Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	7 (2000), 1/2	S. 151–159	2 Abb., 1 Tab., 22 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	------------	-------------------------

### Die Bohrung Rathenow (Landkreis Havelland, Brandenburg) – eine Abfolge limnischer Sedimente vom Saale-Spätglazial, Eem-Interglazial bis in das Weichsel-Frühglazial

HOLGER FREUND

#### 1. Einleitung

Im Rahmen eines am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) durchgeführten DFG-Forschungsprojektes wurden in Nordwest- und Mitteldeutschland Hohlformen untersucht, die sowohl im Eem-Interglazial als auch in der anschließenden Weichsel-Kaltzeit als Sedimentfallen fungierten. Durch detaillierte geologische und palynologische Untersuchungen an den in den Hohlformen überlieferten kaltzeitlichen und warmzeitlichen Ablagerungen konnten neue Erkenntnisse zur Vegetations- und Klimaentwicklung der Weichsel-Kaltzeit gewonnen werden (Freund & Caspers 1997, Caspers & Freund 2000). Einem Hinweis von H. Ziermann (ehemals Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Außenstelle Berlin) ist es zu verdanken, dass auch im Havelland östlich von Rathenow Bohrungen abgeteuft wurden. Die Schichtenbeschreibung einer im Jahr 1968 niedergebrachten Spülbohrung, ca. 2 km südlich des Ortes Stechow und ca. 2 km westlich Nennhausen gelegen (Abb. 1), verwies auf ein möglicherweise vom Eem-Interglazial bis in das Weichsel-Frühglazial durchlaufendes Profil. Die alten Schichtenaufnahmen dokumentierten drei durch Mittelsand- und Schluffablagerungen klar voneinander abgegrenzte organogene Lagen. Diese waren zwischen zwei Geschiebemergel eingeschaltet, die geschiebeanalytisch als saale- bzw. weichselzeitlich eingestuft werden konnten. Erste nicht publizierte Pollenanalysen durch ERD (ehemals LGRB) ergaben eine Abfolge vom Eem-Interglazial bis in das Weichsel-Frühglazial.

#### 2. Lage und Schichtenfolge der Bohrungen Rathenow 1 und 2

Die Bohrungen Rathenow 1 und 2 liegen am nördlichen Rand eines vermoorten Gebietes (Abb. 1). Die Senke wird auf der TK 25 Blatt 3340 (Rathenow) als "Im Luch" bezeichnet. Die Lage des Untersuchungsgebietes an der Westflanke der Salzstruktur Kotzen (Strukturachse Friesack-Kotzen) mit einer ausgeprägten Randmulde von Oberkreide- und Tertiärablagerungen, deutet auf eine subrosiv gesteuerte Senke hin, die mindestens bis in das Jungquartär wirksam war. Ausmaß und Zeitdauer der quartären Bewegungen an der Salzantiklinale Kotzen sind nur mittels Pollenanalyse zu klären.

Insgesamt wurden vier Bohrungen im Schneckenbohrverfahren niedergebracht (Abb. 1), wobei im Folgenden nur die Bohrungen Rathenow 1 und 2 beschrieben werden. Der Bohrungen Rathenow 1 und 2 beschrieben werden.

punkt Rathenow 1 (H 58 30990, R 45 31920) wurde so gewählt, dass er in unmittelbarer Nähe zu der 1968 abgeteuften Bohrung HY 4/68 Rathenow (H 58 30999, R 45 31983) lag. Hier war am ehesten damit zu rechnen, erneut eemzeitliche Ablagerungen und Interstadiale des Weichsel-Frühglazials zu erbohren. Es stellte sich aber heraus, dass die Schichtenfolge der alten Bohrung HY 4/68 nicht angetroffen wurde.

Im einzelnen zeigt die Bohrung Rathenow 1 folgende Sedimentabfolge: An der Basis von 31,60 - 33,00 m liegt tonigschluffiges, braungraues Grundmoränenmaterial mit einem deutlichen Anteil von Grobkies. Ab 31,60 m ändert sich das Körngrößenspektrum. Die Grundmoräne ist deutlich sandiger, wobei Fein- und Mittelsand überwiegen und die Grobsand- und Feinkieskomponente nur sehr schwach bis schwach entwickelt ist. Die geschiebeanalytische Bewertung durch ZIERMANN ergab eine Zeitstellung in das Saale-Glazial und zwar in das Stadium S II (Warthe Stadium) nach CEPEK (1967). Limnische Sedimente lagern dieser Grundmoräne ab 31,00 m direkt auf. An der Basis ist eine 0,50 m mächtige, fossilführende, kalkfreie Grobdetritusmudde entwickelt, die im Hangenden bis zu einer Teufe von 30,00 m von einer gebänderten Kalkmudde überdeckt wird. Den Abschluß limnischer Sedimente bildet eine bis 27,00 m Teufe reichende dunkelbraune Feindetritusmudde. Die oberen 0,20 m weisen einen deutlich höheren Anteil an pflanzlichem Material auf und können als Grobdetritusmudde angesprochen werden. Darüberhinaus ist der gesamte limnische Profilabschnitt mit kleinsten Anreicherungen von Vivianit durchsetzt.

Eine Übersichtspollenanalyse ergab, dass die limnische Sedimentation in der Hainbuchenzeit des Eem-Interglazials einsetzte und bis in das ausgehende Eem anhielt. Die obersten 0,20 m sind schon in das erste Stadial des beginnenden Weichsel-Glazials zu stellen. Im Hangenden der limnischen Abfolge lagern glazifluviatil abgesetzte, schwach kalkhaltige Fein- bis Mittelsande mit geringen Feinkies- und Schluffanteilen. Diese Sande werden ab 13,50 m von einem 5 m mächtigen Geschiebemergel überdeckt, der nach ZIERMANN (freundl. mündl. Mitt.) stratigraphisch dem Brandenburger Stadium des Weichsel-Glazials zuzuordnen ist. Er ist stark sandig, mit geringen Anteilen von Fein- und Grobkies und weist nur einen geringen Kalkgehalt auf. Die abschließenden 8,5 m des Profils bestehen aus grauen, weichselzeitlichen Fein- bis Mittelsanden, die vollständig entkalkt sind.

Zur weiteren Erkundung wurde südwestlich der Bohrung Rathenow 1 am Rand der Niederung eine zweite Bohrung niedergebracht (Rathenow 2: H 58 30420, R 45 31020, Abb.1). Die in dieser Bohrung angetroffenen limnischen Sedimente zeigten einen völlig anderen lithofaziellen Aufbau.

