

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	27	53—68 1 Abb., 3 Tab.	<i>Öbringen/Württ. 1976</i>
----------------------------------	----	-------------------------	-----------------------------

Neue Ergebnisse zur Stratigraphie und Landschaftsentwicklung im Jungpleistozän Westholsteins*)

BURCHARD MENKE **)

Stratigraphic scale, Upper Pleistocene (Eemian, Weichselian), Periglacial, Palynology, Paleosol, Environment
NW-German Lowlands (Schleswig-Holstein), Denmark, Netherlands

Kurzfassung: An limnischen Sedimenten und an Humusdecken fossiler Böden werden palynologische Untersuchungen durchgeführt. Sie führen zu einer teilweisen Revision der stratigraphischen Einstufung fossiler Böden. Skelettarme Sande wurden bereits vor den eemzeitlichen Bodenbildungen verbreitet abgelagert. Die Eem/Weichsel-Grenze liegt meist an der Basis typisch geschichteter (i. w. wohl niveofluviatiler), skelettarmer Fein- bis Mittelsande, die sich durch maximal zwei, dem Brørup- und Odderade-Interstadial zugeordneten Podsol-Böden untergliedern lassen. Das Roedebaek-Interstadial deutet sich in organogenen Abfolgen allenfalls nur schwach an und führte nicht zu einer Unterbrechung der minerogenen Umlagerungen, ebenso zu keiner nachweisbaren Bodenbildung. Ein jüngeres „Keller-Interstadial“ deutet sich in Bodenbildungen schwach an.

[Upper Pleistocene Stratigraphy and Environment (Western Schleswig-Holstein, Germany)]

Abstract: The Early Weichselian stratigraphy has been proved by pollenanalytical investigations of an almost undisturbed series of more than 25 m thick limnic sediments which were deposited during the Early Weichselian. Attempions have been made to correlate this with the development of sediments and soils conserved in terrestrial depressions. In Schalkholz this correlation partly has been proved by pollen analysis.

1. Einleitung

Die letzten Zusammenfassungen über die Landschaftsentwicklung und die Stratigraphie des Jungpleistozäns im westlichen Schleswig-Holstein gaben GRIPP (1964), DÜCKER (1967), PICARD (1970) und MENKE & BEHRE (1973). Seither sind im Rahmen der geologischen Kartierung und flankierender Untersuchungen weitere Ergebnisse erzielt worden. DÜCKER (1967) stützte sich i. w. auf einen Vergleich fossiler Böden unter Zugrundelegung von Radiocarbon-Datierungen. An organogenen Serien stand ihm nur das Vorkommen von Odderade (AVERDIECK 1967, DÜCKER & HUMMEL 1967) zum Vergleich zur Verfügung. Inzwischen sind ungestörte, limnische Ablagerungen bekannt, die an mehreren Stellen untersucht wurden. Insbesondere die Bohrung „Rederstall I“ ergab ein für Nordwesteuropa wichtiges Vergleichsprofil. In Schalkholz bot sich die Möglichkeit, fossile Bodenbildungen aufgrund organogener Ablagerungen unmittelbar stratigraphisch einzustufen.

*) Die hier mitgeteilten Ergebnisse wurden bei der Exkursion der Deutschen Quartärvereiniung am 31. 8. 1976 erläutert (vgl. Bericht über die Tagung in E. u. G. Bd. 27).

**) Anschrift des Verfassers: Dr. Burchard Menke, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7, 2300 Kiel.

	Stratigraphy:	dominant type of soil or clastic sediment:
	Middle Weichselian Glacial	Redeposition by solifluction and kryoturbation
Early Weichselian Glacial	Kryomer ("Keller Interstadial") Kryomer	sand (and loess?) unimportant podsol niveofluviatile-eolian sand (and loess?), first solifluction
	Odderade Interstadial	Podsol
	Kryomer	niveofluviatile-eolian sands
	Brørup Interstadial (main thermomer, short kryomer, thermomer)	Podsol
	Kryomer (Roedeback Interstadial, very short and unimportant) Kryomer	niveofluviatile-eolian sands (no soil proved) niveofluviatile-eolian sand
	Eemian Interglacial	Podsol Parabraunerde, Pseudogley, Gley
	Late Warthian (Saalian) Glacial	(eolian) sands
	Middle Warthian Glacial	glacial sediments

2. Gliederung des Weichselfrühglazials im nordwestlichen Europa

Im nordwestlichen Europa wurden bisher folgende weichselfrühglaziale Interstadiale aufgestellt und untereinander korreliert:

Niederlande (ZAGWIJN 1961)	Dänemark (ANDERSEN 1961)	Schleswig-Holstein (AVERDIECK 1967)	(DÜCKER 1967)
„Brørup“	— Brørup	— Odderade	— Nordhastedt
Amersfoort	— Roedeback	— „Brørup“	— Loopstedt
		— „Amersf.-Roedeb.“	— Albersdorf

Weiterhin stellt DÜCKER (1967) ein angeblich weichselhochglaziales „Ostrohe-Interstadial“ auf.

Der dänischen Gliederung liegen Typuslokalitäten in Dänemark zugrunde. Auf sie wird unten eingegangen. Die niederländische Gliederung beruht auf einer Korrelierung des Amersfoort-Interstadials mit dem Roedeback-Interstadial. Nur unter der Voraussetzung der Richtigkeit dieser Korrelierung ist diese Gliederung anwendbar, da das „Brørup“ sich in jedem Fall an der dänischen Typuslokalität orientieren muß. Die Gliederung AVERDIECKS (1967) beruht auf einer Korrelierung des Vorkommens von Odderade mit den dänischen und niederländischen Vorkommen, wobei das „Roedeback“ in Odderade problematisch bleibt, worauf unten zurückzukommen sein wird. In Schleswig-Holstein und im

nördlichen Niedersachsen muß sich die Richtigkeit der Korrelierung der niederländischen mit der dänischen Gliederung erweisen, insofern ist es ein wichtiges Schlüsselgebiet.

Die erwähnte Bohrung Rederstall I wurde nordöstlich des Ortes Rederstall (Top. Karte 1 : 25 000 Blatt 1721, Tellingstedt) niedergebracht. Ihre Bearbeitung ist noch nicht abgeschlossen, daher soll das Material im einzelnen später veröffentlicht werden. Die Bohrung ergab folgende Schichtfolge (heutige Oberfläche ca. NN + 1 m):

0 — 5,75 m	Holozän bis Weichselspätglazial. Hochmoortorf, unterlagert von Seggentorf und Mudde, basal in geringmächtige Kalkmudde übergehend.
5,75 — 8,50 m	Weichselhochglazial. Mittel- bis Feinsand, z. T. schluffig, kalkig.
8,50 — 36,20 m	Weichselfrühglazial. Mudden und Sande, kalkfrei.
12,50 — 14,50 m	WF IV (Odderade-Interstadial), Mudde bis Torf.
14,50 — 24,00 m	WF III (Kryomer), Mudde bis Fein- und Mittelsand.
24,00 — 34,20 m	WF II (Brørup-Interstadial), Diatomeenmudde.
34,20 — 36,20 m	WF I (Kryomer), Mudde, sandig.
36,20 — >40,00 m	Eem-Warmzeit, Diatomeenmudde (bzw. Kiesegur).

Das Brørup-Interstadial läßt sich weiter untergliedern:

WF IIb	Kiefern-Fichten-Zone (ca. 24,00—ca. 30,00 m)
WF IIa3	Birken- bis Birken-Kiefern-Zone (ca. 30,00—ca. 31,50 m)
WF IIa2	Birken-Wacholder-Zone (ca. 31,50—32,25 m)
WF IIa1	Birken- bis Birken-Kiefern-Zone (32,25—34,20 m).

Ein Interstadial, das dem Roedeback-Interstadial entsprechen könnte, deutet sich im Bereich von 35,0 bis 35,3 m durch eine vorübergehende Zunahme des Birkenpollens (wobei der NBP, insbesondere derjenige von Heliophyten, jedoch gut vertreten bleibt) schwach an.

