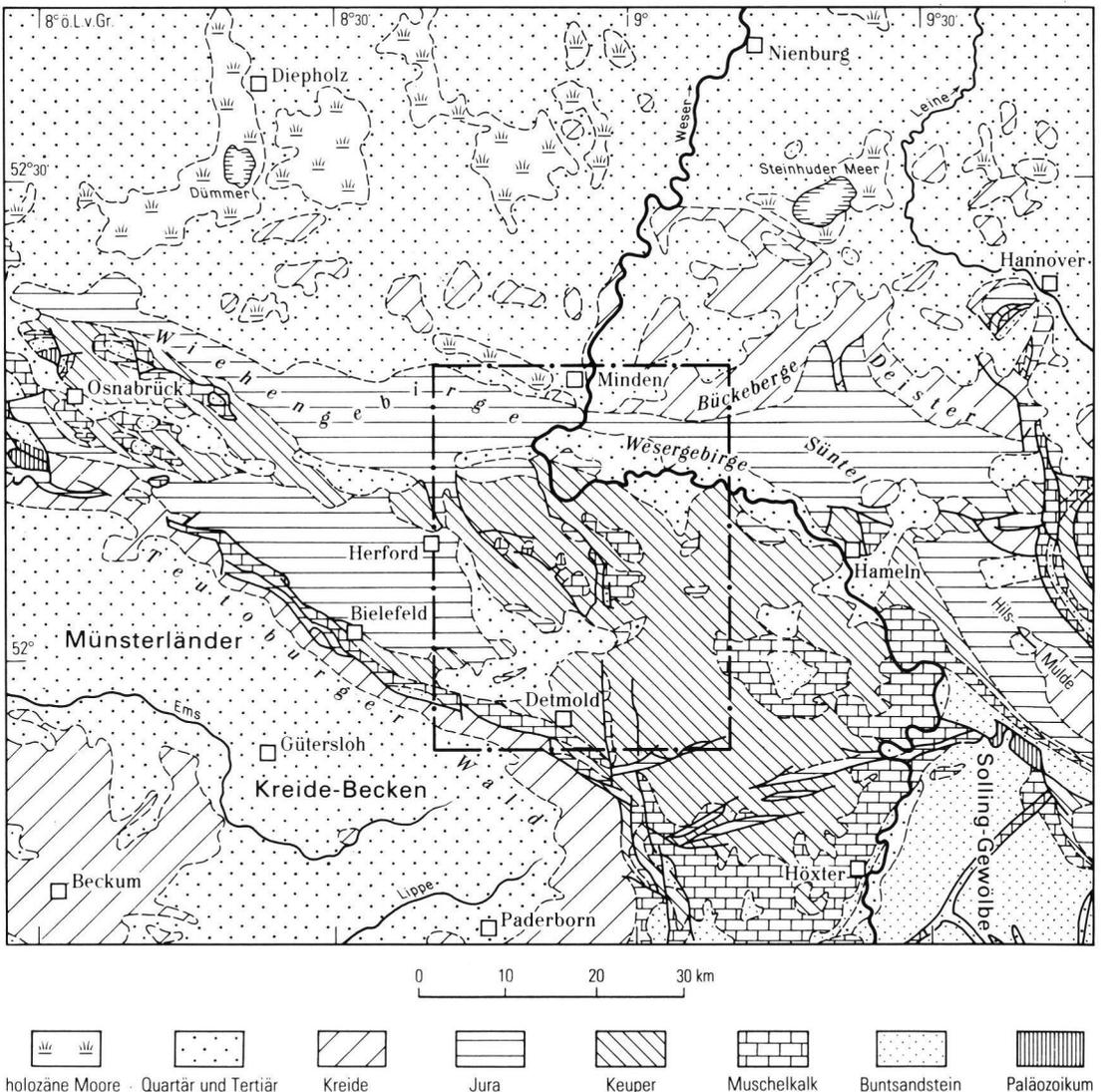
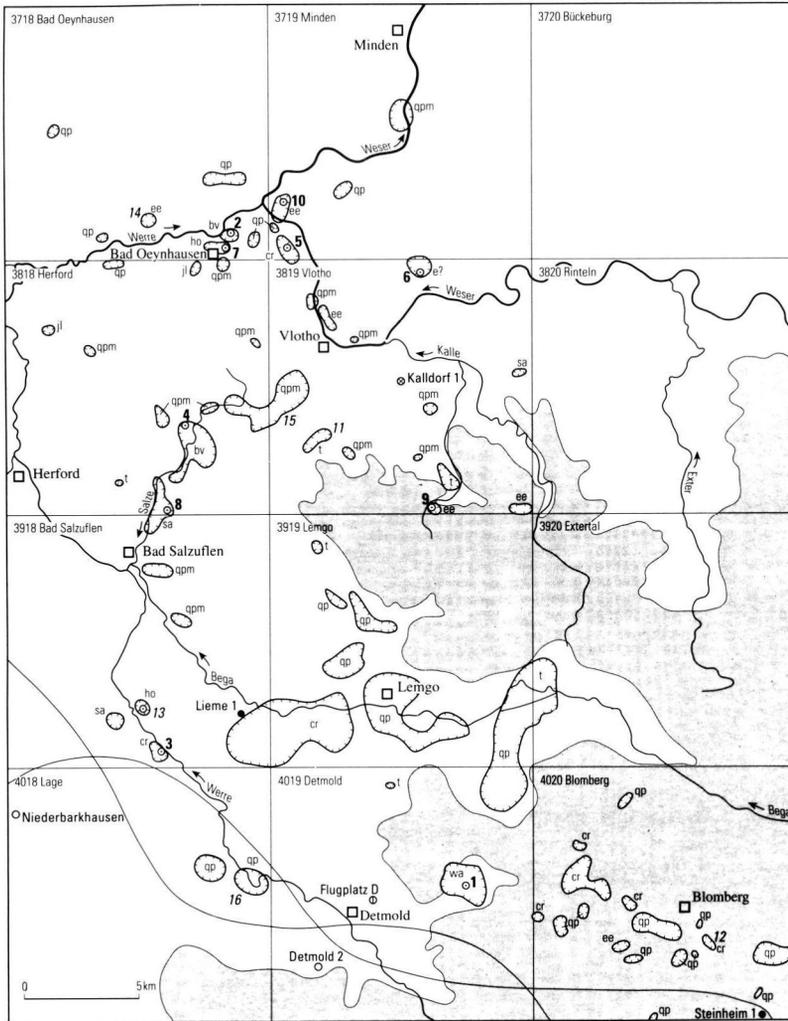


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebietes in Ostwestfalen.

Fig. 1: Location of the investigation area in Eastern Westphalia.



- Subrosionssenke
 - Bohrungen in ausgewählten Subrosionssenken (Ilf. Nr. der Profilsäulen in Abb. 3 und der Senken in Tab. 2)
 - 1 Mosebeck
 - 2 Schlachthof Bad Oeynhausen
 - 3 Iggenhausener Wald
 - 4 Exter-Kruthede
 - 5 Babbenhausen
 - 6 Mühlenhof Möllbergen
 - 7 Nordbahnhof Bad Oeynhausen
 - 8 Steinbeck-Loose
 - 9 Ziegelei Bergmann Hohenhausen
 - 10 Großer Weserbogen Vennebeck
- Subrosionssenken, im Text genannt
- 11 Kurpark Vlotho
 - 12 Blomberg-Hohedömsen
 - 13 Holzhausen
 - 14 Blutwiese Gohfeld
 - 15 Hollwiesen-Horst
 - 16 Nienhagen

Stratigraphie der jeweils ältesten erbohrten Schicht

ee	Eem	Oberpleistozän
sa	Saale	Mittelpleistozän
ho	Holstein	
e7	Elster?	
qpm	Mittelpleistozän, ungegliedert	
cr	Cromer	Unterpleistozän
bv	Bavel	
wa	Waal	
qp	Pleistozän, ungegliedert	
t	Tertiär, ungegliedert	
jl	Lias, ungegliedert	

// // // // Verbreitung des Steinsalzes im Zechstein, vermutet
 ● Tiefbohrung mit Zechstein-Salz
 ○ Zechstein-Salz abgewandert
 ○ Tiefbohrung mit carbonatisch-sulfatischer Randfazies des Zechsteins
 - - - - - Verbreitung des Steinsalzes im Oberen Buntsandstein (Röt), vermutet
 ○ Tiefbohrung mit Röt-Steinsalz
 □ Gebiet südl. der drenthestadialen Vereisungsgrenze (nach STRAPHIM 1972)

Den Bohrungen wurden die Proben zur Pollenanalyse unter Berücksichtigung der Petrographie möglichst engständig entnommen, im Labor mit Kalilauge und 45%iger Flußsäure sowie nach der Acetolyse-Methode von Erdtmann aufbereitet und abschließend gesiebt (10 µm). Die Pollendichte war oft gering, so daß je Probe meist mehrere Präparate gezählt werden mußten, um statistisch ausreichende Pollenmengen zu ermitteln. Dabei geschah die Bestimmung in Anlehnung an die Bestimmungsschlüssel von MOORE et al. (1991) sowie FAEGRI et al. (1993). Die Ergebnisse der Pollenanalyse sind in Pollendiagrammen dargestellt, wobei das Programm psimpoll von BENNET (1994) verwandt wurde. Dabei beziehen sich die prozentualen Angaben auf die Summe aller Landpflanzenpollen = 100 %. Die Abszisse hat für alle Pollen- und Sporontypen stets den gleichen Maßstab: ein Skalenstrich entspricht 20 %. Bei Werten unter 5 % wurde ein Punkt gesetzt.

Abb. 2: Lage und Alter der bisher bekannten Subrosionssenken im Arbeitsgebiet.

Fig. 2: Location and age of the hitherto known subrosion depressions in the investigation area.

Tabelle 1: Die wichtigsten Daten der beschriebenen Subrosionssenken.

Table 1: The most important facts of the subrosion depressions described.