Die untersten Schichten zwischen 39,00 - 50,00 m setzen sich aus glazifluviatil abgelagerten, schwach kalkhaltigen Sanden zusammen. Das Material ist an der Basis stark grobsandig und geht ohne scharfe Grenze in feinsandigen Mittelsand über. Zwischen 43,20 - 45,25 m ist in dieses Sedimentpaket ein sehr schwach humoser, schluffiger Feinsand eingeschaltet, der im oberen Abschnitt deutlich gebändert ist. Dies könnte auf eine erste Beckenablagerung unter ruhigeren Sedimentationsbedingungen schließen lassen. Mit scharfer Grenze werden die Sande von saalezeitlicher, schwach kalkhaltiger, graubraun gefärbter Grundmoräne überlagert (35,40 - 39,00 m, Stadium S II (Warthe Stadium) nach CEPEK (1967)). Sie enthält einen hohen Anteil an Mittel- und Feinsand, wohingegen die Kieskomponente schwach repräsentiert ist. Im Hangenden (26,60 - 35,40 m) schließen sich schwach kalkhaltige Mittelsande an. Der an der Basis noch gut vertretene Grobsandbzw. Grob- und Feinkiesanteil nimmt nach oben hin deutlich ab, bei gegenläufiger Zunahme humoser Einschaltungen.

Von 18,50 bis 26,60 m folgen limnische Ablagerungen, deren Basis eine 0,10 m dicke, kalkfreie, stark humose und mittelsandige Sandmudde bildet. Darüber folgt eine 2,10 m mächti-

tigen Kalkmudde (23,75 - 24,50 m). Ist die Lebermudde noch durch geringe Ton- und Schluffanteile gekennzeichnet, so gehen diese in der Kalkmudde auf minimale Werte zurück. Hierdurch ist auf eine bereits geschlossene Vegetationsdekke und eine weitgehend eingeschränkte Erosion im Umfeld des Sees zu schließen. Im Vorgriff auf die vegetationsgeschichtliche Auswertung läßt sich diese Annahme palynologisch bestätigen, da der Fazieswechsel in der Sedimentation zeitlich mit dem Übergang in die stärker bewaldete Kiefernphase des Eem-Interglazials zusammenfällt. Zwischen 21,00 m und 23,75 m schließt sich eine beige-rosafarbene Seekreide an, die mit Molluskenschalen durchsetzt ist. Nach Bestimmung der Schalenreste handelt es sich vermutlich um einen Einartbestand von Valvata piscinalis (O. F. MÜLLER). Die Art ist sehr formenvariabel und lebt im Substrat größerer stehender, aber auch langsam fließender Gewässer bis zu einer Wassertiefe von 20 m. Sie ist streng an eine ausreichende Sauerstoffversorgung gebunden. Zusätzlich wurden noch zwei Klappen einer sehr kleinen Süßwassermuschel gefunden. Es handelt sich um Pisidium nitidum Jenyns f. crassa Stelfox, die in ihrer Ökologie auf stark bewegtes, kalkhaltiges Wasser angewiesen ist<sup>1</sup>. Da bei Stillgewässern nur in Ufernähe stark bewegtes Wasser zu erwarten ist, liegen die Klappenreste nicht auf primärer Lagerstätte, son-. Schwerin Sachsen Berlin Anhalt Brandenburg Magdeburg

ge, olivgrüne und sehr schwach kalkhaltige Lebermudde. Sie

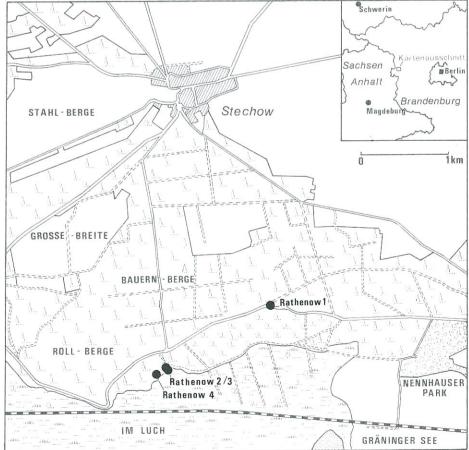
weist einen geringen Anteil an Kieselalgen auf, der m. E. aber

noch zu gering ist, um eine Einstufung als Kieselgur zu erlau-

ben. Überlagert wird die Lebermudde von einer 0,75 m mäch-

dern wurden sekundär in tiefere Seeabschnitte verlagert. Im Hangenden der Seekreide folgt eine schwach humose Kalkmudde (20,00 - 21,00 m), wobei sich der Kalkgehalt gegenüber der unterlagernden Seekreide immer weiter abschwächt, ehe er im Übergang zu der überlagernden Feindetritusmudde (18,50 - 20,00 m) endgültig auf minimale Werte zurückgeht. Dies spricht für eine fortgeschrittene Entkalkung umgebender Böden.

Die limnischen Ablagerungen werden zwischen 14,50 und 18,50 m durch einen schwach humosen Mittelsand abgedeckt, in dem häufig humose Bänder und einzelne Pflanzenhäcksel auftreten, die durch Erosion interglazialer Bo-



Lage der Bohrungen Rathenow 1 und 2 am nördlichen Rand der Subrosionssenke "Im Luch". Ausschnitt aus der TK 25 Blatt 3340 (Rathenow)

Für die Bestimmung der Schnecken möchte ich Herrn Prof. Dr. Ant (Universiät Münster) meinen herzlichen Dank aussprechen. Die Bestimmung der Pisidium-Art übernahmen freundlicherweise die Herren Prof. Dr. Hinz (Universität Duisburg) und Prof. Dr. Kuiper (Universität Paris), auch Ihnen gilt mein besonderer Dank.

denbildungen im See zur Ablagerung gekommen sein könnten. Bis zu einer Teufe von 9 m folgt, ähnlich den Befunden der Bohrung Rathenow 1, ein weichselzeitlicher Geschiebemergel (Brandenburger Stadium). Dessen Ausprägung ist sandig und schwach kalkhaltig mit einer deutlichen Abnahme des Schluffanteils zum Hangenden. Über der Grundmoräne wurden bis 1,80 m glazifluviatil abgelagerte, kalkfreie graue Mittelsande erbohrt, die lagenweise von Schluffbändern durchzogen sind. Abschließend wurden 1,80 m mächtige okkerbraune bis weiße Feinsande eines Dünenzuges aufgeschlossen, welcher bandartig der nördlichen Begrenzung des Senkenbereiches folgt.