Um das Roedeback-Interstadial ist in den letzten Jahren eine Diskussion entstanden. Die wesentlichen Einwände sind folgende: Das Roedeback-Interstadial (ANDERSEN 1961) wird an seiner Typuslokalität Roedeback (ANDERSEN 1961: Taf. IX) lediglich durch eine tonige Detritusmudde, die von Sand über- und unterlagert wird, belegt. Da hier das Brørup-Interstadial fehlt, läßt sich aus der Lagerung nur sagen, daß es jünger ist als die Eem-Warmzeit. Floristisch zeichnet sich das Roedeback-Interstadial i. w. durch häufigeres Vorkommen von Wasserpflanzen aus. An der Lokalität Brørup (ANDERSEN 1961; Taf. VI) wird eine Schicht mit stärkerem Wasserpflanzen-Vorkommen zwischen Eem und Brørup-Interstadial mit dem Vorkommen von Roedeback korreliert (Zone W2c), jedoch tritt dort unterhalb dieses Niveaus nochmals ein ähnlicher Horizont (Zone W2a) auf, der nicht zu einem Interstadial gerechnet wird. In Herning (ANDERSEN 1961: Taf. XI, XII, XIII) sind Wasserpflanzen in der Zone W2c nur teilweise stärker vertreten als in den Zonen W1, W2a, W2b, W2d.

Wegen ihres sprunghaften Auftretens eignen sich Wasserpflanzen als Angehörige der „azonalen“ Vegetation (MENKE 1975: 11, 20 ff.) nur bedingt für den Nachweis von Klimaschwankungen. Insbesondere kann aus ihrem Fehlen nicht auf eine ungünstigere Temperatur geschlossen werden, da auch andere Gründe, z. B. zu starke Mineraleinschwemmungen bzw. Sedimentation in Betracht kommen können. Weiterhin läßt sich die Wassertemperatur in einem stehenden Gewässer wegen möglicher lokaler Erwärmung infolge Sonneneinstrahlung nicht ohne weiteres mit der Lufttemperatur der Umgebung, die für die zonale Vegetation (MENKE 1975: 11 ff.) entscheidend ist, vergleichen. Somit bleibt der Nachweis des Roedeback-Interstadials sowohl an seiner Typuslokalität wie auch in den anderen dänischen Vorkommen nicht unproblematisch. Die Sedimente der Zone W2c (ANDERSEN 1961, Roedeback-Interstadial) zeichnen sich in den dänischen Vorkommen durch einen geringeren Mineralgehalt aus, was möglicherweise die Ursache für das bessere Gedeihen der Wasserpflanzen war.

In Nordwestdeutschland blieb der Nachweis des Roedeback-Interstadials bisher ebenfalls sehr problematisch: In den meisten Vorkommen gibt es für ein Interstadial zwischen Eem und Brørup-Interstadial keinerlei Anzeichen. Lediglich in Odderade (AVERDIECK 1967, Zone FW2) wurde das Roedeback-Interstadial vermutet. Nach den neuen Befunden entspricht diese Zone aber sehr wahrscheinlich der Zone WF IIa1 in Rederstall und gehört somit in das Brørup-Interstadial. Eine Parallele zum „Roedeback-Interstadial“ von Rederstall kann dagegen in der Bohrung „Odderade 5“ (AVERDIECK 1967) in dem schwachen Birken-Maximum in 11,20 m Tiefe innerhalb der Zone FW1 nach AVERDIECK (1967) gesehen werden.

Im Roedeback-Interstadial waren die Umlagerungen vermutlich etwas schwächer, hörten aber weder in Dänemark noch in Schleswig-Holstein ganz auf, was gegen eine Vollbewaldung spricht; gegen diese spricht im übrigen auch die Pollenvergesellschaftung. Eine vollständige Bewaldung fand erst im Brørup-Interstadial statt.

Die Zone WF IIa1 des Brørup-Interstadials ist als Birken-Zone (am Ende mit beginnender Kiefern-Ausbreitung) ausgebildet. Es folgt ein Rückschlag in der Zone WF IIa2. Anfangs treten höhere Nichtbaumpollen- später höhere *Juniperus*-Anteile auf. Der Rückschlag führte jedoch wohl nicht zur Vollenwaldung. Wie in Dänemark, ist der Wacholder auch in Rederstall ein charakteristisches Gehölz dieser Zone. Die Zone WF IIa3 beginnt mit erneuter Birken-Ausbreitung, unter Beteiligung der Lärche. Zusammen mit dem Beginn der nachfolgenden Kiefern-Ausbreitung gewinnt auch die Fichte an Bedeutung. Eine ähnliche Untergliederung des Brørup-Interstadials beschreibt BEHRE (1974) aus dem nördlichen Niedersachsen.

Das Odderade-Interstadial zeigt in Rederstall eine ähnliche Entwicklung wie an der Typus-Lokalität Odderade (AVERDIECK 1967). Es ist vom Brørup-Interstadial durch ein ausgeprägtes Kryomer getrennt und beginnt mit einer Birken-Zone. In der Kiefern-Zone bricht das Odderade-Interstadial in Rederstall erosiv gegen die Deckschichten ab.

Der Vergleich mit den niederländischen Vorkommen des Weichselfrühglazials (ZAGWIJN 1961) ist weniger gut möglich als der mit den dänischen: ZAGWIJN (1961) beschreibt zwei einander offenbar sehr ähnliche Interstadiale mit Kiefer, Fichte und thermophilen Sippen. Das ältere dieser beiden, das Amersfoort-Interstadial, weist an seiner Typus-Lokalität einen vermutlich erheblichen Lokaleinfluß (*Equisetum*-Torf) auf. Hierauf gehen wohl auch die hohen NBP-(*Cyperaceae*-)Werte im oberen Teil der Bohrung 2 (ZAGWIJN 1961: Taf. II) zurück, so daß dieser im Baumpollen von Kiefer, Birke und Erle beherrschte Abschnitt (EW III nach ZAGWIJN) wohl noch zum Amersfoort-Interstadial gehört. Im übrigen bricht das Amersfoort-Interstadial hier anscheinend überall erosiv gegen die bedeckende Sandschicht ab, so daß die Pollendiagramme vielleicht nicht die vollständige Entwicklung zeigen. In Wanssum (ZAGWIJN 1961: Taf. VII) sind Fichte und thermophile Sippen, insbesondere Erle, im Amersfoort-Interstadial erheblich beteiligt. Das jüngere der beiden Interstadiale, von ZAGWIJN (1961) als „Brørup-Interstadial“ bezeichnet, hat in Amersfoort einen dem Amersfoort-Interstadial ähnlichen Vegetationscharakter, wobei wiederum Lokaleinflüsse (Bruchwaldtorf) zu berücksichtigen sind. Problematisch ist bei dieser Sachlage die Korrelierung des sehr ausgeprägten Amersfoort-Interstadials mit dem in Dänemark und in Nordwestdeutschland allenfalls nur andeutungsweise erkennbaren, häufig auch nicht nachweisbaren Roedeback-Interstadial.

Es wurde früher vermutet (MENKE 1970, MENKE & BEHRE 1973, BEHRE 1974), daß das Amersfoort-Interstadial wahrscheinlich dem dänischen Brørup-Interstadial und das niederländische „Brørup-Interstadial“ dem Odderade-Interstadial entspricht. ERD (1973: 1098) stellt eine Korrelierung des Amersfoort-Interstadials mit dem älteren Thermomer des Brørup-Interstadials (unsere Zone FW IIa1) und des „Brørup“-Interstadials der Nieder-

lande mit dem jüngeren Thermomer (unsere Zone FW IIa3 bis FW IIb) des dänischen Brørup-Interstadials zur Diskussion. Die Richtigkeit dieser Korrelierung läßt sich anhand des bisher aus den Niederlanden veröffentlichten Materials (ZAGWIJN 1961) nicht überprüfen. Insbesondere ist der Vegetationscharakter des Kryomers zwischen Amersfoort- und „Brørup“-Interstadial dort noch unzureichend bekannt.