Lfd. Nr.*	Name der Subrosionssenke	TK 25	Höhe (m ü. NN)	Fläche (km ²)	Tiefe (m)	wichtiges und ältestes Quartär	Festgestein im Liegenden	Referenzbohrung	Lage		Bohrtiefe (m u. GOK)
									R	H	
1	Mosebeck	4019 Detmold	160	3,00	139	Cromer bis Waal B	Oberer Keuper	KB Mosebeck 1976	96 880	57 120	141,8
2	Schlachthof Bad Oeynhausen	3718 Bad Oeynhausen	52	0,09	28	Bavel	Unterer Lias (Sinemur)	KB 10 / A 30 1985	87 019	86 269	50,0
3	Iggenhausener Wald	3918 Bad Salzuflen	95	0,36	60	Saale und Holstein	Unterer Lias (Hettang)	KB Iggenhausen 1989	83 800	63 560	61,0
4	Exter-Kruthede	3818 Herford	110	2,50	53	Cromer und Bavel	Schilfsandstein	KB Exter 1989	84 920	77 800	54,0
5	Babbenhausen	3719 u. 3819 Minden Vlotho	85	0,30	50	Saale und Cromer	Unterer Lias (Hettang)	Sondierung 57/80 und SB Babbenhausen 1980	89 340	85 450	14,0 24,0
6	Mühlenhof Möllbergen	3719 u. 3819 Minden Vlotho	55	0,60	32	Saale und Elster	Unterer Lias (Hettang)	SB Mühlenhof 1995	94 950	84 700	38,0
7	Nordbahnhof Bad Oeynhausen	3718 Bad Oeynhausen	56	0,12	28	Holstein	Unterer Lias	KB Nordbahnhof 1994	86 360	85 740	32,0
8	Steinbeck-Loose	3818 Herford	120	1,60	65	Saale (Drenthe-Stadium)	Gipskeuper	KB Steinbeck 1976	84 210	74 220	67,0
9	Ziegelei Bergmann Hohenhausen	3819 Vlotho	180	0,36	25	Weichsel und Eem	Gipskeuper	Schappenbohrung Bergmann 1 1989	95 560	74 260	18,0
10	Großer Weserbogen Vennebeck	3719 Minden	45	0,76	43	Weichsel und Eem	Unterer Lias (Sinemur)	KB/SB Großer Weserbogen 1987	89 260	87 610	48,0

* Nummern wie in Abb. 2 und 3

KB = Kernbohrung SB = Spülbohrung

2 Das Untersuchungsgebiet und sein geologischer Bau

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) wird im Norden durch das Weser- und Wiehengebirge, im Süden durch den Teutoburger Wald begrenzt und umfaßt den Bereich von neun Blättern der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1 : 25 000. Es wird von einer mesozoischen Schichtenfolge Mittlerer Buntsandstein bis Oberer Jura aufgebaut, die ganz lokal von Schichten des Tertiärs, fast flächendeckend jedoch von Lockergesteinen des Quartärs überlagert wird. Zwischen 1911 und 1938 wurden diese von der Preußischen Geologischen Landesanstalt kartierten Blattgebiete in erster Auflage veröffentlicht. Damals fand der geologische Vorgang der Subrosion keinerlei Beachtung; heute sind etwa 70 Subrosionssenken bekannt, von denen zehn hier betrachtet werden sollen (Abb. 2, Tab. 1).

Voraussetzung für die Subrosion ist das Vorkommen auslaugungsfähiger Salinargesteine in ausreichender Mächtigkeit im tiefen Untergrund. Durch einige Tiefbohrungen im Untersuchungsgebiet (Abb. 2) und seiner näheren Umgebung wurden derartige Schichtenfolgen in vier stratigraphischen Einheiten nachgewiesen (KNAUFF 1978, DEUTLOFF 1995b, FARRENSCHON 1986, 1995b):

- Mittlerer Keuper: bis 25 m Anhydrit und Gips
- Mittlerer Muschelkalk: bis 20 m Anhydrit und Gips
- Oberer Buntsandstein (Röt): bis 60 m Steinsalz, bis 40 m Anhydrit
- Zechstein: bis 200 m Steinsalz, bis 100 m Anhydrit

Die äußeren Grenzen der Steinsalzverbreitung in den Schichten des Zechsteins und Röts verlaufen etwa parallel zum Nordrand der Rheinischen Masse durch das südliche Untersuchungsgebiet

Tab. 2: Nachgewiesenes Pleistozän in Subrosions-senken Ostwestfalens.

Tab. 2: Proofed Pleistocene in subrosion depres-sions of Eastern Westphalia.

Jahre vor heute	Nordwest-deutschland		Ostwestfalen (Teilbereich)		Nachweis in Subrosions-senke:
10 000	Weichsel	Spät-glazial	Weichsel (w)	Spät-glazial	Großer Weserbogen
		Hoch-glazial		Hoch-glazial	Schlachthof Bad Oeynhausen
		Früh-glazial		Früh-glazial	Blutwiese Gohfeld
110 000	Eem		Eem (ee)		Ziegelei Bergmann Großer Weserbogen
127 000	Saale	Warthe	Saale (sa)	n.n.	Steinbeck-Loose
		Vorselaer		n.n.	
		Drenthe		Drenthe (D)	
	Holstein		Holstein (ho)		Nordbahnhof Bad Oeynhausen Ilggenhausen
330 000	Elster		Elster? (e?)		Mühlenhof Möllbergen
790 000	Cromer		Cromer (cr)		Babbenhausen Exter-Krutheide Mosebeck
	Bavel		Bavel (bv)		Mosebeck Exter-Krutheide Schlachthof Bad Oeynhausen
	Menap		Menap (me)		Mosebeck
930 000	Waal		Waal (wa)		Mosebeck
	Eburon		n.n.		
	Tegelen		n.n.		
	Prätegelen		n.n.		
2,4 Mio.					

n.n. = nicht nachgewiesen

und begrenzen dadurch im wesentlichen das Gebiet möglicher Subrosion (Abb. 2). Der geologische Vorgang der Subrosion von Steinsalz, Anhydrit und Gips im Untergrund durch zirkulierende vadose oder auch juvenile Grundwässer wird hier als bekannt vorausgesetzt. Durch juvenile, CO₂-reiche Tiefenwässer als Endausscheidungen des jungtertiären nordhessischen Basaltvulkanismus soll die Subrosion verstärkt worden sein, beispielsweise im Raum Bad Pyrmont (HERMANN

1968). Der Senkungsvorgang vermag sich durch hunderte Meter mächtige Gesteinspakete bis zur Erdoberfläche durchzupausen (HERMANN 1972).

3 Das Pleistozän Ostwestfalens

3.1 Übersicht

Die geologischen Hauptereignisse während des Pleistozäns waren im mitteleuropäischen Raum drei Vorstöße des skandinavischen Inlandeises in den Kaltzeiten Elster, Saale und Weichsel, welche durch Holstein- und Eem-Warmzeit voneinander getrennt sind. Dem Elster gingen mehrere Kalt- und Warmzeiten voraus, deren Ablagerungen am vollständigsten aus dem Mündungsgebiet von Rhein und Maas in den Niederlanden (ZAGWIJN 1985) sowie aus der Subrosionsenke über dem Satzstock Lieth in Schleswig-Holstein (MENKE 1975, STEPHAN & MENKE 1994) überliefert sind. Gleichaltrige Bildungen blieben unter günstigen Bedingungen aber auch im nordwest- und mittel-deutschen Flachland sowie in den südlich anschließenden Mittelgebirgslandschaften in unterpleistozänen Entwässerungsrinnen und besonders in Subrosionsenken über den dortigen Salinargesteinsfolgen erhalten.

Die Gesamtgliederung des Pleistozäns in Nordrhein-Westfalen und die bisher in Ostwestfalen nachgewiesenen stratigraphischen Einheiten sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Im folgenden werden diese Einheiten nach Gesteinszusammensetzung und Polleninhalt in chronologischer Reihenfolge beschrieben.

3.2 Unterpleistozän

Das Unterpleistozän Ostwestfalens wurde vor allem durch die Bohrung Mosebeck 1976 des Geologischen Landesamts Nordrhein-Westfalen in der gleichnamigen Subrosionsenke (TK 25 Blatt 4019 Detmold) erschlossen (Abb. 3 Nr. 1). Die Bohrung wurde von O. DEUTLOFF lithologisch aufgenommen, von H.-W. REHAGEN erstmals pollenstratigraphisch untersucht (REHAGEN 1980) und in den Erläuterungen zur geologischen Neuaufnahme des Blattes Detmold publiziert (FARRENSCHON 1986: 147). Dabei stellte REHAGEN (1980) den überwiegenden Anteil der erbohrten Abfolge (57 - 134 m Teufe) in das Waal, Menap und Bavel sensu ZAGWIJN (1957, 1963) des Unterpleistozäns. Eine eindeutige Parallelisierung mit den Typlokalitäten gelang jedoch nicht. Daher wird das Pleistozän der Bohrung Mosebeck 1976 derzeit überarbeitet; detaillierte Ergebnisse sind dabei einer späteren Publikation vorbehalten.

Das Unterpleistozän der Bohrung Mosebeck soll hier lediglich am Beispiel einer 15 m mächtigen Abfolge exemplarisch dargestellt werden, die REHAGEN in das Bavel stellt (Abb. 4). Zunächst ist eine *Picea-Tenga*-Phase überliefert, in der *Betula* nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die *Picea*-Quote geht im Hangenden zugunsten thermophiler Gehölze zurück. Das Klimaoptimum der Warmzeit ist durch einen ausgeprägten Eichenmischwald mit *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* und *Fraxinus* sowie ausgesprochen hohe *Carpinus*- und vor allem *Tsuga*-Werte gekennzeichnet. Die *Eucommia*-Kurve ist auf niedrigem Niveau nahezu geschlossen. Die Warmzeit endet mit einer borealen Phase, die durch *Pinus* und *Betula* bestimmt wird.

Im Jahr 1980 fand REHAGEN ähnliche pollenfloristische Verhältnisse auch in der Subrosionssenke von Exter-Krutheide in einer Bohrung für die Neukartierung des Blattes 3818 Herford vor (DEUTLOFF 1995b: 71), ferner in der Kernbohrung 10/A30 1985 (Abb. 3 Nr. 2) für die Autobahnplanung in der Subrosionssenke Schlachthof Bad Oeynhausens, Blatt 3718 Bad Oeynhausens (REHAGEN, unveröff. Ber.).

Die Abschwemm-Massen sind in den drei Subrosionssenken petrographisch recht mannigfaltig zusammengesetzt: Die Korngrößen reichen von Ton über Silt – teilweise humos mit einzelnen Torflagen – bis zu Sand und Kies.

In der Subrosionssenke von Exter-Krutheide lieferte die Baugrundbohrung Kläranlage Vlotho-Exter aus 5,7 - 7,0 m Teufe ein Pollenspektrum mit markanten Anteilen der jungtertiären bis unterpleistozänen Gattungen *Tsuga* und *Ostrya*, während die Kartierbohrung 10/79 Pahmeier aus 14 - 18 m Teufe eine Pollenassoziation mit geringen, aber typischen Anteilen von *Tsuga*, *Eucommia* und *Pterocarya* ergab.