# 3. Die Vegetationsentwicklung vom Saale-Spätglazial und Eem-Interglazial bis in das Weichsel-Frühglazial am Beispiel der Bohrung Rathenow 2

Der Vergleich pollenanalytischer Vorprofile der Bohrungen Rathenow 1 und 2 zeigte eindeutig, dass mit letzterer Bohrung das komplettere Profil angetroffen wurde. Hier liegt eine ungestörte Abfolge limnischer Sedimente vom Saale-Spätglazial, dem Eem-Interglazial bis in das Weichsel-Frühglazial vor. Die eigentlich erhoffte Sequenz mit mehreren übereinanderfolgenden Weichsel-Interstadialen konnte auch mit der Bohrung Rathenow 2 nicht nachgewiesen werden. Die vollständigere Bohrung wurde pollenanalytisch bearbeitet und wird im folgenden als Bohrung Rathenow bezeichnet.

## 3.1 Überblick über den pollenanalytischen Kenntnisstand des Saale-Spätglazials

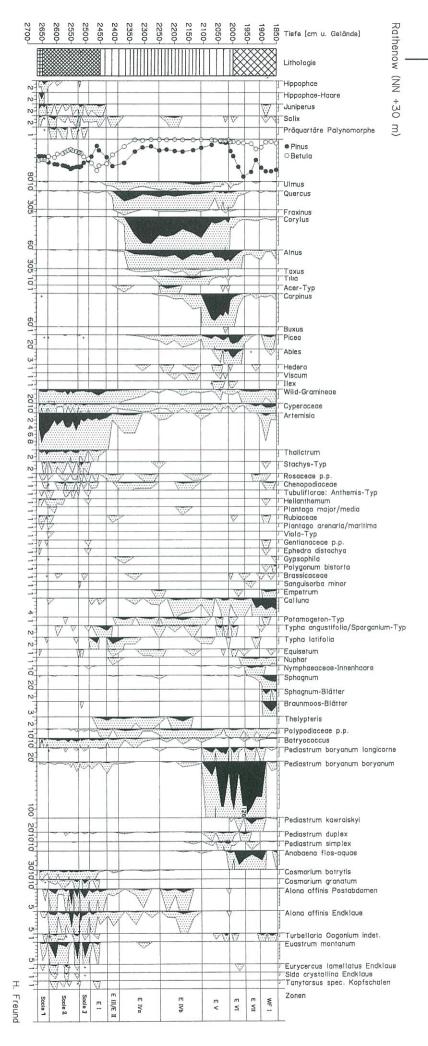
Spätsaalezeitliche, tonige bzw. muddige Ablagerungen konnten schon 1928 durch Jessen & Milthers belegt und beschrieben werden, doch eine detaillierte palynologische Bearbeitung dieses Zeitabschnittes wurde für Norddeutschland erstmals mit der Bohrung Brokenlande in

Schleswig-Holstein durch Menke & Ross (1967) vorgelegt. Seither wurden weitere Arbeiten publiziert, das Bild des Saale-Spätglazials bleibt dennoch lückenhaft, da entsprechende Profilabschnitte in der Regel recht geringmächtig sind. Im Quakenbrücker Becken in Niedersachsen (HAHNE et al. 1994) gehen dem Eem-Interglazial Sande und Schluffe voraus, die in besonderem Maße durch etwa 4000 Warven gekennzeichnet sind. Die Lamination ist zum Hangenden häufig bioturbat gestört und wird in den obersten 1,5 m auch zunehmend toniger. Eine eemzeitliche Kalkmudde überlagert die kaltzeitlichen Tone mit scharfer Grenze. In Brandenburg liegen komplette Eem-Abfolgen mit unterlagerndem Saale-Spätglazial mit den Pollenprofilen Kittlitz (ERD 1973) und Schönfeld (ERD 1991) vor. Für Süddeutschland und Nordfrankreich sind vor allem die Untersuchungen am Samerberg (Grüger 1979), bei Eurach (Beug 1979) und Zeifen (Jung et al. 1972) sowie das Profil Grande Pile in den Vogesen von Wolllard (1978) zu nennen. Die von Menke & Tynni (1984) vorgelegte Gliederung des Saale-Spätglazials, die auf den Daten der Bohrung Brokenlande basiert, wird im folgenden tabellarisch vorgestellt und mit süddeutschen Profilen verglichen.

Wie Tabelle 1 zeigt, gliedert sich das Saale-Spätglazial nach Menke & Tynni (1984) in drei Abschnitte, wobei vereinfacht gesagt werden kann, dass eine Vegetation geherrscht haben muß, die der spätweichselzeitlichen Älteren Tundrenzeit (= Ältere Dryaszeit) recht ähnlich war (Merkt & Müller 1999). Ein deutlicher Unterschied zum Weichsel-Spätglazial besteht jedoch darin, dass bislang aus keinem Profil dem Eem-Interglazial vorgeschaltete, bewaldete Interstadiale, ähnlich dem Bölling- oder Alleröd-Interstadial bekannt geworden sind. Der von Jung et al. (1972) beschriebene Kleinzyklus konnte nicht wieder nachgewiesen werden, so dass es bis jetzt keinen sicheren Beleg interstadialer Klimaschwankungen im Saale-Spätglazial gibt.

Tab. 1 Gliederung des Saale-Spätglazials an vier ausgesuchten Profilen in Deutschland

	Brokenlande Samerberg		Eurach		Zeifen		
Menke & Ross (1968)		Grüger (1979)		BEUG (1979)		Jung et al. (1972)	
E 1	Birkenzeit	DA 2	Kiefern-Birkenzeit	DA 2	Kiefern-Birkenzeit	DA 2	Kiefern-Birkenzeit
SS C	Sanddorn-Wacholder Gebüsch; Birken-An- stieg; Kulmination von Wacholder, Abfall der Heliophyten	DA 1	Waldlose Zeit mit Wacholder-Weiden- Sanddorn-Gebüsch, reiche Spätglazialflora	DA 1	Waldlose Zeit mit Wacholder-Weiden- Sanddorn-Gebüsch, reiche Spätglazialflora	DA1a	Wacholder-Weiden- Sanddorn-Ge-büsch, nie-driger BP-Anteil, reich-haltige Spätglazialflora
SS B	Sanddorn-Gebüsch; Anstieg Wacholder, reiche Spätglazialflora, hoher Anteil an Umla-gerungen					DA1b	Wacholder-Weiden-Sanddorn-Gebüsch, höherer BP-Anteil (Nachweis von Betula pubescens und B. alba), reichhaltige Spätglazialflora
SS A	Älteste waldlose Zeit; hauptsächlich Umla gerungen						



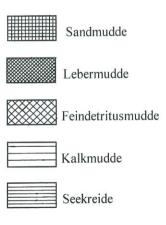


Abb. 2 Pollendiagramm der Bohrung Rathenow

Die Berechnung erfolgte als Gesamtpollendiagramm, wobei in jeder Probe mindestens 500 Pollenkörner gezählt wurden (ausgenommen Sporen und Wasserpflanzen). Ein + markiert das Auftreten von Pollenkörnern außerhalb der Zählung. Die Einteilung des saalezeitlichen Abschnitts erfolgt in Lokalpollenzonen, die Gliederung eemzeitlicher und frühweichselzeitlicher Pollenzonen richtet sich nach Menke & Tynni (1984)

