

Der Ablauf der Holstein-Warmzeit in Westholstein

Von ALFRED DÜCKER, Kiel

Mit 2 Abbildungen und 4 Tabellen

Zusammenfassung. Vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein durchgeführte lagerstättenkundliche und bodenphysikalische Untersuchungen an marinen Tonen des Holstein-Interglazials erbrachten den Nachweis, daß es nach der Regression des Holstein-Meeres im terrestrischen Faziesbereich zur Entstehung eines Bodens (Humus-Orterde) und im limnischen Faziesbereich zur Bildung eines „Sumpftorfes“ mit abschließender algenreicher Detritusmudde gekommen ist. Zwischen der marinen Tonserie und den organogenen Ablagerungen bzw. der Bodenbildung kann eine periglaziale Phase nachgewiesen werden, die sich in einer äolischen Akkumulation und in der Bildung von Froststrukturen (Kerkoboloide) ausdrückt. Aufgrund dieser Befunde und der von MENKE (1968) festgestellten palynologischen Befunde läßt sich die Holstein-Warmzeit in ein älteres (Muldsberg-Warmzeit) und ein jüngeres Holstein-Interglazial (Wacken-Warmzeit) gliedern, das durch eine mehr oder minder lang andauernde bzw. kurzfristige Periglazialphase (Mehlbek-Kaltphase) zweigeteilt wird.

Summary. By means of Geological explorations in marine clays of Holstein (Needian) Interglacials was discovered. Pollenanalysis confirmed the Holstein Interglacial age of the marine clays (MENKE 1968). This interglacial ("Holstein I") Muldsberg-warm-time) was succeeded by a phase of periglacial climate (= Mehlbek-cold-phase) indicated by Cover-sands of aeolian nature and frost structures ("Kerkoboloide"), superposing the marine clays. During the following second interglacial ("Holstein II") Wacken-warm-time) soil-building (humus illuvial horizon) took place on these sands in regions of terrestrial facies, whilst on wet spots peat and fresh-water sediments were formed. These organic layers were submitted to pollen analysis too.

1. Einleitung

Seit Jahrzehnten werden von der Schleswig-Holsteinischen Zementindustrie in den westholsteinischen drenthezeitlichen Stauchmoränengebieten von Wacken und Mehlbek etwa 15 km nordwestlich Itzehoe holsteinzeitliche marine Tone abgebaut.

Sowohl in den alten, vor einigen Jahren aufgelassenen als auch in den neu erschlossenen Gruben Muldsberg und Wacken konnten im Rahmen geologischer und lagerstättenkundlicher Untersuchungen des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein Beobachtungen gemacht werden, die in litho-, chrono- und biostratigraphischer Hinsicht neue Erkenntnisse über das Mittelpleistozän mit sich brachten.

So konnte MENKE (1968) aufgrund pollenanalytischer Untersuchungen ein „neues Interglazial“ mit einer warmzeitlichen Vegetationsentwicklung in den hangenden Schichten des marinen Holstein-Interglazials von Wacken beobachten und nachweisen. Infolge der Lagerungsverhältnisse stellte Menke dieses Interglazial in die frühe „Drenthe“-Zeit.

Nachfolgend soll über 2 Profile berichtet werden, die die biostratigraphischen Ergebnisse von MENKE ergänzen und erweitern.

2. Das Profil von Muldsberg

Im nordöstlichen Teil der jetzt aufgelassenen Grube Muldsberg der Breitenburger Portland-Cementfabriken wurde bereits im Jahre 1964 nachstehende, E—W-streichende, d. h., vom Hangenden zum Liegenden verlaufende Schichtenfolge angetroffen (Mbl. Schenefeld 1922, r = 27890, h = 85700):

- a) etwa 5 m dunkelgrauer sehr fester kalkreicher, geschiebeführender, sandig-schluffiger Ton (Probe 1)
- b) 2 m gelblicher bis graugelber, etwas roststreifiger, kreuzgeschichteter Sand (Proben 2, 3, 4 und 5)