Nach ZAGWIJN (1961) gehört das Vorkommen von Harksheide (HALLIK 1955) aufgrund des Pollendiagramms sehr wahrscheinlich dem Amersfoort-Interstadial an. Nach unserer heutigen Kenntnis (vgl. auch BEHRE 1974) ist das Vorkommen von Harksheide jedoch in das Brørup-Interstadial (eine Alternative wäre allenfalls das Odderade-Interstadial), keinesfalls jedoch in das Roedeback-Interstadial zu stellen.

Die geschilderte Sachlage läßt eine ausgeprägte Bodenbildung im Roedeback-Interstadial nicht erwarten. Aus diesem Grund muß auch das „Albersdorf-Interstadial“ (DÜCKER 1967) problematisch erscheinen und bedarf einer Überprüfung. Hierzu werden aber zunächst weitere Vorkommen besprochen. Eine Übersicht über die heutige Korrelierung der Vorkommen von Brørup, Rederstall, Odderade und Osterwanna zeigt Tab. 1.

Tab. 1: Korrelierung der Vorkommen von Odderade, Rederstall, Brørup und Osterwanna

Odderade (AVERDICK 1967)	Rederstall I (MENKE, i. Vorb.)	Brørup (ANDERSEN 1961)	Osterwanna (BEHRE 1974)	
	WF V			Kryomer
FW 6	WF IV			Odderade-Interstadial
FW 5	WF III			Kryomer
FW 4 („Brørup- Interstadial“)	WF IIb WF IIa3	W 5 W 3e, W 4	D C	
FW 3	WF IIa2	W 3d	B	Brørup-Interstadial
FW 2 („Roedeback- Interstadial“)	WF IIa1	W 3a—c	A	
	WF Ic	W 2d		Kryomer
FW 1	WF Ib	W 2c		(Roedeback-Interstadial)
	WF Ia	W1, W 2a, b		Kryomer
h	VII	h		Eem-Warmzeit

3. Jungpleistozäne Hohlformfüllungen in Schalkholz

In der südlichen Seitenmoräne des warthezeitlichen Zungenbeckens von Schalkholz (TK 25 1721, Tellingstedt) sind in der Grube des Kalksandsteinwerkes v. WILDENRATH zwei Hohlformfüllungen aufgeschlossen, die jeweils mehrere Paläoböden enthalten. Im Muldentiefsten der größten Hohlform ist im Prinzip z. Zt. folgende Schichtfolge aufgeschlossen (eine genauere Darstellung und Analysen werden später eröffnet):

(Mutterboden abgeschoben, vermutlich z. T. geringmächtige Flugsandüberdeckung).

- a) ca. 0,80 m mächtiger steinig-kiesiger Sand, ungeschichtet, Fließerde.
- b) ca. 1,70 m mächtiger Mittelsand, mit Grobsand- und Kieslagen, geschichtet.
- c) ca. 0,20 m mächtiger Feinsand, schwach schluffig, grau, visuell schwach ausgeprägter Boden „Schalkholz IV“, unterlagert von ca. 0,70 m mächtigem Feinsand, geschichtet.
- d) ca. 0,30 m mächtiger kiesiger Mittelsand, ungeschichtet, Fließerde.
- e) ca. 1,40 m mächtiger Fein- und Mittelsand, geschichtet, gelbbraun.
- f) ca. 0,10 m mächtiger humoser Sand, dunkelgrau (Ah-Horizont des Bodens „Schalkholz III“).
- g) ca. 2,40 m mächtiger schluffiger Feinsand, überwiegend geschichtet, im oberen Teil stärker sandig mit Bodenbildung „Schalkholz III“ (Podsol), grau.
- h) ca. 0,10 m mächtiger mineralarmer Humus (Ao-Horizont des Bodens „Schalkholz II“).
- i) ca. 0,80 m mächtiger schluffiger Feinsand, im oberen Teil mit Bodenbildung „Schalkholz II“ (Podsol), grau.
- k) ca. 0,25 m mächtiger mineralarmer Humus (Ao-Horizont des Bodens „Schalkholz I“).
- l) ca. 0 —
0,60 m mächtiger Fein- bis Mittelsand, ungeschichtet bis undeutlich schichtig, grau (Bodenbildung „Schalkholz I“).
- m) ca. 0,50 m mächtiger Schluff, grau (Bodenbildung „Schalkholz I“).
- n) ca. 1,00 m mächtiger Geschiebelehm (oder Fließerde), steinig-kiesig, ungeschichtet, grau, rostfleckig (vermutlich g-Horizont des Bodens „Schalkholz I“).
- o) ca. 0,70 m mächtiger fetter Geschiebelehm, grau (vermutlich g-Horizont des Bodens „Schalkholz I“).
- p) ca. 0,70 m mächtige Wechsellagerung von sandigem Geschiebelehm und Sand, bräunlich.
- q) gestauchte Fein- bis Mittelsande, im oberen Teil mit starken Eisenoxidausfällungen.

Der unterste Boden („Schalkholz I“) ist als Podsol-Pseudogley anzusprechen. Er ist visuell kräftiger ausgeprägt als die beiden folgenden Böden „Schalkholz II“ und „Schalkholz III“, die in ihrer Ausprägung visuell einander ähneln und als Feuchtpodsol anzusprechen sind. Der Boden „Schalkholz IV“ ist visuell am schwächsten ausgeprägt. Es handelt sich aber wohl um eine autochthone Bildung, da der Boden im Muldentiefsten über eine Strecke von ca. 50—60 m gleichartig ausgebildet ist und das damalige Relief ungestört überzieht. Auch in der Seitenmulde tritt dieser Boden — wie die übrigen — in gleicher Weise auf.

Die beiden kompakten Humushorizonte sind genetisch als pollenreiche Waldhumusdecken anzusprechen. Die Pollenspektren aus dem Humus des Bodens „Schalkholz I“ weisen eine klar eemzeitliche Abfolge auf. Diese beginnt in der Haselzeit (Zone IVa) und endet mit dem beginnenden Weichselfrühglazial. Trotz geringer Mächtigkeit ist also der größte Teil der Eem-Warmzeit repräsentiert. Die hauptsächliche Humusanreicherung fand im jüngeren bis jüngsten Eem statt. Eine nennenswerte Erosion erfolgte am Ort der Profilentnahme im Weichselfrühglazial nicht. Auch sonst sind Spuren der Erosion nur spärlich vorhanden.

Zunächst herrschte örtlich ein haselreicher Mischwald (Zone IVa), dann ein Lindenwald mit Hasel, Ulme und Erle (Zone IVb); zeitweilig waren auch Birke und Weide örtlich stärker beteiligt. Während der Hainbuchenzeit (Zone V) herrschte ein Hainbuchenwald mit Eiche, Erle, teilweise auch mit Birke. Die Fichte nahm allmählich an Bedeutung zu. In der Tannenzeit (Zone VI) herrschten hauptsächlich Fichte, Kiefer und Birke. Der Unterwuchs bestand jetzt schon aus Heidekraut (vorher aus Gräsern und Farnen). Später (Zone VII) lichtete sich der Wald weiter auf, und das Heidekraut dominierte. Gegen Ende der Warmzeit oder am Beginn des Weichselfrühglazials erschien die subarktische Moltebeere, ein weiterer Hinweis auf die fortgeschrittene Auflichtung des Waldes. Faßt man die Pflanzensippen nach ihrem standörtlichen Verhalten zusammen, so herrschten in der Lindenzeit Besiedler eu- bis mesotropher Standorte (Mull- bis Moderstandorte); Besiedler