#### 3.2 Das Saale-Spätglazial im Pollendiagramm der Bohrung Rathenow

Das Pollenprofil Rathenow ist vegetationsgeschichtlich vor allem deshalb interessant, da an der Basis Sedimente erbohrt wurden, die dem Saale-Spätglazial zuzurechnen sind. Es handelt sich um eine 2,10 m mächtige, olivgrüne, schwach kalkhaltige Lebermudde, wobei die obersten 0,40 m palynologisch schon in die Birken-Phase (E I) des beginnenden Eem-Interglazials zu stellen sind. Die Grenze zwischen Saale-Kaltzeit und Eem-Interglazial wird im vorliegenden Diagramm, der Argumentation Menke & Tynni (1984) folgend, an den Anstieg der Birkenpollenkurve gelegt (Abb. 2). Diese Grenze kann aus sukzessionsbiologischen und vegetationsgeschichtlichen Gründen durchaus metachron sein, wobei Tabelle 1 zeigt, dass je nach geographischer Position des Profiles, Birke oder Kiefer die Wiederbewaldung dominieren.

Der saalespätglaziale Vegetationsabschnitt der Bohrung Rathenow wurde in drei Lokalpollenzonen (LPZ) untergliedert, die im folgenden beschrieben und diskutiert werden. Hierbei ist zu beachten, dass die für die pollenanalytisch definierten LPZ verwendeten Bezeichnungen (Saale I-III) nicht mit der von Cepek (1967) definierten Terminologie der Moränenstratigraphie identisch sind.

#### LPZ Saale I (26,30 - 26,61 m)

Der Abschnitt Saale I ist von Beginn an durch das Auftreten von Wacholder (*Juniperus*) und Sanddorn (*Hippophaë*) gekennzeichnet, die Werte erreichen nahezu die 2 %-Marke (Abb. 2). Weiden treten zunächst nur mit sehr geringen Werten in Erscheinung. Das Spektrum heliophiler Glazialflorenelemente wird eindeutig von Beifuß (*Artemisia* spec.) dominiert, bei den übrigen Gattungen/Arten sind typische Vertreter des Weichsel-Spätglazials zu verzeichnen. Hier wären vor allem Sonnenröschen (*Helianthemum* spec.) und Meerträubel (*Ephedra distachya*-Typ) zu nennen. Bei allen oben erwähnten Taxa handelt es sich um äußerst lichtbedürftige Pflanzen, die Beschattung nicht ertragen. Der Baumpollenanteil ist in Abschnitt I schon sehr hoch, wobei sich Birke (*Betula*) und Kiefer (*Pimus*) mit jeweils ca. 40 % die Waage halten.

#### LPZ Saale II (25,27 - 26,30 m)

Mit dem Übergang von Pollenzone Saale I zu II nimmt der Anteil krautiger, heliophiler Arten deutlich ab bzw. die Kurvenverläufe setzen gänzlich aus. So erreichen zum Beispiel Beifuß, Wacholder und Rötegewächse (Rubiaceae) an der Grenze I/II minimale Werte, parallel dazu endet die Pollenkurve des Sanddorns. Die Kiefer kann ihren Anteil an der Gesamtpollensumme von 40 % auf bis zu 70 % steigern, wohingegen die Birke auf minimale Anteile, zum Teil unter 20 %, abfällt. Dies könnte theoretisch als Hinweis auf die Schließung des Kronendachs durch Bewaldung und eine daraus resultierende Verdrängung der heliophilen Feldschicht infolge zunehmender Beschattung gewertet werden. Parallel zum Pinus-Anstieg beginnt aber auch die absolute Nachweisgrenze präquartärer Palynomorphen, was als eindeutiges Zeichen von Umlagerung zu werten ist. In keiner der bislang vorliegenden Bearbeitungen des Saale-Spätglazials gibt es, wie

oben bereits ausgeführt, gesicherte Hinweise auf eine dem Eem-Interglazial vorgeschaltete, interstadiale Unterbrechung spätglazialer Vegetationsentwicklung (Tab. 1). Daher sind die im saalezeitlichen Profilabschnitt des Pollendiagramms Rathenow auftretenden Oszillationen charakteristischer Pollenkurven einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Hierbei gilt es vor allem zu klären, ob großklimatische Faktoren oder aber lokale Einflüsse entscheidende Wirkung auf die Ausprägung der Pollenkurven und ihren Verlauf hatten.

Setzt man als Hypothese voraus, dass die kiefernreiche und zugleich heliophytenärmere Zone Saale II relativ dichter bewaldet war als Zone Saale I, so müßte dementsprechend auch eine zunehmende Festlegung der Böden in Betracht gezogen werden. Dem widerspricht, dass gerade hier der Eintrag präquartärer Palynomorphen und anderer Pollentypen auf sekundärer Lagerstätte (z. B. Hasel/Corvlus und Fichte/Picea) höchste Werte erreicht. Der hohe Anteil von Kiefernpollen könnte somit ebenfalls ein Produkt erhöhter Umlagerungstätigkeit sein. Die eigentlich dominante Birke wird in ihrem Anteil somit rein rechnerisch unterdrückt, andere typische spätglaziale Taxa treten oftmals schwächer oder gar nicht mehr in Erscheinung. Zur Unterstützung der palynologischen Ergebnisse können ergänzend Analysen tierischer Großreste sowie das Auftreten bestimmter Algen des Phytoplanktons herangezogen werden. Sie ermöglichen Aussagen zu Sedimentationsbedingungen und Ökologie im Gewässer des Saale-Spätglazials.