In der Subrosionssenke Schlachthof Bad Oeynhausens lieferte die Kernbohrung 10/A30 1985 aus dem pollenführenden Bereich von 16,3 - 18,8 m Teufe ein Pollenspektrum mit *Pterocarya*, *Tsuga*, *Carya*, *Eucommia* und *Ostrya*. Hier sind *Carpinus-Tsuga*-Vergesellschaftungszonen wie in der Bohrung Mosebeck typisch.

3.3 Cromer-Komplex

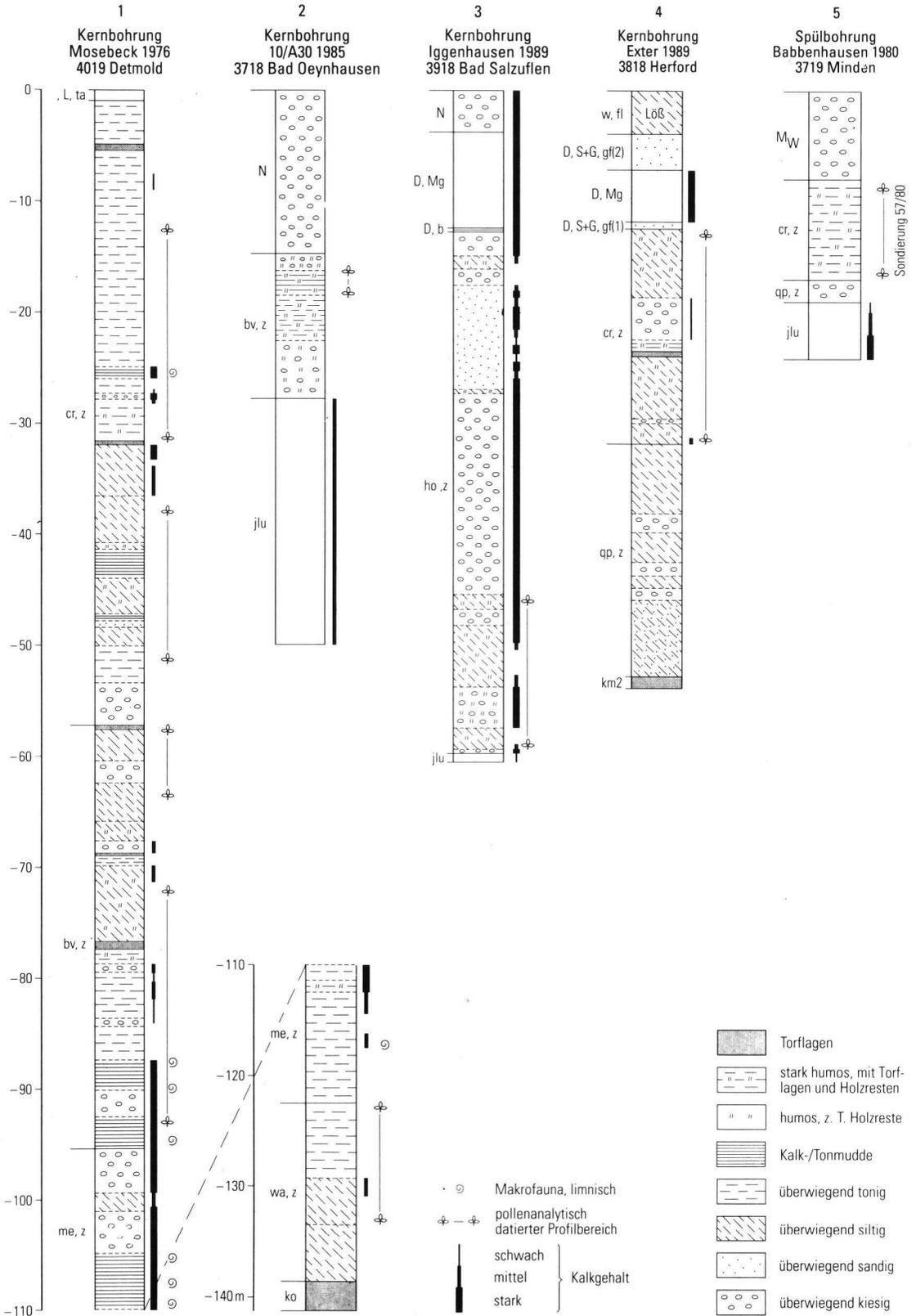
Das Cromer umfaßt sechs Warm- und fünf Kaltzeiten (CASPERs et al. 1995: Tab. 1). Für das südniedersächsische Nachbargebiet Ostwestfalens gibt die Quartärgeologische Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen 1:500 000 (Nieder-

sächs.L.-Amt Bodenforsch. 1995) sechs pollenanalytisch datierte Vorkommen von Teilbereichen des Cromers an, wovon die meisten gleichfalls in Subrosionssenken gelegen sind. So wurde im Auslaugungsbereich des Münder-Mergel-Salinars (Oberer Malm) im Blattgebiet 3515 Hunteburg nordöstlich Osnabrück durch eine Forschungsbohrung des Niedersächsischen Landesamts für Bodenforschung die frühcromerzeitliche „Hunteburg-Warmzeit“ pollenanalytisch nachgewiesen (HAHNE et al. 1994: 117).

Auch in Ostwestfalen fanden sich cromerzeitliche Ablagerungen in Subrosionssenken, so z. B. bei der Neukartierung der Blattgebiete 4020 Blomberg (FARRENSCHON 1995b: 86) und 3919 Lemgo (FARRENSCHON 1998). Im Stadtgebiet Blomberg liegt der unter Quartär-Geologen altbekannte Aufschluß der noch heute betriebenen Ziegleitengrube Hohedömsen (Abb. 2 Nr. 12) mit humosen, tonig-siltigen Abschwemm-Massen des Cromers (REHAGEN 1980: 61; FARRENSCHON in SCHIRMER 1995a: 586; FARRENSCHON 1995b: 126).

In der Subrosionssenke von Babbenhausen im Stadtgebiet Bad Oeynhausens wurde Ende der 70er Jahre beim Bau des dortigen Autobahnkreuzes ein über 30 m mächtiges Pleistozän-Profil aufgeschlossen, das hauptsächlich der Saale-Zeit zuzuordnen ist (siehe unten). Unter der Sohle des zeitweiligen Aufschlusses wurden durch die Sondierbohrung 57/80 des Geologischen Landesamts NRW rund 9 m schwarzgrauer, zäher, kalkfreier, humoser, siltiger Ton mit dünnen Lagen von Fein- und Mittelkies aus Keuper-Gesteinen erschlossen, durch die dicht benachbarte Spülbohrung Babbenhausen 1980 (Abb. 3 Nr. 5) das Gesamtprofil bis zum liegenden Lias-Tonstein.

Das Pollendiagramm (Abb. 5) läßt eine Warmzeit erkennen, deren Beginn nicht überliefert ist, da das Profil mit ausgeprägten Anteilen des EMW beginnt: *Quercus*, vor allem aber *Ulmus* und *Tilia* finden sich in größeren Anteilen. Neben diesen Gehölzen belegen *Hedera* und *Ilex* ein warmes, feuchtes Klima. Nachfolgend werden die Wälder vornehmlich von *Carpinus* und *Pterocarya* gebildet. Auch *Taxus*, *Larix* und *Tsuga* sind deutlich vertreten. In den oberen Partien des untersuchten Abschnitts endet der Nachweis von *Hedera* und *Ilex*. *Pinus* und *Picea* werden bedeutsamer. Das Klima wird kontinentaler. Auffallend ist ein kurzes Maximum (>10%) von *Abies*, die offenbar *Ulmus*, *Tilia* und *Acer* zurückdrängte, da deren Kurven vorher enden. Die Kurve von *Abies* endet dann gemeinsam mit denen von *Pterocarya*, *Car-*