- c) 0,45 m etwas feinkiesiger, roststreifiger, kreuzgeschichteter Sand (Probe 6)
 - d) 0,10 m hellgrauer, durch Xylitstaub braun gebänderter Sand (Probe 7)
 - e) 0,40 m grauer, feinkiesstreifiger Sand mit einzelnen 2—3 mm starken Rostbändern (Probe 8)
 - f) 0,10 m grauer, geschichteter Sand mit zahlreichen bis zu eigroßen Xylitgeröllen (Probe 9)
 - g) 0,10 m grauer, etwas feinkiesstreifiger Sand, mit 1—2 mm starken Rostbändern (Probe 10)
 - h) 0,80 m grauer, roststreifiger, kreuzgeschichteter Sand (Probe 11)
 - i) 1,80 m grauer, kreuzgeschichteter Sand (Probe 12, 13, 14)
 - k) 0,50 m hellgrauer, wenig feinkiesiger, geschichteter Sand (Probe 15)
 - l) 0,50 m hellgrauer, stark feinkiesiger geschichteter Sand (Probe 16)
 - m) 0,06 m schmutzigrauer, etwas gebleichter Feinsand (Probe 17)
 - n) 0,60 m kakaobrauner, von einzelnen Humusbändern durchsetzter Feinsand (Proben 18, 19, 20, 21)
- bis 1,50 m aufgeschlossen: hellgraugelber bis grauweißer geschichteter Feinsand (Proben 22, 23, 24, 25).

Die hier angetroffene Schichtenfolge konnte durch weitere Beobachtungen an anderen Stellen des Aufschlusses weiter verfolgt und ergänzt werden. Danach liegen die bis zu 1,50 m aufgeschlossenen hellgrauweißen Feinsande auf einer bis zu 10 m anwachsenden, zum Teil kreuzgeschichteten Feinsandserie auf, die in einzelnen Lagen durch eine charakteristische „Flaserstruktur“ gekennzeichnet ist (Probe 26). Die lenticulare Struktur wird durch linsenförmige Einlagerungen von braungefärbtem Xylitstaub besonders hervorgehoben. Nach unten zu (Proben 27, 28) werden die „Flasersande“ von einer 3 bis 5 m mächtigen, wechsellagernden Ton-, Schluff-Feinsandserie (Probe 29) abgelöst, die neben Wurmgingen besonders in ihrem unteren Teil auch marine Foraminiferen und Mollusken führen. Abgeschlossen wird die gesamte Schichtenfolge von der petrographisch nicht einheitlich ausgebildeten marinen Tonserie der eigentlichen Holstein-Warmzeit, die ihrerseits wiederum auf rot und schwarz gefärbtem Lauenburger Ton auflagert.

Wie aus Bohrungen hervorgeht, konnte in wechselnder Tiefe unter dem Gesamtkomplex des Holstein-Interglazials wiederum ein Geschiebemergelhorizont festgestellt werden.

2.1 Kornzusammensetzung und Lithogenese der einzelnen Schichten

Über die Kornzusammensetzung der einzelnen Schichten der oben aufgeführten Profilfolge unterrichtet die Tabelle 1. Demnach sind nachstehende Bodenarten an ihrem Aufbau beteiligt:

- 1) Ton-, Schluff-, Sandgemenge mit geringem Kieskornanteil,
- 2) Mittelsande mit Grobsandanteil und nur wenig Feinsand,
- 3) mehr oder weniger kiesführende gemischtkörnige Sande,
- 4) ausgesprochene Feinsande mit sehr wenig Schluffanteil und
- 5) feinsandig-tonige Schluffe.

Die unter 1) beschriebene Bodenart mit hohem Ungleichkörnigkeitsgrad erweist sich als wenig plastischer Geschiebemergel. Nach den Geschiebeuntersuchungen von LÜTTIG — wofür ihm an dieser Stelle der Dank ausgesprochen wird — handelt es sich dabei um drenchzeitlichen Geschiebemergel (Untersuchungsprobe Nr. 177, TGZ = 15,1—57,7).

Die unter 2) und 3) aufgeführten Bodenarten müssen als frühdrenchzeitliche, glazi-fluviatile Vorschüttande aufgefaßt werden.

Die unter 4) ausgewiesene feinsandige Bodenart kann aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit seiner Quarze als äolisches Akkumulationsprodukt angesehen werden (FRANZ 1965). Auch ein Großteil der „Flasersande“ kann noch als gerippte Flugsande aufgefaßt werden. Erst nach dem Liegenden zu, wo die linsenförmigen Einlagerungen aus tonigem Schluff bestehen, hat man es mit gerippten Wattsanden zu tun, wobei die Rippeltäler zumeist isolierte Bögen darstellen. Die eigentliche Wattsandfazies wird durch die unter 5) ausgewiesenen feinsandig-tonigen Schluffe gekennzeichnet.