Bei den Algen stammen die meisten Reste aus der Familie der Desmidiales, besonders reichhaltig sind hier die Gattungen Cosmarium und Euastrum vertreten. Es ist bekannt, dass innerhalb der Desmidiales, wenn überhaupt, dann nur extrem wenige echte Plankter (Meso- bis Euplankter) ausgebildet sind (Förster 1982). Zwar finden sich im frei schwebenden Phytoplankton größerer Seen immer wieder Cosmarium- und Euastrum-Arten, doch handelt es sich hier um sogenannte fakultative Plankter (Tychoplankter), die z. B. durch Wellenschlag vom Substrat losgerissen und so in das Pelagial eingeschwemmt werden. Bei oben aufgeführten Gattungen handelt es sich also hauptsächlich um Litoral- oder Benthos-Algen, die in Ufernähe oder in flachem Wasser ihren Lebensraum haben. In ihrer Ökologie weisen sie in aller Regel eine äußerst weite Amplitude auf. Das Auftreten von Cosmarium botrytis, C. granatum und Euastrum montanum läßt hinsichtlich der Trophie des Gewässers kaum Aussagen zu, da sie sowohl in oligo- als auch eutrophem Milieu zu finden sind. Allerdings zeigen alle drei Arten eine ausgeprägte Bindung an kältere Klimate, so dass von einem kühlen Flachgewässer ausgegangen werden kann. Diese Deutung wird ebenfalls durch nachgewiesene Cladocera-Reste gestützt. Auch hier deutet alles auf ein relativ flaches Gewässer als Sedimentationsraum hin, da echte Plankter wie zum Beispiel Bosmina-Arten nicht gefunden wurden. Mit dem Artenspektrum von Eurycercus lamellatus, Sida crystallina und Camptocercus rectirostris lassen sich vor allem flache vegetationsreiche Teile von Seen beschreiben, was letztendlich auch durch Nachweise von Nymphaeaceae-Innenhaaren unterstrichen wird. Oben genannte Arten benötigen immer einen festen Untergrund oder Pflanzenteile als Halteplatz, da sie nur bedingt längere Zeit schwimmfähig sind. Der konzentrierte Nachweis in einem Profilabschnitt könnte somit sowohl als Hinweis auf

- primäre Ablagerungsbedingungen im Uferbereich als auch auf
- Umlagerung randlicher Mudde (Treibmudde?)

verstanden werden. Letzteres würde die parallel verlaufende Anreicherung präquartärer Palynomorphe, anderer Pollentypen auf sekundärer Lagerstätte und womöglich auch den Anstieg der Kiefernpollenwerte in diesem Abschnitt erklären helfen. Es ist fast völlig auszuschließen, dass es nur zur Umlagerung einer Komponente gekommen ist. Offen ist die Frage, aus welchen Substraten der umgelagerte Pollen stammen könnte. Eine mögliche Quelle wären an der Oberfläche anstehende holsteinzeitliche Ablagerungen in unmittelbarer Nähe des Profiles, wohingegen präquartäre Palynomorphen möglicherweise aus anstehendem Grundmoränenmaterial stammen könnten. Aufgrund des kurzen Transportweges sind derartig umgelagerte Pollenkörner nur schwer als solche zu identifizieren. Da Umlagerungsprozesse nicht auszuschließen sind, ist die Ausdeutung als interstadiale Unterbrechung innerhalb des Saale-Spätglazials nicht gesichert. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Zone Saale II eine Periode mit kühlerem Klima war, angezeigt durch erhöhte Erosion (steigender Anteil umgelagerten Pollens) und dem Auftreten von Kaltwasser-Indikatoren.

#### LPZ Saale III (24,90 - 25,27 m)

Nachdem in LPZ Saale II ansteigende Pinus-Pollenwerte zu verzeichnen waren, geht im nun nachfolgenden letzten Abschnitt des Saale-Spätglazials der Anteil von Kiefer wieder deutlich zurück und erreicht an der Grenze zum Eem-Interglazial erneut das Niveau von LPZ Saale I. Dementsprechend gegenläufig zeigt sich der Kurvenverlauf von Betula. Die Anteile umgelagerten Pollens nehmen stetig ab, bevor sie im Eem nahezu gänzlich aus dem Diagrammverlauf verschwinden. Weidenarten und Wacholder sind nun wieder verstärkt vertreten, Sanddorn konnte - wenn auch nur als Einzelpollen - erneut nachgewiesen werden. Bei den krautigen Heliophyten ist vor allem Artemisia noch häufig nachweisbar, wohingegen andere typische spätglaziale Pollentypen im Pollenspektrum zurücktreten. Mit dem Kreuzungspunkt von Birken- und Kiefern-Pollenkurve und dem Beginn der Birken-Hauptausbreitung beginnt das Eem-Interglazial.

### 3.3 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion des Saale-Spätglazials der Bohrung Rathenow

Für den Zeitabschnitt des Saale-Spätglazials bietet sich vor allem das bislang am besten bearbeitete Profil Brokenlande von Menke & Ross (1967) für einen Vergleich an. Hierbei zeigt sich, dass der in Brokenlande beschriebene Abschnitt A (Älteste waldlose Zeit) im Pollendiagramm Rathenow nicht erfasst ist. Die Baumpollendichte liegt selbst nach Abzug möglichen sekundärverlagerten Kiefernpollens deutlich höher als in Brokenlande. Zudem sind die Kurven von Sanddorn und Wacholder schon entwickelt, so dass das vorliegende Profil frühestens in der Zone Saale B (Menke & Ross 1967) einsetzt. Die Grenze Saale A/B wird im Profil Brokenlan-

de mit dem Beginn der Sanddorn-Kurve definiert, ein Kriterium, das im Pollendiagramm Rathenow ebenfalls nicht erfüllt ist. Der Nachweis von Hippophaë ist sehr gering, so dass mit einiger Sicherheit nur noch das Ende der Sanddorn-Verbreitung erfaßt wird. Es ist also davon auszugehen, dass der Beginn oganogener Sedimentation im Profil Rathenow frühestens im Ausgang von Pollenzone Saale B, höchstwahrscheinlich aber erst im Abschnitt Saale C sensu Brokenlande liegt. Hierfür spricht auch eine gute Übereinstimmung mit anderen nachgewiesenen Taxa, wie zum Beispiel Helianthemum, Ephedra distachya-Typ, Thalictrum oder Artemisia. Die Vegetation muß recht locker gewesen sein, da viele nachgewiesene Gattungen/Arten der spätglazialen Flora, insbesondere aber der Sanddorn keine lang anhaltende Beschattung ertragen würden. Basiphile Erstbesiedler wie Helianthemum machen daher im Verein mit Sanddorn-Vorkommen die Besiedlung basenreicher Rohböden durch eine offene Pioniervegetation wahrscheinlich. Die Beschreibung der saale-spätglazialen, kiefernreichen Abschnitte (LPZ Saale II/III) im Profil Rathenow hat gezeigt, dass bei kritischer Betrachtung eine interstadiale Unterbrechung nicht zweifelsfrei postuliert werden kann. Es erscheint daher angebracht, diesen Abschnitt ebenfalls der Zone SS C (Brokenlande) zuzurechnen.

Inwieweit der Anstieg von *Betula* in LPZ Saale III rein statistisch durch den Rückgang von *Pinus* bedingt ist oder ob tatsächlich eine erste Ausbreitungstendenz zu verzeichnen ist, muß an dieser Stelle offen bleiben. Wacholder hält sich noch bis in das beginnende Eem mit zum Teil steigenden Pollenwerten. Dieses Phänomen ist jeweils zu Beginn von Bewaldungsphasen hinlänglich im Weichsel-Spätglazial und Holozän beschrieben worden und wird hier als Vorwaldstadium charakterisiert (s. Bölling, Alleröd, Präboreal). Somit ist es als gesichert anzusehen, dass der letzte saalezeitliche Diagrammabschnitt eine ungestörte Übergangsphase in das Eem-Interglazial darstellt.