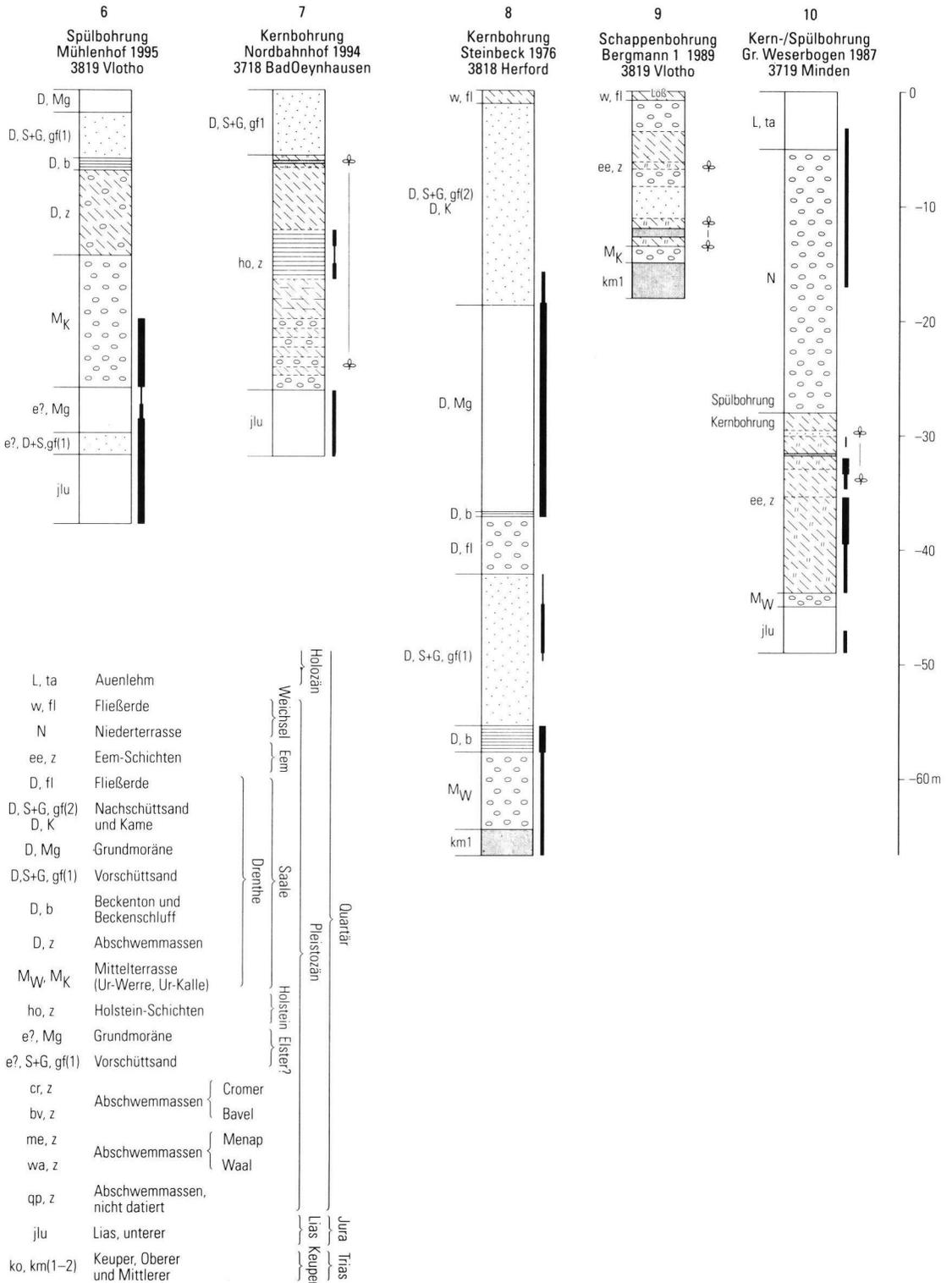
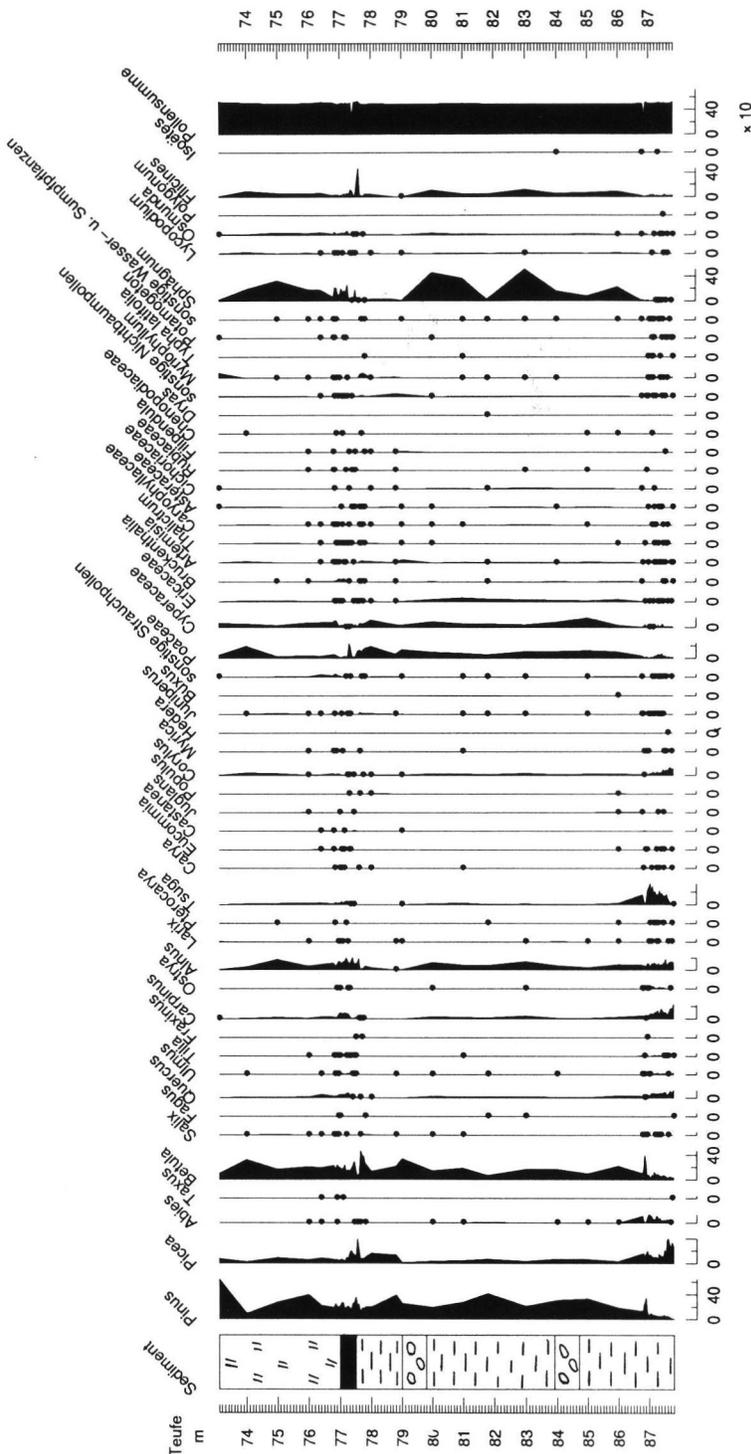


Abb. 3: Geologie und Lithostratigraphie der untersuchten Bohrungen.

Fig. 3: Geology and lithostratigraphy of the wells investigated.



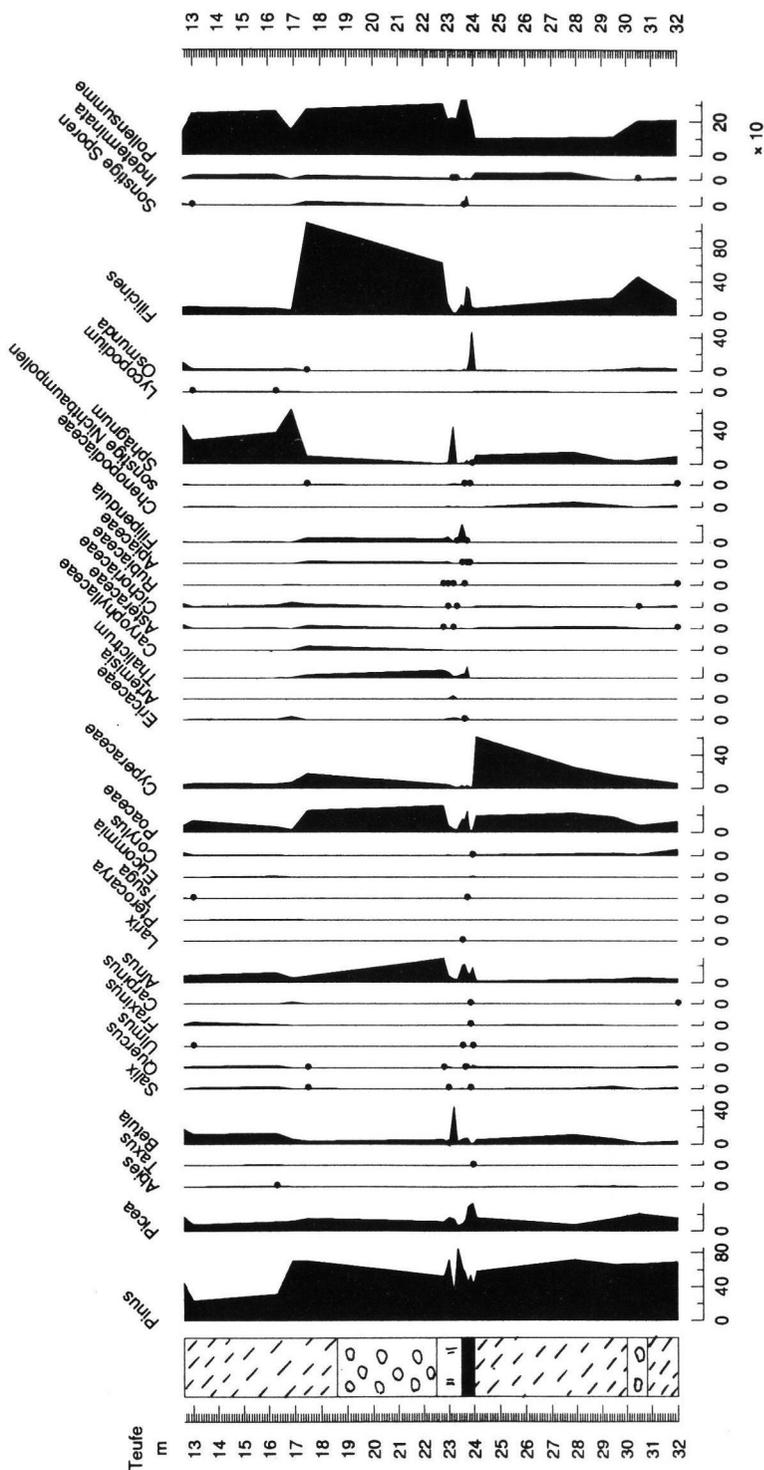
pinus, *Quercus* und *Ulmus*. Dies belegt wohl einen deutlichen Einschnitt im Klima- und Vegetationsablauf: Das Klimaoptimum ist überschritten. Die Bildung borealer Nadelwälder wird begünstigt. Das Ende der Warmzeit markieren die Anstiege der *Betula*- und Gramineen-Kurven. Die *Pinus*-Quoten werden stetig geringer. Es bildet sich die Tundravegetation eines Stadials, das jedoch nicht durch hangende Moränensedimente belegt wird, da das Profil eine Schichtlücke bis zur frühsaalezeitlichen Mittelterrasse aufweist. Eine Parallelisierung mit pleistozänen Pollenprofilen andernorts ist auch hier schwierig. Sicher ist zunächst das unterpleistozäne Alter aufgrund der deutlichen Anteile unterpleistozäner Gattungen, insbesondere *Tsuga* und *Pterocarya*. Derartig deutliche *Tsuga*-Anteile wie in Bad Oeynhaus-Babbenhausen sind sonst nur aus vorcromerzeitlichen Profilen bekannt, doch lassen sich die hier vorgefundenen Verhältnisse nicht mit entsprechenden Abschnitten der Bohrung Mosebeck parallelisieren, wo das Unterpleistozän zweifelsfrei vorhanden ist. Insbesondere fehlt in Bad Oeynhaus-Babbenhausen eine ausgeprägte *Carpinus-Tsuga*-Zone, zum anderen erreicht *Pterocarya* hier weitaus höhere Werte.

Abgesehen davon stimmen Details dieses Profils mit cromerzeitlichen Profilen der weiteren Umgebung, etwa Hunteburg bei Osnabrück (HAHNE et al. 1994) oder Sohlingen im Solling (HOMANN & LEPPER 1994), überein. So spielt *Abies* eine beträchtliche Rolle; *Taxus* ist gut vertreten. Der EMW ist deutlich repräsentiert; insbesondere *Tilia* erreicht relativ hohe Werte. *Ulmus* breitet sich relativ früh, *Corylus* hingegen gegenüber dem EMW verzögert aus.

In der bei DEUTLOFF (1995b: 71, 160) lithologisch ausführlich beschriebenen Rammkernbohrung

Abb. 4: Pollendiagramm eines unterpleistozänen Abschnitts in der Bohrung Mosebeck. Schwarze Punkte markieren Pollenprozent unter 2%.

Fig. 4: Pollen diagram of lower Pleistocene age in the well Mosebeck. Black dots indicate pollen percentages below 2%.



mit ihnen sind auch deshalb schwierig, da der untersuchte Abschnitt der Bohrung Exter nur einen früh- oder spätwärmezeitlichen Abschnitt repräsentiert. Mögliche Parallelen ergeben sich im Vergleich mit höheren Abschnitten des Profils in Sohlingen, die sich ebenso durch dominierende winterharte Gehölze und geringe Anteile thermophiler Gattungen sowie von *Eucommia* und *Pterocarya* auszeichnen.