ausgesprochener Rohhumus-Standorte fehlten noch ganz. In der Hainbuchenzeit gewann diese Gruppe allmählich an Raum. Sie hat gegen Ende der Hainbuchenzeit einen Pollenanteil von größenordnungsmäßig 20 % der Pollensumme. Den Hauptanteil stellen indifferente Sippen. Vom Ende der Tannenzeit ab sinkt der Anteil eu- bis mesotrophen Sippen rasch bis zum Verschwinden ab. Da diese Gruppe jedoch gleichzeitig thermophile Sippen umfaßt, mag hierbei eine Abnahme der Sommertemperatur mitgespielt haben. Andererseits nimmt der Anteil der ausgesprochenen Rohhumusbesiedler aber rasch bis zur absoluten Dominanz zu. Wir können hieraus schließen, daß die Nährstoffverarmung und Versauerung zwar bereits in der Lindenzeit und im älteren Teil der Hainbuchenzeit einsetzte, aber erst nach der Hainbuchenzeit zur extrem sauren Rohhumus-Bildung führte. Diese Entwicklung ist bei der Deutung der bodenkundlichen Befunde zu berücksichtigen. Spätestens von der Lindenzeit ab war der Standort auch recht feucht, aber doch nicht so naß, daß sich ein echter Bruchwaldtorf bildete. Hiermit in Übereinstimmung steht der Befund, daß in Schalkholz Wurzeltöpfe, die in Böden trockener Standorte verbreitet sind, fehlen oder doch ganz zurücktreten.

Die Bearbeitung der fossilen Böden soll von anderer Seite durchgeführt werden, daher kann ihre Beschreibung hier kurz gefaßt werden; hier soll vielmehr der paläoökologische und genetische Aspekt im Vordergrund stehen. Wegen der Hochlage auf der Seitenmoräne und der Drainung der unterlagernden, gestauchten Schmelzwassersande, ist ein Grundwassereinfluß undenkbar. Die Muldenlage und der z. T. fette Geschiebelehm (als Staukörper) bewirkten jedoch eine Staunässe, nach der Vegetation und Humusanreicherung zu urteilen, wohl mit überwiegender Naßphase. Charakteristisch sind die überwiegend graue Farbe des Geschiebelehms und die starken Eisenoxidausfällungen unter der Basis des Geschiebelehms. Aufgrund der Vegetationsentwicklung ist eine Podsolierung frühestens vom jüngeren Teil der Hainbuchenzeit ab zu erwarten. In der Hauptsache erfolgte sie jedoch zweifellos erst nach dem Ende der Hainbuchenzeit. Es sind somit zwei Phasen der Bodenentwicklung zu erwarten: Zunächst bildete sich ein Pseudogley mit zunehmender Entbasung, dieser wurde in der Spätphase der Eemwarmzeit durch eine Podsolierung überprägt. Es bleibt vor allem zu klären, wie sich der „Graulehm-Pseudogley“ der Eemwarmzeit vom echten Graulehm unterscheiden läßt, der nach Stremme (1960, 1964, vgl. auch PICARD 1970) für die Treene (= Drenthe/Warthe-Warmzeit) charakteristisch ist.

Die Humusdecke des Bodens „Schalkholz II“ ist von Anfang an als Rohhumus unter einem verheideten Nadelwald entstanden. Es handelt sich um eine interstadiale Vegetation vom Brørup-Typ (Kiefern-Birken-Fichten-Vergesellschaftung mit geringem Anteil thermophiler Sippen, vor allem *Alnus* und *Corylus*). In der Bodenvegetation herrschten Heidekräuter, darunter *Bruckenthalia*. Eine Entscheidung, ob es sich um das Brørup- oder das Odderade-Interstadial handelt, ist hier pollenfloristisch nicht möglich. Der Situation nach kommt nur das Brørup-Interstadial in Betracht. Die Lärche scheint z. Z. der Humusanreicherung örtlich nicht vorgekommen zu sein. Der Vegetation nach ist der Boden als feuchter, borealer Nadelwald-Podsol einzustufen. Eine ähnliche Einstufung ist auch für den Boden „Schalkholz III“ zu erwarten. Bemerkenswert ist die ausgesprochen graue Farbe der Sedimente zwischen Eem und dem Boden „Schalkholz III“, der vermutlich dem Odderade-Interstadial angehört.

In den Zeiten der Bewaldung lag das Substrat fest. Trotz des beachtlichen Reliefs erfolgten in diesen Zeiten praktisch keine Substratumlagerungen, wie der allenfalls nur sehr geringe Mineralgehalt der beiden Humusdecken zeigt.

Die Auffüllung der Hohlform mit klastischen Sedimenten setzte bereits vor der Ablagerung der untersten Humusdecke ein (vgl. Schicht „m“ und „l“, vielleicht bereits Schicht „n“, s. o.), d. h. im zeitlichen Bereich zwischen dem Abschmelzen des Schalkholzer Eises

und der Haselzeit der Eem-Warmzeit; sie wurde dann durch die eemzeitliche Bewaldung gestoppt. Erst infolge der zu Beginn des Weichselfrühglazials erfolgten Entwaldung (Definition der Warmzeit/Kaltzeit-Grenze vgl. MENKE 1975: 36 ff.) setzte die Auffüllung der Hohlform mit klastischem Material erneut ein. Sie erfolgte in Schalkholz so schonend, daß die eemzeitliche Humusdecke fast vollständig erhalten blieb. Gleiches gilt für die im Zuge der Entwaldungen am Ende der beiden Interstadiale jeweils einsetzenden weiteren Auffüllungen. Größere Erosionsdiskordanzen sind im Aufschluß weder erkennbar, noch aufgrund der geschilderten Sachlage wahrscheinlich. Die weichselfrühglazialen, klastischen Sedimente dürften i. w. als niveofluviatile Ablagerungen anzusehen sein. Wie weit eine äolische Komponente beteiligt ist, läßt sich im einzelnen schwer abschätzen.

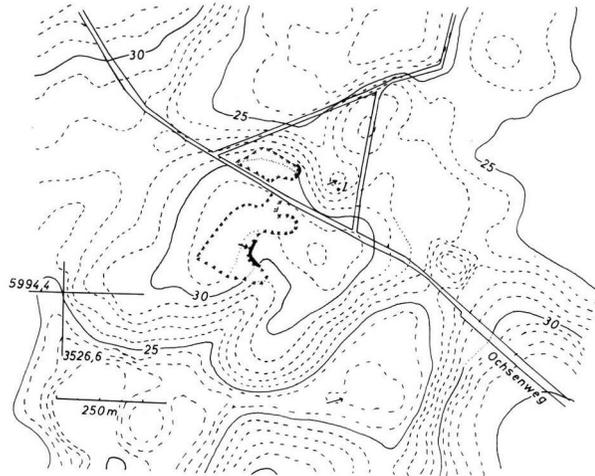


Abb. 1: Lage der Kiesgruben in Keller und heutige Morphologie (nach der DGK 5 und Nivellements des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein). Aufgrund der Sanderschüttung wird im Bereich der südwestlichen Grube eine Hauptschüttungsrichtung von etwa NO nach SW angenommen. I = Bohrung Keller I (Menke 1970, 1975); dicke Linien = Schichtfolgen mit fossilen Bodenbildungen; Pfeil in der südlichen Grube = Lage des auf S. 62 beschriebenen Profils.

Anzeichen für ein Roedebaek-Interstadial sind in Schalkholz nicht sicher erkennbar. Zwischen „Schalkholz I“ und „Schalkholz II“ treten zwar schwache, diffuse Humuszonen auf, doch handelt es sich wegen ihrer Diskontinuität vermutlich um Umlagerungen. Sicher sind in Schalkholz somit nur zwei größere Interstadiale nachweisbar, von denen das ältere bereits eine Vegetation von Brørup-Typ aufweist. Auf den visuell sehr viel schwächer ausgeprägten Boden „Schalkholz IV“ wird später zurückzukommen sein.