#### 4. Die eemzeitliche Vegetationsentwicklung am Profil Rathenow

Die Pollenanalysen zeigen, dass mit der Bohrung Rathenow eine komplette Eem-Abfolge durchteuft wurde. Sogar die in vielen anderen Pollenprofilen nur unzureichend ausgeprägten oder fehlenden Abschnitte der Birkenzeit (E I) und Birken-Kiefernzeit (E II) bzw. Kiefern-Eichenmischwaldzeit (E III) sind erfaßt. Im einzelnen lassen sich folgende pollenfloristische Abschnitte unterscheiden:

Die Pollenzone E I (24,50 - 25,05 m) zeichnet sich durch eine Dominanz des *Betula*-Pollens aus, die Kiefernpollenwerte erreichen hier ein Minimum (Abb. 2). Im Makrorestmaterial konnten nur 2 Birkenfrüchtchen und eine Fruchtschuppe nachgewiesen werden. Die Früchtchen waren stark korrodiert. Das teilweise erhaltene und sehr breit ausgebildete randliche Häutchen zeigt aber, dass es sich eindeutig um Baumbirken-Früchte handelt. Der Birkenwald muß relativ licht gewesen sein, da einige charakteristische spätglaziale Heliophyten noch bis in das frühe Eem-Interglazial hineinreichten und den Waldunterwuchs gebildet haben. Zu nennen sind vor allem bedingt schattentolerante Arten von Gattungen wie *Artemi*-

sia, Juniperus oder Thalictrum. Zählungen an laminierten Sedimenten des Profiles Bispingen durch Müller (1974) ergaben für die Birkenzeit eine Dauer von nur 100 Jahren. Im Profil Rathenow ist daher mit einer raschen Sedimentation zu rechnen, da in kurzer Zeit 40 cm Lebermudde abgesetzt wurden (zum Vergleich: in Bispingen lagerten sich in 100 Jahren nur 7 cm Sediment ab). Der Übergang in die Zone E II (Kiefernzone) wird an den Abfall der Birkenkurve und den Anstieg der Ulmenkurve gelegt.

Der starke und sehr rasche Temperaturanstieg zu Beginn des Eem-Interglazials zeichnet sich auch in einem äußerst schnell verlaufenden Anstieg des Eem-Meres ab. So wird schon zwischen Hasel- und Hainbuchenzeit (E IVa/b, E V, nach V. D. Brelie 1951 und Zagwin 1983) in etwa die heutige Küstenlinie erreicht. Es wird also nach ungefähr 2000 Jahren ein relatives Meeresspiegel-Niveau erreicht, das im Holozän erst im Atlantikum, also ca. 4500 nach dem Ende des Weichsel-Glazials verwirklicht ist. Gegen Ende der Kiefern-Eichenmischwaldzeit nimmt der Anteil typischer EMW-Elemente signifikant zu und auch die empirische Grenze der Hasel ist hier anzusetzen.

Charakteristisches Merkmal der Pollenzone E IVa ist eine rasche Ausbreitung der Hasel, die typischerweise auf einen Gipfel der Eichenkurve folgt (Abb. 2). Parallel zum Anstieg der Corylus-Kurve erscheint nun auch Eibe (Taxus) im eemzeitlichen Pollenspektrum. Eine Beteiligung dieses Nadelbaumes an der Waldzusammensetzung erscheint somit schon zu diesem Zeitpunkt wahrscheinlich. Der Ansatz zur Kulmination der Taxus-Kurve liegt vor dem Anstieg der Lindenkurve, der den Übergang in Pollenzone E IVb kennzeichnet. Parallel hierzu fällt die Haselkurve auf Werte ab, die im Verlauf der gesamten Zone E IVb um die 30 %-Marke pendeln. Bei einem überregionalen Vergleich eemzeitlicher Pollenspektren der Zonen E IVb und E V (Hainbuchenzeit), wie er schon von Menke & Tynni (1984) durchgeführt wurde, fallen unterschiedliche Anteile von Eibe, Hainbuche und Fichte an der Zusammensetzung der Pollenspektren waldbildender Arten auf. Es läßt sich zum Beispiel eine starke Präsenz der Eibe in den nordwestlich gelegenen Regionen, mit Nachweisen von zum Teil > 20 % (Berechnung auf Baumpollen), geringeren Anteilen im Osten und Südosten gegenüberstellen (Litt 1994; Ausnahmen bilden die beiden Profile von Erd 1973, 1991: Kittlitz, Calau-Schönfeld). In Polen ist die Eibe nur noch schwach vertreten, so dass die Zone E IVb von Mamakova (1989) nur als Hasel-Eichen-Linden-Hainbuchenzone bezeichnet wird. Verantwortlich ist ein im Westen deutlich atlantisch bis subatlantisch getöntes Klima, das der Eibe entgegenkommt. Das weitaus häufigere und zudem frühere Auftreten typischer subatlantischer Klimaindikatoren wie Efeu (Hedera), Mistel (Viscum) und Stechpalme (Ilex) in den Pollendiagrammen nordwestlich und westlich gelegener Untersuchungspunkte kann ebenfalls in diese Richtung interpretiert werden. Der limitierende Faktor, welcher einer stärkeren östlichen Ausbreitung der Eibe entgegen gewirkt hat, ist jedoch wohl nicht in zu niedrigen Sommertemperaturen zu suchen, sondern in zu kalten Wintern. Eine Vermutung, die durch palynologisch-makrorestanalytische Untersuchungen im Elbe-Saale-Gebiet gestützt

wird (LITT 1994). Im Profil Rathenow belegen vor allem zahlreiche Fruchtfunde von Nixenkräutern (*Najas minor*, *Najas marina*) eine ausreichende Sommerwärme während dieses Vegetationsabschnitts.