3.4 Elster-Kaltzeit

Die bisher beschriebenen waal- bis cromerzeitlichen Sedimentfüllungen von Subrosionssenken dokumentieren ganz lokale geologische Vorgänge innerhalb der pleistozänen Entwicklungsgeschichte des Weserberglandes. Zu Beginn des Elsters veränderte dann der erste Inlandeisvorstoß aus Skandinavien die mitteleuropäische Landschaft grundlegend, indem flächenhaft Staubecken-, Schmelzwasser- und Gletscherschuttsedimente abgelagert wurden.

Aus dem mitteldeutschen Hauptverbreitungsgebiet mit seinen ausgedehnten Tagebauaufschlüssen liegen darüber moderne zusammenfassende Darstellungen von EISSMANN (1994) und KNOTH (1995) vor. Für die vorliegende Arbeit ist der dortige Befund wichtig, daß die elsterzeitlichen Grundmoränen außer in Rinnen auch in Subrosionssenken Mächtigkeiten bis 70 m erreichen (KNOTH 1995: 154). Östlich des Untersuchungsgebietes verläuft in Südniedersachsen gemäß der genannten Übersichtskarte die Außengrenze der Elstervereisung vom Leinebergland nördlich Norheim (Subrosionssenke von Ahlshausen (JORDAN & SCHWARTAU 1993) durch das Wesertal zwischen Bodenwerder und Hameln (Weserlaufverlegung, ROHDE 1994) in das Emmertal bis zur Landesgrenze bei Lügde. Diese Aussage widerspricht den Erkenntnissen

Abb. 6: Pollendiagramm der Bohrung Exter. Schwarze Punkte markieren Pollenprozentage unter 2%.
 Fig. 6: Pollen diagram of the well Exter. Black dots indicate pollen percentages below 2%.

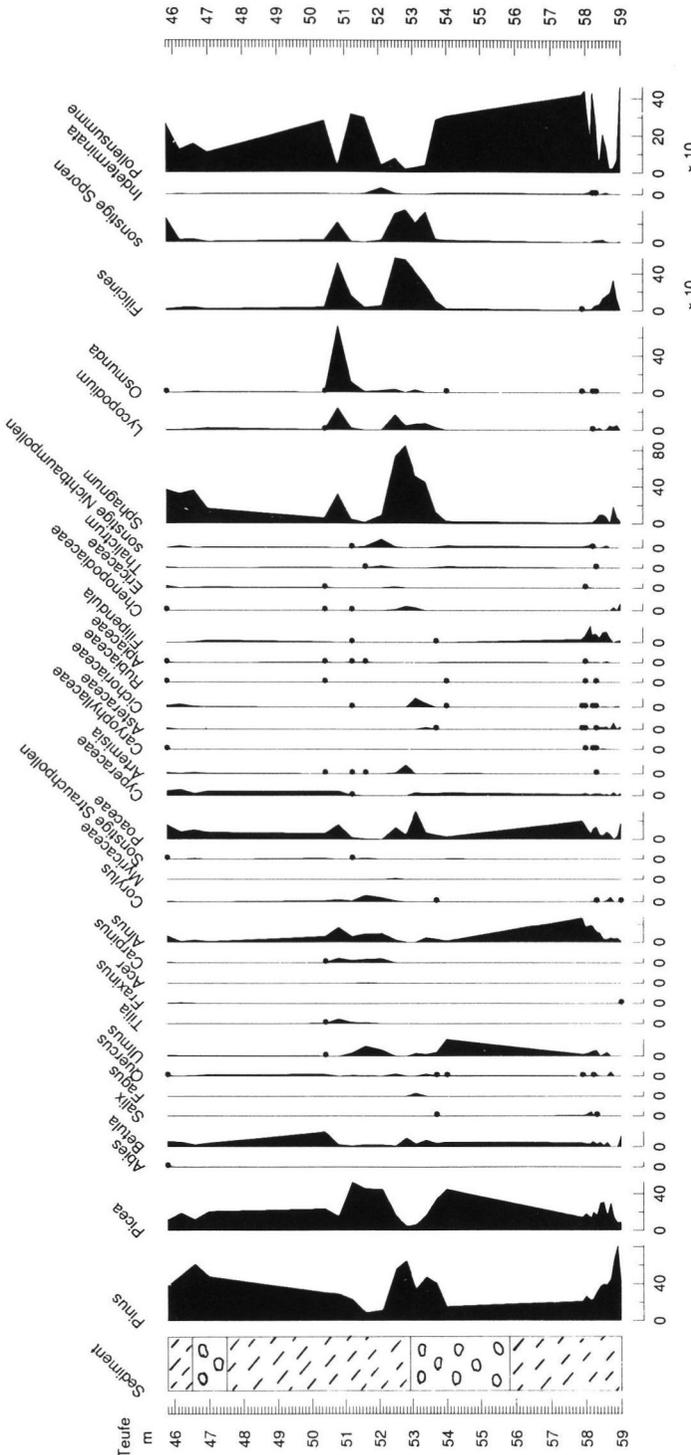


Abb. 7: Pollendiagramm eines holsteinzeitlichen Abschnitts in der Bohrung Iggenhausen. Schwarze Punkte markieren Pollenprozentage unter 2%.

Fig. 7: Pollen diagram of Holsteinian age in the well Iggenhausen. Black dots indicate pollen percentages below 2%.

von SKUPIN, SPEETZEN & ZANDSTRA (1993: 68), wonach in Nordrhein-Westfalen stratigraphisch gesicherte elsterzeitliche Moränenvorkommen fehlen.

Möglicherweise könnten sich im Verbreitungsgebiet der saalezeitlichen Vereisung südlich des Weser- und Wiehengebirges (Abb. 2) glazigene Gesteine des Elsters nicht oberflächlich, aber in den Sedimentfallen der Subrosionssenken erhalten haben. Allerdings blieb trotz intensiver Bohrtätigkeit bis 1995 der Nachweis elsterzeitlichen Geschiebemergels auf nicht eindeutige Befunde in Subrosionssenken des Blattgebietes 3918 Bad Salzuflen beschränkt (JÄGER in KNAUFF 1978: 56, DEUTLOFF 1995b: 73).

Im Jahre 1995 wurden in der Subrosionssenke Mühlenhof Möllbergen (Blattgebiete 3719 Minden und 3819 Vlotho) rund 6 km südlich der Porta Westfalica durch die Spülbohrung Mühlenhof 1995 (Abb. 3 Nr. 6) zwei Geschiebemergel erschlossen, die durch 23 m Sediment voneinander getrennt werden. Der obere entkalkte Geschiebemergel wird von Vorschüttkies-sand, Beckenton und 7 m mächtigen, siltigen Abschwemm-Massen unterlagert, die dem Drenthe-Stadium zugeordnet werden können. Im Liegenden folgt ein 11 m mächtiger, kalkhaltiger, bunter Kies-sand, der Muschelkalk-Gerölle des wenige km südlich gelegenen Kall-dorfer Sattels enthält. Er ist außerhalb der Subrosionssenke in einer Bachuferböschung aufgeschlossen und wurde von RÖHM (1985) als Mittelterrassenkörper einer „Ur-Kalle“ identifiziert, die von Süden her dem damaligen Weserlauf zu-floß.

Der unterlagernde untere Geschiebemergel ist ein 4 m mächtiger hell- bis dunkelgrauer, nach unten zunehmend kalkreicherer stark sandiger, toniger Silt mit nordischen Geschieben. Bis zur Quartär-

Basis folgt ein 2 m mächtiger, dunkelgrauer, stark kalkhaltiger Vorschüttkiessand, der ebenfalls nordisches Material enthält. Nach den Kriterien von KALTWANG (1992: 13) ist damit der untere Geschiebemergel als Grundmoräne des Elsters anzusprechen. Dieser vermutlich erste in-situ-Nachweis einer elsterzeitlichen Grundmoräne südlich der Porta Westfalica bedarf sicherlich ergänzender Untersuchungen (Kernbohrungen).

In dieses Bohrergebnis fügt sich der Fund einer isolierten Geschiebemergel-Scholle mit einer für das Elster typischen Geschiebezusammensetzung in der drenthezeitlichen Kame-Terrasse bei Möhlenbeck (Blatt 3820 Rinteln, R 01300, H 81000) ein (WELLMANN 1990).

3.5 Holstein-Warmzeit

Nach dem Ende des Elsters wurden in einigen Subrosionssenken Ostwestfalens erneut humose, pollenführende, siltig-tonige Sedimente abgelagert. Einen ersten palynologischen Nachweis des Holsteins lieferte bei der Neubearbeitung des Blattes 3918 Bad Salzuflen die Kernbohrung Holzhausen 1970 des Geologischen Landesamts NRW in der gleichnamigen Subrosionssenke (Abb. 2 Nr. 13) (Pollenanalyse durch H.-W. REHAGEN). Sie erschloß eine 15,5 m mächtige Wechselfolge von Niedermoortorf, Tongyttja, dunkelgrauem humosem Ton und Kiessand (KNAUFF 1978: 57,119).

In der Subrosionssenke Iggenhausener Wald in Lage-Pottenhausen durchteufte die Rammkernbohrung Iggenhausen 1989 (Abb. 3 Nr. 3) unter der rund 8 m mächtigen Grundmoräne des Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit 47,7 m Abschwemm-Massen. Diese bestehen zu über 60 % aus kalkhaltigem, stark tonig-sandigem Fein- und Mittelkies mit einem Geröllbestand aus Teutoburger-Wald-Gesteinen ohne nordische Komponente. Aus den eingelagerten, stark humosen Silten und Tonen zwischen 44 und 58 m Teufe konnte eine Pollenflora isoliert werden, die gleichförmig von *Pinus* und *Alnus* beherrscht wird (Abb. 7). *Picea* zeigt ein ausgesprochenes Maximum. Der EMW ist bis auf *Quercus*, deren Kurve fast geschlossen ist, bedeutungslos. Ebenso verhält es sich mit *Corylus*, *Abies* und *Carpinus*. Diese Charakteristika sprechen für eine Einstufung in die Holstein-Warmzeit. Die vorgefundenen Gegebenheiten lassen sich gut mit denen des Profils Munster-Breloh in der Lüneburger Heide (H. MÜLLER 1974) vergleichen.