4. Jungpleistozäne Hohlformfüllungen in Keller

In Keller (TK 25 1922, Schenefeld) liegt nördlich und südlich des „Ochsenweges“ je eine Kiesgrube. Die nördliche ist inzwischen planiert worden. In dieser Grube beobachtete bereits A. DÜCKER Paläoböden. Sie ließen in der östlich anschließenden Hohlform (Abb. 1) organogene Ablagerungen erhoffen, die durch zwei Bohrungen bestätigt wurden. Eine dieser Bohrungen wurde pollenanalytisch bearbeitet („Keller I“, vgl. MENKE 1970, 1975). Später wurde auch in der südlich des Ochsenweges gelegenen Kiesgrube eine weichselzeitlich verfüllte Hohlform mit Paläoböden angeschnitten. Die Böden und die Sedimente dieser Hohlform lassen sich an der gemischt organogen-klastischen Abfolge der Bohrung

„Keller I“ zwanglos orientieren (Tab. 2) und auch mit der Schichtfolge von Schalkholz vergleichen. Die Hohlformfüllungen gestatten es, die seit dem Ende der Warthezeit stattgefundenen Vorgänge zu rekonstruieren.

Tab. 2: Eemzeitliche und weichselfrühglaziale Hohlformfüllungen in Keller

Nördliche Hohlform	Südliche Hohlform	Zone
	(Steinsohle) sandig-kiesige Fließerde	WH
	„Sandlöß“	
	geringmächtiger Podsol („Keller IV“)	„Keller-Interstadial“
	„Sandlöß“	
	sandig-kiesige Fließerde	
----- z. T. Erosionsdiskordanz -----		
niveofluv. u. äolischer Sand	niveofluv. u. äolischer Sand	WF 5
Podsol	Podsol („Keller III“)	WF 4 (Odderade-Interstadial)
niveofluv. u. äolischer Sand sandige Mudde	niveofluv. u. äolischer Sand	WF 3
Sphagnum-Torf Detritus-Mudde	Podsol („Keller II“)	WF 2 (Brørup-Interstadial)
sandige Mudde	niveofluv. u. äolischer Sand	WF 1
Detritus-Mudde Sphagnum-Torf Mudde geringmächt. Sand geringmächt. Mudde	Parabraunerde-Podsol („Keller I“) geringmächt. Sande	Eem
Sander	Sander	Warthe

Die Kiesgruben von Keller liegen in einem Sander, der nach Geschiebezählungen (G. SCHLÜTER, mdl.) in die Warthezeit einzustufen ist. Die heutige Oberfläche weist eine ausgesprochen wellige Morphologie auf. Berücksichtigt man die seit der Eemwarmzeit erfolgte Auffüllung der Hohlformen, so kann man von einer ursprünglich welligen bis kupfigen Sanderlandschaft sprechen. Wie der Aufschluß zeigt, verläuft die Schichtung des Sanders parallel zur ursprünglichen (im Bereich der Höhen auch noch annähernd parallel zur heutigen) Oberfläche. Gletscherstauchungen sind in der südlichen Grube nicht erkennbar, wohl aber haben im Randbereich der Hohlform zahlreiche Abschiebungen in Richtung auf die Hohlform stattgefunden. Diese kann also erst nach der Ablagerung des Sanders entstanden sein; es handelt sich offenbar um einen über Toteis geschütteten „Hochsander“. Eine derartige „kuppige Sanderlandschaft“ ist vielfach für weichselzeitliche Sander innerhalb des Maximalbereichs der weichselzeitlichen Vereisung charakteristisch und wiederholt sich offensichtlich im Bereich der Warthe-Vereisung (vgl. hierzu auch STEPHAN 1974).

Die Schichtfolge der südlichen Hohlform läßt sich folgendermaßen gliedern:

- a) ca. 0,50 m —
0,75 m mächtiger kiesiger Sand, steinig, ungeschichtet, Fließerde.
- b) ca. 0,50 m mächtiger Mittelsand, z. T. deutlich geschichtet, z. T. in den weichselhochglazialen „Brodellhorizont“ einbezogen. An der Grenze zu folgenden Eisenoxidausfällungen.
- c) ca. 0,80 m mächtiger sandiger Schluff, schwach kiesig („Sandlöß“). Durch einen fossilen Boden („Keller IV“) untergliedert (visuell schwach ausgeprägter Podsol).
- d) ca. 0,15 m mächtiger kiesig-steiniger Mittelsand, ungeschichtet, diskordant die unteren Schichten überdeckend. Fließerde.
- e) ca. 0,40 m mächtiger Mittelsand, geschichtet.
- f) ca. 0,05 m mächtiger humoser Sand (Ah-Horizont des Bodens „Keller III“).
- g) ca. 0,20 m mächtiger Mittelsand, grau, unten rötlich gefleckt; Ae- und angedeuteter Bs-Horizont des Bodens „Keller III“.
- h) ca. 0,05 m mächtiger humoser Sand (Ah-Horizont des Bodens „Keller II“).
- i) ca. 1,50 m mächtiger Mittelsand, im oberen Teil ca. 0,10 m hellgrau (Ae-Horizont des Bodens „Keller II“), darunter ca. 0,10 m mächtiger rötlich-brauner Bs-Horizont. Untere Sedimente geschichtet.
- k) ca. 0,05 m mächtiger humoser Sand (Ah-Horizont des Bodens „Keller I“).
- l) ca. 1,00 m mächtiger Mittelsand, ungeschichtet, vereinzelt Kies und Steine. Im oberen Teil ca. 0,22 m mächtiger Ae-Horizont, hellgrau. Darunter ca. 0,25 m mächtiger rotbrauner Bs-Horizont. Unterlagernder Sand mit pedogener Bänderung und Humusflektung.
- m) ca. 0,50 m mächtiger sandiger Grobkies mit Steinen, ungeschichtet, braun (dunkler gefärbt als die über- und unterlagernden Schichten).
- n) geschichteter Sander.

Visuell tritt der Boden „Keller I“ durch seinen fast weißen Ae- und seinen fuchsroten Bs-Horizont besonders stark hervor. Der Ah-Horizont dieses Bodens bildet gleichzeitig eine markante Schichtgrenze zwischen dem unteren, ungeschichteten, schwach kiesig-steinigen Sand und den hangenden, deutlich geschichteten, steinfreien Sanden. Die Böden „Keller II“ und „Keller III“ sind visuell deutlich schwächer ausgeprägt und untereinander etwa vergleichbar. Sie sind zwar nur durch eine geringmächtige Sandschicht, aber doch deutlich voneinander getrennt. Streckenweise laufen sie allerdings auch ineinander. Der Boden „Keller III“ wird im nördlichen Teil des Aufschlusses von einer Fließerde (Schicht „d“) gekappt, weiter nördlich auch der Boden „Keller II“.

Der Boden „Keller I“ ist als eine durch Podsolierung überprägte Bänder-Parabraunerde anzusehen, die Böden „Keller II“ und „Keller III“ sind geringmächtige Podsole. Bemerkenswert sind — im Gegensatz zu Schalkholz — ausgeprägte Wurzeltöpfe, insbesondere im Boden „Keller I“. Im Gegensatz zu Schalkholz handelt es sich um trockene Standorte.

Der stratigraphische Vergleich der Schichten der südlichen Hohlform mit der Schichtfolge der nördlichen Hohlform ergibt sich aus Tab. 2. Schicht „m“ läßt sich am einfachsten als Restsediment des Sanders deuten, das ausgewaschen oder ausgeblasen wurde, bevor die Hohlform durch Nachsackung über dem ausschmelzenden Toteis entstand. Noch vor der Konservierung der Morphologie durch die eemzeitliche Bewaldung wurde in der Hohlform in Keller — wie in Schalkholz — in geringem Umfang zunächst kiesarmer Sand abgelagert.