Gerät die Eibe im Holozän vermutlich durch die verstärkte Ausbreitung der Rotbuche unter Konkurrenzdruck, so fällt dieser Konkurrent im Eem-Interglazial bekanntermaßen aus. Diese Rolle wird im Eem von der Hainbuche übernommen, die nun Standorte einnehmen kann, auf denen sie im Holozän von der Buche verdrängt wurde, bzw. die sie erst gar nicht einnehmen konnte. Die Fichte tritt im Pollendiagramm Rathenow deutlich vor der Hainbuche auf, vergleichbar mit der Entwicklung in Gröbern, Grabschütz (LITT 1994) oder Kittlitz (ERD 1973). Sie kann ihren Anteil am Gesamtpollenspektrum während der Zone E V zwar steigern, doch bleiben die Werte deutlich unter 20 %. Eine stärkere Ausbreitung wird vermutlich durch einen hohen Anteil der Hainbuche an der Waldzusammensetzung unterdrückt. Die Frage, ob prozentual höhere Fichtenanteile an der Pollenzusammensetzung in Diagrammen weiter nordwestlich gelegener Gebiete Deutschlands bzw. Dänemarks (zum Beispiel Diagramm Hollerup, Andersen 1965) nur durch eine nach Norden verzögerte Hauptausbreitung der Hainbuche oder aber auch durch höhere Feuchtigkeit und die Verbreitung schwächer bindiger Böden entscheidend beeinflußt wurde, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden.

Die Hauptausbreitung von Fichte und Tanne und somit auch der Übergang in Pollenzone E VI fällt im Diagramm Rathenow mit dem Wechsel von kalkreicher Mudde zu sehr schwach kalkhaltiger Feindetritusmudde zusammen. Eine Auslaugung und fortschreitende Entkalkung umgebender Böden hatte sich schon mit dem Wechsel von Seekreide zu Kalkmudde im Verlaufe der Hasel-Eiben-Lindenphase und der Hainbuchenphase angedeutet. Die Verarmung der Böden hat die Ausbreitung von Tanne und Fichte sicherlich gefördert, doch deutet sich im Verlauf der Pollenzone E VI auch eine weiter fortschreitende Abkühlung an. Ansteigende Kiefernpollenwerte sowie der Rückgang bzw. das Fehlen thermophiler Arten (Hasel, Stechpalme) machen dies ebenso spürbar, wie das Auftreten von Pediastrum kawraiskyi. Nachdem diese Grünalge während der gesamten eemzeitlichen Seeentwicklung nicht im Pollendiagramm aufgetreten war, macht ihr Nachweis nun ein kühles Gewässer wahrscheinlich.

Boreale Klimaverhältnisse stellen sich dann im Verlauf von Zone E VII ein. Hierfür steht vor allem die erneute Ausbreitung von Kiefern-Birkenwäldern, wobei ansteigende Wildgraspollenwerte auf eher lichte Waldstrukturen hindeuten; heliophile Glazialflorenelemente fehlen allerdings noch völlig. Vereinzelt auftretender Pollen thermophiler Gehölze ist in diesem Abschnitt vermutlich schon auf sekundärer Lagerstätte vertreten. Der eemzeitliche See durchläuft zum Ausgang des Interglazials nun ein Verlandungsstadium. Ansteigende *Nuphar*-Pollenwerte im Verbund mit den dazugehörigen Innenhaarnachweisen zeigen, dass mit der Bohrung der Randbereich des ehemaligen Sees erfaßt wurde. Mit dem Anstieg der *Artemisia*-Kurve, dem Ausbreitungsbeginn typischer heliophiler Taxa sowie der einsetzenden Torfbildung wird der Übergang in das Weichsel-Glazial festgelegt.

#### 5. Das Weichsel-Frühglazial der Bohrung Rathenow

Wie oben bereits ausgeführt, konnte mit den Bohrungen Rathenow 1 und Rathenow 2 nicht die erhoffte Abfolge frühweichselzeitlicher Interstadialablagerungen nachgewiesen werden. Im Pollenprofil ist nur der Übergang in das Weichsel-Frühglazial erfaßt worden. Menke & Tynni (1984) folgend, wird diese erste weichselzeitliche Abkühlungsphase dem Herning-Stadial zugerechnet und mit WF I bezeichnet (18,50 - 19,10 m).

Schon während der Pollenzone E VI und E VII ist ein allmählicher Rückgang des Baumpollenanteils zu verzeichnen. Ein drastischer Anstieg des Nichtbaumpollenanteils, wie von ZAGWIJN (1961) gefordert, ist allerdings nicht nachweisbar, vielmehr kommt es teilweise zu dem umgekehrten Effekt eines Baumpollenanstiegs. Dies ist mit großer Wahrscheinlichkeit durch Umlagerung zu erklären, die sich sowohl in erhöhten Anteilen von Fichte, Tanne und Kiefer widerspiegelt als auch im Nachweis präquartärer Palynomorphen. Auch bei den nachgewiesenen Pollentypen thermophiler Sippen (Hasel, Hainbuche, Ulme) ist zu beachten, dass sie sich vermutlich auf sekundärer Lagerstätte befinden. Generell erreicht der Nichtbaumpollenanteil im dargestellten Diagrammabschnitt des Weichsel-Frühglazials in der Regel nur 20 %, was letztendlich dafür spricht, dass lediglich der Beginn des Stadials erfaßt wird.

Im Pollendiagramm zeigt sich der Übergang in das Weichselglazial in besonderem Maße durch einen Rückgang der Birke, sowie den Anstieg und das erneute Auftreten typischer Glazialflorenelemente (Abb. 2). Hier spielen vor allem *Juniperus*, *Salix*, *Artemisia*, *Helianthemum* und auch der Schlangenknöterich (*Polygonum bistorta*) eine besondere Rolle. Die Birken-Kiefernwälder des ausgehenden Eem-Interglazials werden durch eine von Zwergsträuchern durchsetzte tundrenartige Vegetation ersetzt.

Die Vegetationsentwicklung des lokalen Standorts zeigt eine weiter fortschreitende Verlandung des eemzeitlichen Sees. Parallel zu ansteigenden Pollenwerten des Heidekrauts (*Calluna*) und der Krähenbeere (*Empetrum*), kulminiert im Diagramm ebenfalls die *Sphagnum*-Sporenkurve. Im Verein mit zeitgleichen Nachweisen nicht weiter bestimmbarer Blattreste von Torf- und Braunmoosen spricht dies für die Existenz dystropher Standorte, also von Vermoorungen im weitesten Sinne.

#### Danksagung

Die Arbeiten wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziert, der an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Für Hinweise im Gelände bin ich Herrn Dipl.-Geol. H. Ziermann zu Dank verpflichtet. Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitarbeitern im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, besonders bei den Herren Dr. G. Caspers und Dr. K-D. Meyer, die durch zahlreiche Diskussionen das gesamte Projekt fachlich begleitet haben. Für fachliche Unterstützung gebührt auch Herrn Dipl. Geol. L. Lippstreu vom Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg mein herzlichster Dank.