In der Subrosionssenke Nordbahnhof Bad Oeynhaus, Blatt 3718 Bad Oeynhaus, lieferten

1983 ein Baugrubenaufschluß und 1994 die ingenieurgeologische Kernbohrung Nordbahnhof 1994 (Abb. 3 Nr. 7) ein gesichertes pollenstratigraphisches Profil dieser Warmzeit. Die Bohrung durchteufte unter Vorschüttsand des Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit rund 18 m humosen Silt, in den geringmächtige Feinsande und Tone eingeschaltet sind. Der palynologische Befund spricht für eine Einstufung in das Holstein. Neben dominierenden Kiefern- und Birkenanteilen sind vor allem hohe Haselanteile sowie der Nachweis jungtertiärer Florenelemente wie *Pterocarya* und *Nyssa* markant.

3.6 Saale-Kaltzeit

In der Saale-Kaltzeit kam es zu mindestens zwei Vorstößen des nordeuropäischen Inlandeises während des Drenthe- und des Warthe-Stadiums. Diese sind durch die Vorselaer-Wärmeschwankung voneinander getrennt. Ins ostwestfälische Untersuchungsgebiet gelangte nur der Drenthe-Vorstöß, dessen äußerste Reichweite nach SERAPHIM (1972) und den Neukartierungen des Geologischen Landesamts Nordrhein-Westfalen in Abbildung 2 dargestellt wird.

Zu Beginn der Saale-Kaltzeit verstärkte sich als Auswirkung des Periglazialklimas die mechanische Verwitterung der mesozoischen Festgesteine, und ihr Schutt wurde in den während der Elster-Kaltzeit stark eingetieften Tälern in der Position von Mittelterrassen abgesetzt. Diese Kiepsandkörper wurden später durch den Vorschüttand des heranrückenden Gletschers überdeckt und anschließend von diesem überfahren, so daß die Terrassenkonturen verwischt wurden und das Gesteinsmaterial sich mit den glazigenen Sedimenten vermengte. In den Seitentälern der Weser blieb der frühdrenthezeitliche Mittelterrassenkörper lediglich in Sedimentfallen erhalten.

So wurde ein zeitweiliger Werrelauf von Bad Salzuflen über Exter, Babbenhausen und Rehme zur damaligen Weser in den Subrosionssenken von Steinbeck-Loose, Exter-Kruthede, Babbenhausen und Großer Weserbogen anhand seines Geröllanteils an Teutoburger-Wald-Gesteinen identifiziert (LOHSE 1988, DEUTLOFF 1995b:74).

In der Subrosionssenke von Babbenhausen (Blatt 3719 Minden) kam im Hangenden dieser Werre-Mittelterrasse sogar Niedermoortorf mit Holzresten zur Ablagerung, der jedoch nur eine nicht datierbare boreale Pollenflora enthielt. Als älteste glazigene Ablagerung des Drenthe-Stadiums blieben in dieser Senke feingeschichtete Beckensilte

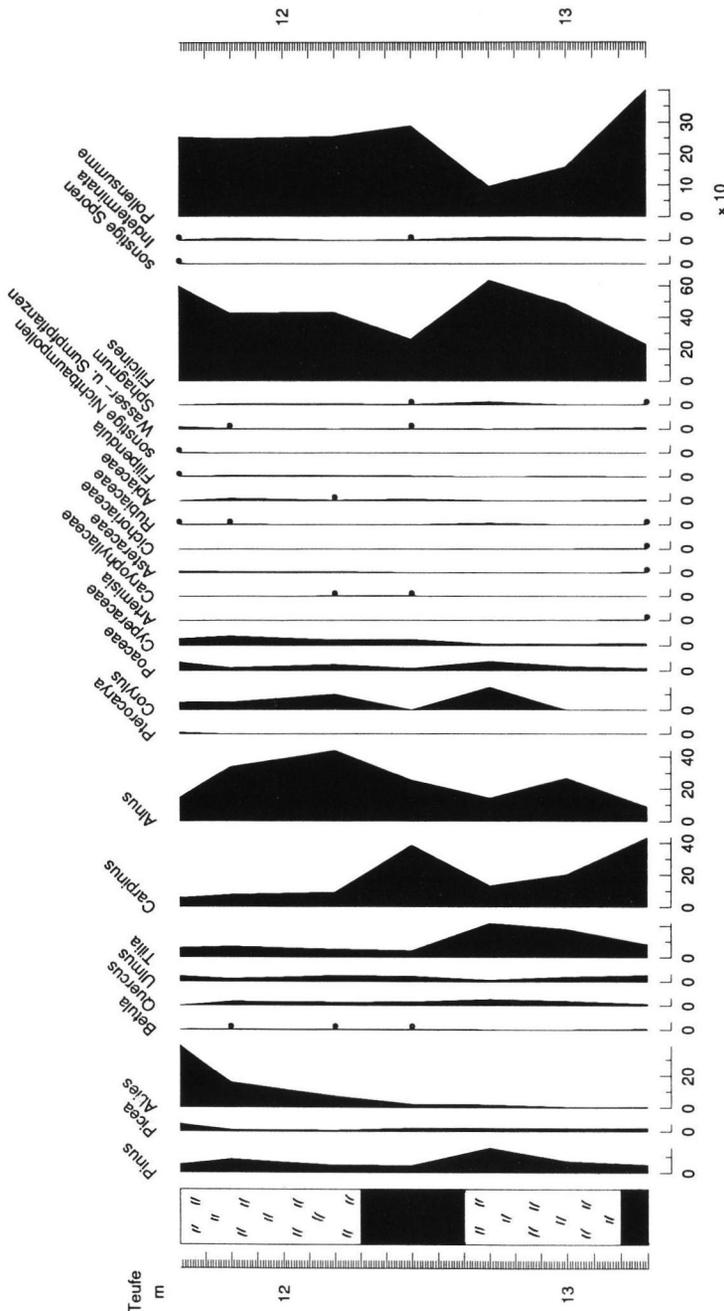


Abb. 8: Pollendiagramm des eemzeitlichen Abschnitts im Profil Ziegelei Bergmann. Schwarze Punkte markieren Pollenprozent unter 2%.

Fig. 8: Pollen diagram of Eemian age in the section Brickyard Bergmann. Black dots indicate pollen percentages below 2%.

des sogenannten Rintelner Eisstauseesystems erhalten (KULLE 1985, LOHSE 1988), über denen geringmächtiger Vorschüttungsand und Geschiebemer-

gel folgen. Im Blattgebiet 3818 Herford erschloß die kombinierte Schuppen- und Kernbohrung Steinbeck 1976 (Abb. 3 Nr. 8) in der Subrosionssenke von Steinbeck-Loose die mit 65 m bisher mächtigste und vollständigste in Ostwestfalen erbohrte drenthezeitliche Schichtenfolge, näher beschrieben bei DEUTLOFF (1995b: 162). In dieser Senke folgte danach die Auslaugung des Zechsteinsalzes während der Saale-Kaltzeit, wie es beispielsweise DUPHORN (1986: 113) für den Salzstock Gorsleben in Niedersachsen beschrieben hat.

3.7 Eem-Warmzeit

Ablagerungen aus der Eem-Warmzeit innerhalb des drenthezeitlichen Vereisungsgebiets lassen sich nicht nur durch ihre charakteristische Pollenflora, sondern auch durch ihre Position im Hangenden der glazigenen Sedimente sowie eine markante nordische Komponente in ihrer Kiesfraktion identifizieren, jedoch sind Tagesaufschlüsse im Weserbergland sehr selten. Nur zwei derartige pollenanalytisch datierte Schichtenfolgen wurden bisher beschrieben, nämlich der Steiluferaufschluß an der Werre bei Nienhagen, Blatt 4018 Lage (SCHÜTRUPF 1980: 70) sowie eine geringmächtige Abfolge von Torf, Mudde und humosem Silt über drenthestadialen Sedimenten in einer Sandgrube östlich Buer, Blatt 3716 Melle (MEYER K.-D. & MEYER, K.-J. 1992: 81). Kernbohrungen, die 1996 abgeteuft worden waren, erbrachten den Nachweis, daß der erstgenannte Aufschluß in einer Subrosionssenke (Subrosionssenke von Nienhagen, Abb. 2 Nr. 16) gelegen ist, deren mindestens 26 m mächtige Abschwemm-Massen auch holsteinzeitliche und unterpleistozäne Sedimente enthalten (MANTHEY 1997).

Günstigere Erhaltungsbedingungen boten wiederum die Sedimentfallen der Auslaugungssenken. Die wichtigste ist diejenige der Ziegelei

Bergmann in Kalletal-Hohenhausen (Blatt 3819 Vlotho), die im Grenzbereich der drenthezeitlichen Vereisung liegt. In dieser Ziegeleitongrube wurde zur Zeit der Erstkartierung ein dunkelgrauer zäher, humoser Ton mit Torflagen abgebaut, den NAUMANN (1922) als terrestrisches, Braunkohlen führendes Miozän ansprach. Durch neuere Untersuchungen wurde die Schichtenfolge als Pleistozän-Füllung einer Auslaugungssenke erkannt, und 1989 lieferten zwei Schuppenbohrungen für Grundwassermeßstellen geeignetes Probenmaterial für die Pollenanalyse. Das knapp 7 m mächtige torfhaltige bis humose Profil (Abb. 3 Nr. 9) mit siltigen sowie sandig-kiesigen Partien zeigt eine Florenabfolge des ausgehenden Eems (Abb. 8). Der anfangs dominierende Eichenmischwald, in dem auch *Carpinus* stockte, wurde infolge einer Klimaabkühlung durch Nadelgehölze (*Pinus*, *Abies*) in zunehmendem Maße verdrängt. Typisch für das Eem sind auffallend hohe *Tilia*-Anteile im Eichenmischwald sowie hohe *Abies*-Quoten unter den Nadelgehölzen.

Weder die sandig-kiesigen Lagen innerhalb des eemzeitlichen Profils noch der geringmächtige Keuper-Kies der unterlagernden Westerkalle-Mittelterrasse enthalten allerdings nordische Gesteine.

Innerhalb des drenthezeitlichen Vereisungsgebiets liegt die Subrosionssenke Großer Weserbogen (Blatt 3719 Minden), die 1987 durch eine kombinierte Spül- und Rammkernbohrung erkundet wurde, nachdem bei der Naßauskiesung dort eine extrem hohe Mächtigkeit der Weser-Niederterrasse angetroffen worden war. Die Bohrung Großer Weserbogen 1987 (Abb. 3 Nr. 10) erschloß im Liegenden der 28 m mächtigen Hochflut- und Niederterrasenablagerung 15,8 m überwiegend siltig-tonige, humose, jedoch kalkhaltige bis kalkreiche Abschwemm-Massen, die nur in den obersten 4 m eine ausreichend repräsentative Pollenflora lieferten: aus 28,50 m Teufe ein Pollenspektrum der Kiefern-Zeit, aus 31,9 m Teufe ein solches der Kiefern-Fichten-Tannen-Zeit innerhalb des Eems (Bearb.: H.-W. REHAGEN Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Die Pollengemeinschaften können mit den Zonen VII und VI des Profils von Rederstell in Dithmarschen, Schleswig-Holstein (MENKE & TYNNI 1984) parallelisiert werden.