Nach der Vegetationsentwicklung zu urteilen, waren die Böden auch in Keller zunächst mehr oder minder nährstoffreich; die fortschreitende Entbasung führte aber schon während der Hainbuchenzeit zum oligotrophen Zustand im Gewässer der nördlichen Hohlform (Pollendiagramm vgl. MENKE 1970, 1975). Als Bodentyp ist unter dem Laubwald der älteren Hälfte des Eems auf dem Sander eine Parabraunerde zu erwarten. Unter der Na-

delwald-Heidevegetation des späten Eems wurde diese durch Podsolierung überprägt, so daß auch hier die Bodenentwicklung zweiphasig verlaufen sein sollte. Die weitere Auffüllung erfolgte in der südlichen Hohlform durch niveofluviatile bis äolische Sande. Diese Sedimentation erfolgte in der nördlichen Hohlform zunächst in limnischem Milieu. Zweimal wurde die Sedimentation dieser Sande unterbrochen. In der südlichen Hohlform entstanden die beiden Podsole während dieser Phasen. Ihre stratigraphische Stellung läßt sich nur aufgrund der Analogie mit der Abfolge in der nördlichen Hohlform abschätzen. In der nördlichen Hohlform wurde die Sedimentation der Sande erstmals im Brørup-Interstadial unterbrochen. Es wird hauptsächlich durch mineralarmen *Sphagnum*-Torf repräsentiert. Kurz nach dem Brørup-Interstadial war hier die Hohlform so weit aufgefüllt, daß sich das Odderade-Interstadial ebenfalls nur noch in einem geringmächtigen Podsol ausprägen konnte.

Nach dem Odderade-Interstadial schließt offenbar der erste Abschnitt der Weichselkaltzeit ab. Die folgende Fließerde (in Schalkholz mit syngenetischem Eiskeil) spricht für eine erhebliche Klimaverschlechterung. In der nächstfolgenden Schicht tritt die Feinkornkomponente deutlich stärker hervor. Vermutlich handelt es sich um eingewehtes Lößmaterial. Der Boden, der in diesem Komplex auftritt, wird vorläufig — nach dem Erstfund in Keller — einem „Keller-Interstadial“ zugeordnet, dessen stratigraphische Korrelierung mit anderen Vorkommen noch ganz offen ist. Möglicherweise muß dieser Komplex ebenfalls noch zum Weichselfrühglazial gerechnet werden.

5. Revision der stratigraphischen Einstufung fossiler Böden

DÜCKER (1967) orientierte sich bei der stratigraphischen Einstufung der von ihm beschriebenen fossilen Böden i. w. an Radiocarbon-Datierungen aus Humushorizonten (insbesondere aus Albersdorf) und an der Abfolge von Odderade, aus der ebenfalls Radiocarbon-Datierungen vorliegen.

In *O d d e r a d e* werden die im schuttbedeckten Geschiebelehm ausgebildeten tiefen Horizonte des Bodens „Odderade I“ unmittelbar von einem Bleichsand überlagert, der eine schwach fluidale Struktur zeigte (DÜCKER & HUMMEL 1967). Der 0,20 m mächtige Schutt ist ein rötlichbrauner, lehmiger Sand mit Rostkonkretionen, die auf einen Stauwassereinfluß zurückgeführt werden. Der unterlagernde Geschiebelehm zeigt eine intensive, rotbraune Farbe mit rostbrauner und grauschwarzer Fleckung. Der Bleichsand wird nicht von einem separaten Illuvialhorizont unterlagert, obgleich die Umstände für eine nur geringfügige Verfrachtung sprechen (DÜCKER & HUMMEL 1967: 83). Dennoch sehen DÜCKER & HUMMEL (1967) diesen Bleichsand als selbständige Bodenbildung („Odderade II“) an, offensichtlich aus Gründen der Korrelierung mit der Stratigraphie der organogenen Serie, wie sie sich damals bot. Unmittelbar über dem Bleichsand beginnen die typisch geschichteten Fein- und Mittelsande des Weichselfrühglazials, die durch zwei Podsole (Odderade „III“ und „Odderade IV“) untergliedert werden. „Odderade III“ konnte zuverlässig dem Brørup-, „Odderade IV“ dem Odderade-Interstadial zugeordnet werden. Problematisch bleibt die Einstufung von „Odderade II“ („Amersfoort-Interstadial“ nach DÜCKER & HUMMEL 1967). Aufgrund der oben geschilderten, neuen Befunde ist diese Zuordnung zweifelhaft, zumal der diesem Interstadial zugeordnete Abschnitt in der von AVERIECK (1967) untersuchten Serie nach unserer heutigen Auffassung dem Brørup-Interstadial angehört. Aufgrund der von DÜCKER & HUMMEL (1967) geschilderten Lagerungsverhältnisse kann „Odderade II“ aber auch nicht als selbständiger, autochthoner Boden angesehen werden. Umlagerungen am Ende der Warthezeit, wie sie jetzt eindeutig nachgewiesen wurden, zogen DÜCKER & HUMMEL (1967) und DÜCKER (1967) nicht in Betracht, sondern stellten den Bleichsand ohne weitere Diskussion in das Weichselfrühglazial. Wahr-

scheinlicher handelt es sich um einen Teil der Bodenbildung „Odderade I“, und der zugehörige Illuvialhorizont dürfte im liegenden Schutt und Geschiebelehm zu suchen sein. Mit dieser Deutung würden nicht nur die Lagerungsverhältnisse und die bodenkundliche Situation im Bereich von „Odderade I/II“ verständlicher werden, sondern es würde sich auch eine zwanglose Übereinstimmung mit den Befunden aus Keller und Schalkholz ergeben. Somit umfaßt das Weichselfrühglazial in Odderade wohl ebenfalls nur zwei interstadiale Bodenbildungen, und die weichselfrühglazialen Sedimente beginnen mit den typisch geschichteten Fein- bis Mittelsanden.

Das Liegende der Hohlformfüllung von Albersdorf (DÜCKER 1967) bilden geschichtete Sandersedimente des wahrscheinlich (Geschiebezählung von Dr. G. SCHLÜTER, mdl.) warthezeitlichen „Grüntaler Sanders“. Über diesen liegt ein ungeschichteter, z. T. stark kiesig-steiniger Mittelsand dunkelbrauner Färbung (B-Horizont des Bodens „Albersdorf I“ nach DÜCKER 1967). Der Boden „Albersdorf I“ besteht nach DÜCKER nur aus dem braunen B-Horizont. Überlagert wird dieser von geringmächtigem kies- und steinärmerem, ungeschichteten Sand, der mit einem Humusband („Humushorizont I“ nach DÜCKER 1967) abschließt. Unter dem Humus sind ein hellgrauer Ae- und ein (z. T. fuchsroter) Bs-Horizont ausgebildet (Boden „Albersdorf II“ nach DÜCKER 1967). Die Bodenbildung „Albersdorf II“ greift nach DÜCKER (1967) zapfenartig in den unteren Horizont ein und tritt visuell am stärksten hervor. Über dem „Humushorizont I“ setzt die Serie überwiegend feinkörniger, typisch geschichteter Sande ein. Diese wird durch den Boden „Albersdorf III“, der mit dem „Humushorizont II“ abschließt, untergliedert.