#### Zusammenfassung

Bohrungen im Havelland östlich von Rathenow dienten dem Aufschluss eem- und weichselzeitlicher Ablagerungen. Als Grundlage diente eine 1968 abgeteufte Bohrung, die drei durch minerogene Ablagerungen deutlich voneinander getrennte Torf- und Muddehorizonte aufschloß, die dem Eem-Interglazial und dem Weichsel-Frühglazial zuzuordnen waren. Die Bohrung Rathenow 2 traf durch saale-(Warthe-Stadium) und weichselzeitliche Grundmoräne (Brandenburger Stadium) eingeschlossene limnische Ablagerungen an, die eine Abfolge vom Saale-Spätglazial über das vollständig erhaltene Eem-Interglazial bis in das erste Stadial des Weichsel-Glazial umfassen. Sehr detailliert liegt der Übergang vom ausgehenden Saale-Glazial in das Eem-Interglazial vor. Die saalezeitliche Vegetationsentwicklung zeigt eine gute Übereinstimmung mit der von Menke & Ross (1967) vorgelegten Gliederung des Saale-Spätglazials.

#### Summary

Coring was carried out in Havelland, east of Rathenow, Brandenburg; Germany, to retrieve deposits dating to the Eemian interglacial and the Early Weichselian glaciation. Corings made in 1968 had already revealed three peat and lake mud horizons, separated by intervening mineral-rich deposits and it had been established that these horizons were ascribable to the Eemian and early Weichselian. A new core, Rathenow 2, comprised a sequence of lacustrine sediments that included the Saalian late-glacial, a complete Eemian interglacial cycle and the first stadial of the Early Weichselian. These sediments were bounded below and above by tills dating to the Warthe substage and the Brandenburg substages of the penultimate (Saalian) and the last glaciations (Weichselian), respectively. A high resolution record was obtained for the transition between the Saalian and the Eemian. The vegetation record from the Saalian can be readily correlated with the zonation proposed by Menke & Ross (1967).

#### Literatur

Andersen, S. T. (1965): Interglacialer og interstadialer i denmarks kvartaer. – Med. dans. geol. Foren. 15, S. 486-506, Kopenhagen

Beug, H.-J. (1979): Vegetationsgeschichtlich-pollenanalytische Untersuchungen am Riß/Würm-Interglazial von Eurach am Starnberger See/Obb. – Geologica Bavarica **80**, S. 91-106, München

Brelie, G. von der (1951): Die junginterglazialen Ablagerungen im Gebiet des Nord-Ostsee-Kanals. – Schriften naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. 25, Kiel

 CASPERS, G. & H. FREUND (2000): Vegetation and climate in the Early- and Pleni-Weichselian in northern middle Europe. –
J. Quat. Science, Chichester (im Druck)

CEPEK, A. G. (1967): Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. – Ber. Dt. Ges. Geol. Wiss. A 12, 3/4, S. 375–404, Berlin

Erd, K. (1973): Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der Deutschen Demokratischen Republik. – Z. geol. Wiss. 1, S. 1087-1103, Berlin

- ERD, K. (1991): Vegetationsentwicklung und Pollenanalysen im Eem-Interglazial und Weichsel-Frühglazial von Schönfeld, Kreis Calau. – Natur und Landschaft in der Lausitz (Sonderheft), S. 71-81, Cottbus
- Förster, K. (1982): Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie: Conjugatophyceae, Zygnematales und Desmidiales (excl. Zygnemataceae). In: Thienmann, A. (Hrsg.): Die Binnengewässer, 8. Teil, 1. Hälfte. 543 S., Stuttgart (Schweizerbart)
- Freund, H. & G. Caspers (Hrsg.) (1997): Vegetation und Paläoklima der Weichselkaltzeit im nördlichen Mitteleuropa – Ergebnisse paläobotanischer, -faunistischer und geologischer Untersuchungen. – Schriftenr. Dtsch. Geol. Ges. 4, 249 S., Hannover
- GRÜGER, E. (1979): Die Seeablagerungen vom Samerberg/Obb. und ihre Stellung im Jungpleistozän. – Eiszeitalter und Gegenwart 29, S. 23-34, Hannover
- Hahne, J., Kemle, S., Merkt, J. & K.D. Meyer (1994): Eem-, weichsel und saalezeitliche Ablagerungen der Bohrung "Quakenbrück GE 2". Geol. Jb. A 134, S. 9-69, Hannover
- JESSEN, K. & V. MILTHERS (1928): Stratigraphical and palaentological studies of interglacial fresh-water deposits in Jutland and Northwest Germany. – Danm. Geol. Unders., II.R. 48, 379 S., Kopenhagen
- JUNG, W. BEUG, H. J. & R. DEHM (1972): Das Riß/Würm-Interglazial von Zeifen, Landkreis Laufen a. d. Salzach. Mit Beitr. von H. FREUDE, H. HAGN, W. OHMERT, J. POELT, F. TEROFAL & J. H. ZIEGLER. Bayr. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Klasse. Abhandl., N.F. 151, 131 S., München
- Litt, T., (1994): Paläoökologie, Paläobotanik und Stratigraphie des Jungquartärs im nordmitteleuropäischen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung des Elbe-Saale-Gebietes. Dissertationes Botanicae 227, 185 S., Stuttgart (Borntraeger)
- Mamakova, K. (1989): Late Middle Polish glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramovice near Wroclaw and the pollen stratigraphy of this part of the pleistocene in Poland. Acta Palaeobotanica 29, S. 11-176, Krakow
- Menke, B. & Ross, P.H. (1967): Der erste Fund von Kieselgur in Schleswig-Holstein bei Brokenlande, südlich Neumünster mit einem Beitrag zur Biostratigraphie des "Saale-Spätglazials". Eiszeitalter und Gegenwart 18, S. 113-126, Öhringen/Württ.
- MENKE, B. & R. TYNNI (1984): Das Eeminterglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstall/Dithmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung. Geol. Jb. A 76, S. 3-120, Hannover
- MERKT, J. & H. MÜLLER (1999): Varve chronology and palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. Quat. Int. 61, S. New York, Oxford
- Müller, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der eemzeitlichen Kieselgur von Bispingen/Luhe. Geol. Jb. A 21, S. Hannover
- Wolllard, G. (1978): Grande Pile peat bog: A continous pollen record for the last 140,000 years. Quaternary Research 9, S. 1-21, Washington
- Zagwijn, W. (1961): Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. Part I: Eemian and Early Weichselian. Meded. Rijks geol. Dienst, N.S. 14, S. 15-45, Maastricht

Zagwijn, W., (1983): Sea-level changes in the Netherlands during the Eemian. – Geologie en Mijnbouw **62**, S. 437-450, Den Haag

Anschrift des Autors:

Dr. H. Freund

Institut für Geobotanik, Universität Hannover

Nienburger Str. 17

30167 Hannover

e-mail: freund@mbox.geobotanik.uni-hannover.de