Die Geröllanalyse der eingeschalteten Kiese ergab eine starke Vormacht von Weserberglandgesteinen (74-90 %) vor nordischen (bis 18 %), während Material des Wesertals fehlte (LOHSE 1988). Dieses Ergebnis stützt die pollenstratigraphische Datierung.

3.8 Weichsel-Kaltzeit

Während des Weichsels gehörte das Untersuchungsgebiet zum Periglazialbereich weit südlich des Eisrandes. In den Tälern sedimentierten Kiese und Sande der Niederterrassenkörper. Weitflächig wurde siltig-feinsandiger Löss aufgeweht, und in den Hanglagen bildeten sich Fließerdien aus pleistozänen Lockergesteinen und Festgesteinsschutt. Nach den bisherigen Bohrbefunden im Untersuchungsgebiet entstanden keine Subrosionssenken neu, doch senkten sich einige bereits vorhandene erneut ein und wurden mit Sediment gefüllt. Dabei entstanden vor allem besonders mächtige Schotterkörper der Niederterrassen im Weser- und Werretal.

In der Subrosionssenke Großer Weserbogen wurde 23,0 m mächtiger Niederterrassen-Kies erbohrt: Zuunterst lagert 8,0 m sandiger Fein- bis Grobkies mit Lagen von tonigem Silt, darüber folgen 8,0 m feinkiesiger Mittelkies und schließlich 7,0 m sandiger Fein- und Mittelkies. Nur die beiden oberen Abschnitte weisen einen deutlichen Kalkgehalt auf. Im Geröllspektrum herrschen Buntsandstein und paläozoisches Material des Wesertals gegenüber mesozoischen Gesteinen des Weserberglands vor, der Anteil nordischer Geschiebe schwankt zwischen 3 und 9 % (LOHSE 1988).

Die Niederterrassen-Mächtigkeit im Großen Weserbogen ist zwar die größte bisher im nordrhein-westfälischen Abschnitt des Wesertals zwischen Rinteln und Porta Westfalica nachgewiesene, doch wird sie von der Füllung einer ausgedehnten Subrosionssenke im Raum Hameln in Niedersachsen weit übertroffen. Dort und weseraufwärts bis Bad Karlshafen sind entsprechende Untersuchungen derzeit im Gang (J. LEPPER und W. THIEM, mdl. Mitt.).

In der Subrosionssenke Schlachthof Bad Oeynhaus werden die bavelzeitlichen Abschwemm-Massen von 14,8 m Fein- bis Grobsand mit eingeschalteten dünnen Kieslagen der Werre-Niederterrasse überlagert, die dort ihre größte bisher im Stadtgebiet bekanntgewordene Mächtigkeit besitzt. Im Geröllspektrum herrschen heimische Gesteine aus Weserbergland und Teutoburger Wald gegenüber nordischen wiederum stark vor, doch erreichen letztere jeweils Anteile zwischen 13 und 20 % (LOHSE 1988).

Am Nordrand des Werretals wurden in der wohl eemzeitlich eingesunkenen Subrosionssenke Blutwiese in Löhne-Gohfeld (Abb 2 Nr. 14) zwischen zwei Niederterrassen-Kieskörpern und im Liegenden davon pollenführende Silte und Tone

erbohrt (HENKE 1990), die nach H.-W. REHAGEN (unveröff. Bericht Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) wahrscheinlich dem Odderade- bzw. dem Moershoofd-Interstadial des Weichsel-Frühglazials zuzuordnen sind.

Weichselzeitlicher Löß fand sich in der für das Blattgebiet 3818 Herford maximalen Mächtigkeit zwischen 7,6 und 8,6 m in den Subrosionssenken von Hollwiesen-Horst und Steinbeck-Loose (DEUTLOFF 1995b: 88).

4. Ergebnis

Mit den beschriebenen Schichtenfolgen aus 10 Subrosionssenken werden erstmals die aus diesen Sedimentfallen gewonnenen neuen Erkenntnisse über die geologische Geschichte Ostwestfalens während des Pleistozäns im Zusammenhang vorgestellt. Diesen Ereignissen ging in den ältesten Subrosionssenken eine langfristige tertiärzeitliche Entwicklung voraus, die beispielsweise in der Senke Kurpark Vlotho, Blatt 3819 Vlotho (Abb. 2 Nr. 11), im Unteroligozän begann (DEUTLOFF 1995a). Andererseits dauerten die Senkungs-bewegungen in einigen Strukturen auch während des Holozäns an oder setzten nach Ende des Weichsels von neuem ein, so in den Subrosionssenken von Exter-Krutheide und Steinbeck-Loose, Blatt 3818 Herford (DEUTLOFF 1995: 91 u. Tab. 11) beziehungsweise Hücker Moor, Blatt 3817 Bünde (FREUND 1994).

Aus den gewonnenen Erkenntnissen läßt sich folgern, daß

1. die Subrosion in Ostwestfalen spätestens zu Beginn des Oligozäns einsetzte und das gesamte jüngere Tertiär und das Quartär hindurch andauerte, allerdings mit unterschiedlicher Intensität.
2. in den Subrosionssenken die Abschwemm-Massen fast ausschließlich im limnisch-fluviatilen Milieu sedimentiert wurden. Nur selten kam es zum Aufwuchs von Niedermooren während Ruhepausen der Absenkung. Daher schwankt der Anteil organischen Materials in den Sedimenten innerhalb weiter Grenzen, wodurch die pollenanalytische Altersbestimmung allzuoft stark eingeschränkt wird.
3. das pleistozäne Subrosionsgeschehen seinen Höhepunkt während des Cromer-Komplexes erreichte.
4. entgegen einer früher verbreiteten Meinung die Subrosionsprozesse auch während der pleistozänen Kaltzeiten andauerten, wie das Beispiel der Bohrung Steinbeck 1976 für die Saale-Zeit be-

weist. Um so auffälliger ist die Abwesenheit glazigener Ablagerungen aus der vorangegangenen Elster-Kaltzeit in sämtlichen ostwestfälischen Subrosionssenken außer derjenigen von Mühlenhof Möllbergen nahe der Porta Westfalica.

5. der Nachweis oberpleistozäner Sedimente in Subrosionssenken des Weser- und Kalletals eine Nordwanderung der Subrosionsvorgänge anzudeuten scheint, doch fehlen für eine zuverlässige Aussage noch entsprechende Untersuchungen im südlichen Weser- und Wiehengebirgsvorland.

Danksagung

Da die meisten der beschriebenen Forschungsbohrungen durch das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen ausgeführt wurden, waren an deren Bearbeitung zahlreiche Kolleginnen und Kollegen beteiligt, denen hiermit gedankt sei. Besonders erwähnt sei Herr Dipl.-Ing. J. ROTHER, der bei den Bohrungsbearbeitungen tatkräftig und zuverlässig mitwirkte.

Prof. Dr. GRÜGER/Göttingen sei für palynostratigraphische Diskussionsbeiträge herzlich gedankt.

5 Schriftenverzeichnis

- BECKER, L. (1975): Das Vahlhäuser Senkungsfeld, eine mittelpleistozäne Subrosionssenke im Meinberger Graben (östlich Detmold). - N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **150**: 373 - 388, 3 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- BENDA, L.; GAERTNER, H. R. VON; HERRMANN, R.; LÜTTIG, G.; STREIF, H.; WUNDERLICH, H. G. (1968): Känozoische Sedimente in tektonischen Fallen und Subrosionssenken in Süd-Niedersachsen. - Z. dt. Geol. Ges., **117**: 713 - 726, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- BENNET, K. D. (1994): PSIMPOLL version 2.23: a C program for analysing pollen data and plotting pollen diagrams. - Newsl. INQUA Working Group Data Handling Methods, **11**: 1-3; Oxford.
- CASPERS, G.; JORDAN, H.; MERKT, J.; MEYER, K.-D.; MÜLLER, H.; STREIF, H. (1995): Niedersachsen. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 23 - 58, 9 Abb., 1 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger). - [Internat. Kongr. Quart.-Vereinig. <4., 1995, Berlin>].
- DEUTLOFF, O. (1995a): Forschungsbohrung Kurpark Vlotho 1993. - In: Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben. Tätigkeitsbericht 1993/94: 89 - 91, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover (Niedersächsisches Landesamt Bodenforschung).
- (1995b), mit Beitr. von DUBBER, H.-J.; JÄGER, B.; MICHEL, G.; VIETH-REDEMANN, A.: Erläuterungen zu Blatt 3818 Herford. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **3818**, 2. Aufl.: 182 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- KÜHN-VELTEN, H.; MICHEL, G.; SKUPIN, K. (1982): Erläuterungen zu Blatt C 3918 Minden. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:100 000, Erl., C **3918**: 80 S., 17 Abb., 2 Tab.; Krefeld.