Das „Humusband I“ stuft DÜCKER (1967) aufgrund einer Radiocarbon-Datierung (Gro 2646: $46\,350 \pm 1000$ J. v. h.) in das „Nordhastedt-Interstadial“ (= Odderade-Interstadial) ein. Da das ^{14}C -Datum aus dem „Humushorizont II“ jedoch ähnlich lautete, glaubt DÜCKER, daß die Sande zwischen diesen beiden Horizonten während des Nordhastedt-Interstadials abgelagert worden seien, eine nach unserer heutigen Kenntnis sehr unwahrscheinliche Deutung. Das scheinbar relativ junge Alter des „Humushorizontes I“ veranlaßte DÜCKER offenbar, die Böden „Albersdorf I“ dem „Albersdorf-Interstadial“ und „Albersdorf II“ dem „Loopstedt-Interstadial“ (= Brørup-Interstadial) zuzuordnen, wobei die Annahme gemacht werden mußte, daß das Humusband I über dem Boden „Albersdorf II“ nicht zu diesem Boden gehöre, sondern jünger sei. Zwangsläufig ergaben sich aus dieser Einstufung weitreichende Schlußfolgerungen: Das gesamte ungeschichtete Material zwischen dem geschichteten Sander und dem „Humushorizont I“ wird von DÜCKER bereits in das Weichselfrühglazial gestellt. Aus dem Befund, daß eine Bodenbildung zwischen dem geschichteten Sander und „Albersdorf I“ fehlt, schließt DÜCKER, daß der Eemboden erodiert worden sei; auch das Fehlen eines Ae- und Ah-Horizontes über „Albersdorf I“ wird mit Denudation erklärt. Eine Unzuverlässigkeit der Radiocarbon-Daten zieht DÜCKER (1967) dagegen nicht in Betracht. Wie unzuverlässig diese jedoch sein können, zeigte sich auch in Hof Keller, wo eine Probe aus dem *Sphagnum*-Torf des Brørup-Interstadials (MENKE 1975: Taf. 1, 4,15—4,80 m) auf $30\,970 \pm 1045$ J. v. h. (Hv 5593) datiert wurde.

Für eine derart komplizierte Ausräumung und Akkumulation zu Beginn des Weichselfrühglazials, wie sie von DÜCKER für Albersdorf (und analog für Weddingstedt) — allein aufgrund der Radiocarbon-Daten aus Albersdorf — angenommen wurde, gibt es an allen Lokalitäten, an denen die Straten in jüngster Zeit eindeutig identifiziert werden konnten (und auch in den limnischen Abfolgen) keinerlei Anhaltspunkte, und sie ist in den wohl weitgehend geschlossenen Hohlformen, um die es sich handelt, auch recht unwahrscheinlich. Sieht man den Komplex „Albersdorf I/II“ hingegen als einheitliche Bodenbildung an, so entspricht die von DÜCKER (1967) beschriebene Situation in Albersdorf zwanglos derjenigen in Hof Keller. Das untere Humusband repräsentiert dann die eemzeitliche Ober-

fläche, und das Weichselfrühglazial setzt auch in Albersdorf mit den typisch geschichteten Fein- bis Mittelsanden ein. Dann gehören allerdings nur die Böden „Albersdorf III“ und „Albersdorf IV“ dem Weichselfrühglazial an, das Albersdorf-Interstadial (= „Albersdorf I“) entfällt auch in Albersdorf.

In Weddingstedt entspricht die Situation ganz derjenigen von Albersdorf im Bereich „Albersdorf I/II“ (DÜCKER 1967), so daß sich für Weddingstedt die gleiche Umdeutung anbietet.

In Ostrohe (DÜCKER 1967) entspricht der Boden „Ostrohe I“ dem Boden „Albersdorf II“. Auch „Ostrohe I“ ist im oberen Teil einer steinig-kiesigen „Fließerde“ über geschichtetem Sander ausgebildet. Erst über „Ostrohe I“ setzt auch hier die typisch geschichtete, weichselfrühglaziale Serie ein. In dieser liegt der Boden „Ostrohe II“, der aufgrund der Pollenführung seiner Humuslage dem Brørup-Interstadial entsprechen dürfte. Den Boden „Ostrohe III“ faßt DÜCKER im Text (DÜCKER 1967: 47) — im Gegensatz zu Tab. 16 — als allochthon und gleichaltrig mit „Ostrohe II“ auf. Die Radiocarbon-Datierung, auf welche DÜCKER das „Ostrohe-Interstadial“ (= „Ostrohe III“, Tab. 16) gründet, stammt nach DÜCKER (1967: 49) aus dem Ah-Horizont von „Ostrohe II“, d. h. nach DÜCKER aus dem „Nordhastedt-Interstadial“ (DÜCKER 1967: Tab. 16), nach unserer Auffassung jedoch aus dem Brørup-Interstadial, sofern „Ostrohe III“ gleichaltrig mit „Ostrohe II“ sein sollte. Die von DÜCKER (1967) erwähnte und vom Verf. pollenanalytisch untersuchte Baggerprobe des Torfes stammt offensichtlich aus dem oberen Teil des Torfes und somit aus dem ausgehenden Eem und nicht aus einem Interstadial. Für ein solches ergab auch die Bohrung keinerlei Anhaltspunkte. Auch hierdurch wächst die Wahrscheinlichkeit, daß es sich im Falle von „Ostrohe II“ um das Brørup-Interstadial handelt. Über dem Torf wurden lediglich die typischen feinkörnigen Sande des Weichselfrühglazials ohne Anzeichen einer Bodenbildung gefunden. Die von DÜCKER (1967: Abb. 6) konstruierte Verzahnung zwischen dem Torf und dem Boden „Ostrohe II“ ist nicht bewiesen und nach der geschilderten Sachlage auch ganz unwahrscheinlich.

Aus der erläuterten Revision ergibt sich die in Tab. 3 zusammengestellte stratigraphische Einstufung der genannten Paläoböden.

Tab. 3: Stratigraphische Einstufung der im Text erwähnten fossilen Böden

a) nach MENKE

Keller IV	Schalkholz IV				„Keller-Interstadial“
Keller III	Schalkholz III	(Albersdorf IV)	Odderade IV		Odderade-Interstadial
Keller II	Schalkholz II	Albersdorf III	Odderade III	Ostrohe II	Brørup-Interstadial
Keller I	Schalkholz I	Albersdorf II	„Odderade II“ Odderade I	Ostrohe I	Eem-Warmzeit

b) Nach DÜCKER (1967)

Albersdorf IV	Ostrohe III			Ostrohe-Interstadial
Albersdorf III	Ostrohe II	Odderade IV		Nordhastedt-Interstadial
Albersdorf II	Ostrohe I	Odderade III		Loopstedt-Interstadial („Brørup“)
Albersdorf I	—	Odderade II		Albersdorf-Interstadial
—	—	Odderade I		Eem-Warmzeit

6. Zusammenfassung

6.1. In den warthezeitlichen Altmoränen- und Sandergebieten Schleswig-Holsteins ist in erheblichem Umfang mit einer Sedimentation über Toteis zu rechnen. Hierdurch wird die genetische Deutung von Oberflächenformen erschwert (STEPHAN 1974). Aufgrund des Einsetzens eemzeitlicher, organogener Ablagerungen und häufiger Störungen in deren basalen Bereichen ist mit einem Überdauern von Toteis wenigstens bis in die frühe Eichen-Mischwaldzeit (etwa Haselzeit bis frühe Linden-Eiben-Zeit, Abschnitt IVa, b) zu rechnen (im Holozän würde dies etwa dem jüngeren Boreal bis frühen Atlantikum analog entsprechen. Bis in diese Zeit war auch im weichselzeitlichen Vereisungsgebiet Toteis vorhanden, GRIPP, 1964: 280 f.).

6.2. Im Zeitraum zwischen Spätwarthe und Früheem erfolgte (nachweisbar i. w. nur noch im Bereich der ehemaligen Hohlformen) bereits eine Akkumulation von kiesarmen Fein- bis Mittelsanden, die i. a. nur eine geringe Mächtigkeit zu haben scheinen. Vermutlich handelt es sich — analog den „Decksanden“ des Weichselspätglazials — in erster Linie um Flugsande. Sie sind weitgehend un- oder doch nur undeutlich geschichtet.

6.3. Während der eemzeitlichen Bewaldung erfolgte i. w. nur eine Auffüllung der Hohlformen im Naßbereich mit organogenen Ablagerungen. Im übrigen wurde die Morphologie während dieser Zeit sehr weitgehend konserviert. Aufgrund der Vegetationsentwicklung ist zu erwarten, daß sich zunächst nichtpodsolierte Böden (Parabraunerde, Pseudogley, Gley u. a.) bildeten, die erst im späten Eem durch Podsolierung überprägt wurden.