- KÜHN-VELTEN, H.; MICHEL, G. (1986): Erläuterungen zu Blatt C 3914 Bielefeld. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:100 000, Erl., C **3914**: 104 S., 19 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- DUPHORN, K. (1986): Das subrosive Sicherheitsrisiko bei der geplanten Endlagerung von radioaktiven Abfällen im Salzstock Gorleben aus quartärgeologischer Sicht. - Z. dt. geol. Ges., **137**: 105-120, 5 Abb.; Hannover.
- EISSMANN, L. (1994): Grundzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Südbrandenburg, Thüringen). - Altenburger naturwiss. Forsch., **7**: 55 - 135, 35 Abb., 5 Tab., 12 Taf.; Altenburg.
- FAEGRI, K.; IVERSEN, J. (1993): Bestimmungsschlüssel für die nordwesteuropäische Pollenflora. - 85 S., 453 Abb.; Jena.
- FARRENSCHON, J. (1986), mit Beitr. von DAHM-AHRENS, H.; MICHEL, G., VÖGLER, H.: Erläuterungen zu Blatt 4019 Detmold. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25 000, Erl., **4019**, 2. Aufl.: 172 S., 13 Abb., 15 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- (1995a): Loam pit „Bergmann“ in Blomberg-Hochedömsen. - In: SCHIRMER, W. [Hrsg.]: Quaternary field trips in Central Europe. **1**; Regional field trips 10: Central Upland Margin Traverse, Stop **26**: 586 - 587, 1 Abb.; München (Pfeil-Verl.).
- (1995b), mit Beitr. von HOFFMANN, M.; MICHEL, G.; WARSTAT, M.: Erläuterungen zu Blatt 4020 Blomberg. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25 000, Erl., **4020**, 2. Aufl.: 155 S., 9 Abb., 13 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- (1998), mit Beitr. von BETZER, H.-J.; JÄGER, B.; MICHEL, G.: Erläuterungen zu Blatt 3919 Lemgo. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 25 000, Erl., **3919**, 2. Aufl.: 150 S., 8 Abb., 10 Tab., 1 Taf.; Krefeld.
- (1998): Ursachen und Folgen großräumiger Hohlraumbildungen durch Salinar karst und Salzabwanderung im tiefen Untergrund des Lippischen Berglandes. - Lippische Mitt. Gesch. u. Landeskd., **67**: 283-308, 7 Abb., 3 Tab.; Detmold.
- FREUND, H. (1994): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsentwicklung im westlichen Weserbergland. - Abh. Westf. Mus. Naturkd., **56**: 3-103, 35 Abb., 6 Tab.; Münster.
- FROMM, K. (1994): Paläomagnetische Bestimmungen an Quartärsedimenten in Nordwest-Deutschland. - Geol. Jb., A, **134**: 229 - 257, 13 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN [Hrsg.] (1986): Tätigkeitsbericht 1984 bis 1985. - 86 S., 71 Abb., 12 Tab.; Krefeld.
- HAHNE, J.; MENGELING, H.; MERKT, J.; GRAMANN, F. (1994): Die Hunteburg-Warmzeit („Cromer-Komplex“) und Ablagerungen der Elster-, Saale- und Weichsel-Kaltzeit in der Forschungsbohrung „Hunteburg GE 58“ bei Osnabrück. - Geol. Jb., A, **134**: 117 - 165, 21 Abb., 4 Tab.; Hannover.
- HENKE, J.-H. (1990): Die Niederterrassenablagerungen der Werre in der Flur „Blutwiese“, Löhne-Gohfeld. - Ber. naturwiss. Ver. Bielefeld, **31**: 71 - 83, 4 Abb., 1 Tab.; Bielefeld.
- HERRMANN, R. (1968): Auslaugung durch aufsteigende Mineralwässer als Ursache von Erdfällen bei Bad Pyrmont. - Geol. Jb., **87**: 265 - 284, 8 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- (1972): Über Erdfälle äußerst tiefen Ursprungs (Die „Wolkenbrüche“ bei Trendelburg und die „Meere“ bei Bad Pyrmont). - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **100**: 177 - 193, 5 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.
- HOMANN, M.; LEPPER, J. (1994): Das Cromer-Profil von Sohlingen (Süd-Niedersachsen). - Geol. Jb., A, **134**: 211 - 228, 5 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- JORDAN, H.; SCHWARTAU, W. (1993): Das Lösprofil von Ahlshausen und weitere tiefe Quartäraufschlüsse entlang der Bundesbahn-Neubaustrecke bei Northeim, Südniedersachsen. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **43**: 110 - 122, 9 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- KALTWANG, J. (1992): Die pleistozäne Vereisungsgrenze im südlichen Niedersachsen und im östlichen Westfalen. - Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover, **33**: 161 S., 7 Abb., 38 Tab., 49 Kt.; Hannover.
- KLOSTERMANN, J. (1995): Nordrhein-Westfalen. - In: BENDA L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 59 - 94, 6 Abb., 8 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger). - [Internat. Kongr. Quart.- Vereinig. <4., 1995, Berlin>].
- KNAUFF, W. (1978); mit Beitr. von DEUTLOFF, O.; JÄGER, B.; MICHEL, G.; WILL, K.-H.: Erläuterungen zu Blatt 3918 Bad Salzflufen. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25 000, Erl., **3918**, 2. Aufl.: 143 S., 17 Abb., 18 Tab., 5 Taf.; Krefeld.
- KNOTH, W. (1995): Sachsen-Anhalt. - In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 148 - 170, 5 Abb., 4 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger). - [Internat. Kongr. Quart.- Vereinig. <4., 1995, Berlin>].
- KULLE, S. (1985): Drenthestadiale (pleistozäne) Staubeckensedimente und ihr Lagerungsverband in zwei Aufschlüssen im Wesertal zwischen Rinteln und Hameln. - Dipl.-Arb. Univ. Hannover: 82 S., 18 Abb., 8 Tab., 4 Taf., 3 Anl.; Hannover. - [Unveröff.]
- LOHSE, D. (1988): Quartärgeologische Auswertung von Flachbohrungen im Raum Bad Oeynhausens - Vlotho, mit einer Kartierung am Westhang des Buhn. - Dipl.-Arb. u. -Kart. Univ. Hannover: 58 S., 11 Abb., 3 Tab., 30 Prof. im Anh., 2 Prof. u. 2 Kt. in Anl.; Hannover. - [Unveröff.]
- LÜTTIG, G. (1969): Abnorme Quartärprofile im nordwestdeutschen Bergland. - Geol. Jb., **88**: 13 - 34, 5 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- MANIA, D. (1967): Das Jungquartär aus dem ehemaligen Ascherslebener See im Nordharzvorland. - Petermanns geogr. Mitt., **111**: 257 - 273, 11 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Gotha, Leipzig.
- MANTHEY, S. (1997): Quartärgeologische Kartierung westlich von Detmold zwischen Werre und Teutoburger Wald. - Dipl.-Kart. Univ. Münster: VII+62 S., 20 Abb., 4 Tab., 4 Anl., Anh.; Münster. - [Unveröff.]
- MENKE, B. (1975): Vegetationsgeschichte und Florenstratigraphie Nordwestdeutschlands im Pliozän und Frühquartär. Mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des Weichselfrühglazials. - Geol. Jb., A, **26**: 3 - 151, 9 Abb., 3 Tab., 8 Taf.; Hannover.

- TYNNEI, R. (1984): Das Eeminterglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstall/Dithmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung. - *Geol. Jb.*, A **76**: 3-120, 18 Abb., 7 Tab., 9 Taf.; Hannover.
- MESTWERDT, A. (1951): Zur Entstehung des Hücker Moores. - *Festschr. z. 800-Jahrfeier der Gemeinden Hücker - Aschen, Kreis Herford, 1951*: 7 S.; Herford.
- MEYER, K.-D.; MEYER, K.-J. (1992): Das Eem-Interglazial von Buer bei Melle/Osnabrück. - *Osnabrücker naturwiss. Mitt.*, **18**: 81 - 90, 5 Abb., 1 Tab.; Osnabrück.
- MOORE, P. D.; WEBB, J. A. COLLINSON, M. E. (1991): *Pollen Analysis*. - 216 S.; Oxford.
- MÜLLER, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. - *Geol. Jb.*, A **21**: 107 - 140, 10 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- NAUMANN, E. (1922): Erläuterungen zu Blatt Vlotho. - *Geol. Kt. Preußen u. benachb. B.-Staaten 1*: 25 000, Erl., **3819**: 54 S., 1 Abb.; Berlin.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1995): *Quartärgeologische Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen 1 : 500 000*. - Bearb. HINZE C.; HÖFLE, H.-C.; JORDAN, H.; MENGE- LING, H.; MEYER, K.-D. (Redaktion), ROHDE, P.; STREIF, H.; Hannover.
- REHAGEN, H.-W. (1980): Pollenanalytische Untersuchungsergebnisse aus dem Pleistozän in Ostwestfalen-Lippe. - *Westf. geogr. Stud.*, **36**: 57 - 64, 2 Tab.; Münster/Westf. [Tagung Arb.-Gem. Nordwestdeutscher Geologen <46., 5.-8.Juni 1979, Münster>].
- RÖHM, H. (1985): Bau und Zusammensetzung Saale-Eiszeitlicher Sedimentkörper im Raum Hausberge - Veltheim/Weser. - *Dipl.-Arb. u. -Kart. Univ. Hannover*: 107 S., 53 Abb., 7 Anl.; Hannover. - [Unveröff.]
- ROHDE, P. (1994): Weser und Leine am Berglandrand zur Ober- und Mittelterrassen-Zeit. - *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **44**: 106-113, 2 Abb.; Hannover.
- SCHNEIDER, H. (1975): Subrosionssenken im nordwestfälischen Bergland. - *Münstersche Forsch. Geol. Paläont.*, **35**: 71 - 88, 5 Taf.; Münster/Westf.
- SCHÜTRUMPF, R. (1980): Das Interglazial im Werre-Profil bei Nienhagen (Detmold). - *Westf. geogr. Stud.*, **36**: 65 - 70, 5 Abb.; Münster/Westf. [Tagung Arb.-Gem. Nordwestdeutscher Geologen <46., 5.-8.Juni 1979, Münster>].
- SERAPHIM, E. TH. (1972): Wege und Halte des saalezeitlichen Inlandeises zwischen Osning und Weser. - *Geol. Jb.*, A, **3**: 85 S., 14 Abb., 6 Tab.; Hannover.
- SKUPIN, K.; SPEETZEN, E.; ZANDSTRA, J. G. (1993): Die Eiszeit in Nordwestdeutschland: Zur Vereisungsgeschichte der Westfälischen Bucht und anschließender Gebiete. - 143 S., 49 Abb., 24 Tab., 2 Taf., 2 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- STEPHAN, H.-J.; MENKE, B. (1994): Das Pleistozän in Schleswig-Holstein. - *GLA SH*, **3**: 19-62, 8 Abb., 33 Tab.; Kiel (Geol. L.-Amt).
- WEBER, H. (1952): Pliozän und Auslaugung im Gebiet der oberen Werra. - *Geologica*, **8**: 136 S., 17 Abb., 4 Fototaf.; Berlin.
- WELLMANN, P. (1990): Aufbau und Genese des Saale-eiszeitlichen Sedimentkörpers von Krankenhagen-Möllenbeck. - *Dipl.-Arb. u. -Kart. Univ. Hannover*: 84 S., 45 Abb., 1 Tab., 13 Anl.; Hannover. - [Unveröff.]
- ZAGWIJN, W. H. (1957): Vegetation, climate and time-correlations in the early Pleistocene of Europe. - *Geol. en Mijnb.*, N. S., **19**: 233 - 244, 4 Abb., 2 Tab.; 's-Gravenhage.
- (1985): An outline of the Quaternary stratigraphy of the Netherlands. - *Geol. en Mijnb.*, **64**: 17 - 24, 5 Abb.; Dordrecht.
- ZUBRÄGEL, A. (1991): Paläomagnetische Untersuchungen an Sedimenten einer Subrosionssenke im Salzetal. - *Dipl.-Arb. Univ. Münster*: 77 S., 41 Abb., 4 S. Anl.; Münster. - [Unveröff.]

Manuskript eingegangen am 19. April 1999