6.4. Erneute Umlagerungen und Auffüllungen der Hohlformen mit überwiegend typisch geschichteten (hauptsächlich wohl niveofluviatilen), skelettarmen Sanden setzten mit dem Beginn des Weichselfrühglazials ein. Sie erfolgten in den tieferen Teilen der Hohlformen überwiegend recht schonend. Im limnischen Bereich wurden Sande und sandige Mudden abgelagert. Die Mächtigkeit dieser Sedimente ist sehr variabel, insgesamt aber z. T. sehr beachtlich.

6.5. Im Brørup- und Odderade-Interstadial wurde die Sedimentation dieser Sande jeweils unterbrochen. Im Naßbereich bildeten sich mineralarme Mudden und verbreitet *Sphagnum*-Torfe. Im übrigen entstanden visuell geringmächtige, boreale Nadelwald-Podsole. Ein Interstadial zwischen Eem und Brørup-Interstadial deutet sich allenfalls schwach an, führte aber nicht zum Abbruch der Umlagerungen. In Rederstall wurde ein Klimarückschlag im frühen Brørup-Interstadial nachgewiesen. In den „trockenen“ Hohlformen zeichnet sich auch für diesen Bereich keine Differenzierung ab.

6.6. Die Umlagerungen waren im Weichselfrühglazial sehr intensiv. Im Laufe des Weichselfrühglazials, häufig schon zwischen Brørup- und Odderade-Interstadial, wurden die Hohlformen praktisch verfüllt, so daß bereits das Weichselfrühglazial meist nicht vollständig erfaßt wird. Dabei scheinen in manchen terrestrischen Hohlformen (Keller, Schalkholz) vollständigere Abfolgen vorzuliegen als in den meisten Hohlformen im Naßbereich. Zwei Gründe kommen hierfür als Erklärung in Betracht, einmal die im Gegensatz zum terrestrischen Bereich weiterführende Auffüllung der Hohlformen während der Interstadiale im Naßbereich mit organogenen Ablagerungen, zum anderen das spätere Auffrieren der wassergesättigten Ablagerungen (Volumenvergrößerung des Wassers beim Gefrieren) vor allem während des Weichselhochglazials und die dadurch bedingte Kappung der Schichtfolgen durch Solifluktion.

6.7. Die weichselhochglazialen Deckschichten sind durchweg — auch im Bereich der Hohlformen — verhältnismäßig geringmächtig. Selten überschreitet ihre Mächtigkeit zwei bis drei Meter. Bis in diese Tiefe reichen auch die weichselhochglazialen „Verbrodelungen“, die z. T. auch ältere Schichten erfaßten. In Keller reichen sie flächig bis in die Schicht „c“ (vgl. Abschnitt 4). Infolge der Durchmischung des kiesigen mit dem schluffig-tonigen Material entsteht hier z. T. der Eindruck einer Geschiebelehmdecke. Die Einbeziehung des Bodens „Keller IV“ und der Eisenoxidausfällungen der Schicht „b“ (evtl. auch erst sekundär) in die Verbrodelungen lassen z. T. den Eindruck einer verbrodelten, ausgeprägten, etwa dem Eemboden vergleichbaren Bodenbildung entstehen.

6.8. Die o. a. Erscheinung des Auffrierens im Bereich wassergesättigter Hohlformfüllungen macht es verständlich, daß ein großer Teil dieser Hohlformen mit dem Austauen des Bodeneises im Weichselspätglazial bis frühen Holozän morphologisch wieder in Erscheinung trat und hier über den weichselhochglazialen Deckschichten erneut limnische Ablagerungen und Torfe des Weichselspätglazials und Holozäns entstanden, obgleich das Weichselfrühglazial nur unvollständig und das Weichselhochglazial nur in geringmächtigen, stratigraphisch nicht gliederbaren Fließerden vorliegen.

7. Schriftenverzeichnis

- ANDERSEN, S. Th. (1961): Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial (Last Glacial). — Danm. geol. Unders., II R., **75**, 175 S., 15 Taf.; København.
- AVERDIECK, F. R. (1967): Die Vegetationsentwicklung des Eem-Interglazials und der Frühwürm-Interstadiale von Odderade/Schleswig-Holstein. — Fundamenta B, **2**: 101—125, Abb. 9—11, Tab. 24—25, Taf. 24—27; Köln, Graz.
- BEHRE, K. E. (1974): Die Vegetation im Spätpleistozän von Osterwanna. — Geol. Jb., **A 18**: 3—48, 8 Abb., 5 Taf.; Hannover.
- DÜCKER, A. (1967): Interstadiale Bodenbildungen als stratigraphische Zeitmarken im Ablauf der Weichsel-Kaltzeit in Schleswig-Holstein. — Fundamenta B, **2**: 30—73, Abb. 6, Tab. 3—18, Taf. 4—17; Köln, Graz.
- DÜCKER, A. & HUMMEL, P. (1967): Die fossilen Böden von Odderade/Dithmarschen, ein Beitrag zur Stratigraphie der Weichsel-Kaltzeit. — Fundamenta B, **2**: 8—100, Tab. 19—23, Taf. 21—23; Köln, Graz.
- DÜCKER, A. & MENKE, B. (1970): Eemzeitliche Podsol- und Moorbildung bei Burg (Dithmarschen). — Meyniana; **20**: 5—8, 2 Abb.; Kiel.
- ERD, K. (1973): Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der Deutschen Demokratischen Republik. — Z. geol. Wiss., **1**: 1087—1103, 8 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- GRIPP, K. (1964): Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. — 411 S., 62 Abb., 11 Tab., 57 Taf., 2 Kt.; Neumünster.
- HALLIK, R. (1955): Über eine Verlandungsfolge weichsel-interstadialen Alters in Harksheide bei Hamburg. — Eiszeitalter u. Gegenwart **6**: 116—124, 2 Tab., 5 Abb.; Öhringen.
- MENKE, B. (1970): Ergebnisse der Pollenanalyse zur Pleistozän-Stratigraphie und zur Pliozän-Pleistozän-Grenze in Schleswig-Holstein. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **21**, 3 Abb., 4 Taf.; Öhringen.
- (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.
- MENKE, B. & BEHRE, K. E. (1973): State of Research of the Quaternary of the Federal Republic of Germany, 2. History of Vegetation and Biostratigraphy. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 251—267, 1 Abb., 1 Tab.; Öhringen.

- PICARD, K. E. (1959): Das Werden der Landschaft Westholsteins während der Saaleeiszeit. — Geol. Jb., **76**: 209—222, 4 Abb., Hannover.
- (1959): Gliederung pleistozäner Ablagerungen mit fossilen Böden bei Husum/Nordsee. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh.: 259—272, 4 Abb.; Stuttgart.
- (1970): Geologische Karte von Schleswig-Holstein 1 : 25 000. Kartenblätter 1823 Todenbüttel, 1824 Holtorf, 1923 Hohenwestedt, 1924 Hennstedt mit Erläuterungen: 80 S., 4 Tab., 8 Abb.; Kiel.
- STEPHAN, H. J. (1974): Sedimentation auf Toteis in Schleswig-Holstein diskutiert anhand einiger Beispiele. — Meyniana, **25**: 95—100, 5 Abb., 1 Taf.; Kiel.
- STREMME, H. E. (1960): Bodenbildungen auf Geschiebelehmern verschiedenen Alters in Schleswig-Holstein. — Z. dt. geol. Ges., **112**: 229—308, 3 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- (1964): Die Warmzeiten vor und nach der Warthe-Eiszeit in ihren Bodenbildungen bei Bößlund (westl. Flensburg). — N. Jb. Geol. Paläont. Mh: 237—247, 3 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- ZAGWIJN, W. H. (1961): Vegetation, climate and radiocarbon datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. — Meded. geol. Sticht., NS., **14**: 15—45, 14 Fig., 2 Taf., 3 Fototaf., 8 Plates; Maastricht.

Manuskript eingeg. 28. 9. 1976.