Tabelle 1
Korngrößenverteilung der Schichtenfolge von Muldsberg

| Lfd. Proben-Nr. | Mächtigkeit der Schicht in m | Korngrößenverteilung | | | | | | U | |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|------|-----|
| | | Feinstkorn < 0,002 mm | Schluffkorn 0,002-0,06 mm | Feinsandkorn 0,06-0,2 mm | Mittelsandkorn 0,2-0,6 mm | Grobsandkorn 0,6-2 mm | Kieskorn > 2,0 mm | | |
| 1 | 5,0 | 24 | 38 | 25 | 10 | 3 | — | 41 | |
| 2 | 2,0 { | 0,50 | — | 1 | 26 | 68 | 5 | — | 2,2 |
| 3 | | 0,50 | — | 1 | 18 | 80 | 1 | — | 2,3 |
| 4 | | 0,50 | — | 1 | 11 | 76 | 11 | 1 | 2,3 |
| 5 | | 0,50 | — | 1 | 7 | 91 | 1 | — | 1,8 |
| 6 | 0,45 | — | 1 | 7 | 51 | 30 | 11 | 2,7 | |
| 7 | 0,10 | — | 3 | 52 | 41 | 3 | 1 | 1,8 | |
| 8 | 0,40 | — | 1 | 8 | 55 | 27 | 9 | 3,3 | |
| 9 | 0,10 | — | 1 | 10 | 62 | 27 | — | 2,7 | |
| 10 | 0,10 | — | 2 | 7 | 50 | 32 | 9 | 2,5 | |
| 11 | 0,80 | — | 1 | 10 | 77 | 12 | — | 2,4 | |
| 12 | 1,80 { | 0,60 | — | 1 | 17 | 77 | 5 | — | 3,0 |
| 13 | | 0,60 | — | 1 | 4 | 87 | 8 | — | 1,8 |
| 14 | | 0,60 | — | 1 | 25 | 74 | — | — | 1,8 |
| 15 | 0,50 | — | 1 | 5 | 61 | 40 | 6 | 2,3 | |
| 16 | 0,50 | — | 2 | 4 | 37 | 39 | 18 | 3,3 | |
| 17 | 0,06 | — | 2 | 97 | 1 | — | — | 1,7 | |
| 18 | 0,10 | — | 3 | 96 | 1 | — | — | 1,7 | |
| 19 | 0,10 | — | 4 | 94 | 1 | 1 | — | 1,7 | |
| 20 | 0,20 | — | 6 | 93 | 1 | — | — | 1,7 | |
| 21 | 0,30 | — | 5 | 91 | 3 | 1 | — | 1,7 | |
| 22 | 0,30 | — | 4 | 94 | 2 | — | — | 1,6 | |
| 23 | 0,30 | — | 4 | 95 | 1 | — | — | 1,5 | |
| 24 | 0,30 | — | 2 | 97 | 1 | — | — | 1,7 | |
| 25 | 0,60 | — | 4 | 95 | 1 | — | — | 1,6 | |
| 26 | Flasersand | — | 3,8 | 95,8 | 0,4 | — | — | 1,52 | |
| 27 | { Flasersande (Wattfazies) | — | 3,2 | 60,4 | 36,0 | 0,2 | — | 2,57 | |
| 28 | | — | 6,6 | 68,8 | 24,2 | 0,4 | — | 1,88 | |
| 29 | Wattsande | 12 | 49,8 | 35,8 | 2,4 | — | — | — | |

Tabelle 2
Chemische Kennwerte des holsteinzeitlichen Bodens

| Profil Nr. | Lagerungsform | Horizont | Schluffanteil unter 60 μ | Org. Subst. | pH-Wert | | Basensättigung | | | Metall-Kationen mval/100 g Boden | | | | | Oxalat-Auszug nach Tamm | | | SiO ₂ : M ₂ O ₃ |
|------------|--|----------------|------------------------------|-------------|------------------|-----|----------------|--------|--------|----------------------------------|-----|-----|-----|-------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--|
| | | | | | H ₂ O | KC1 | S-Wert | T-Wert | V-Wert | Ca | Mg | K | Na | Summe | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | |
| 1 | gestaucht, Einfallen der Schichten 30° NE | A _e | 2,0 | — | 3,6 | 3,6 | 2,8 | 2,5 | — | 2,0 | 0,4 | Sp. | 0,4 | 2,8 | 0,020 | 0,055 | 0,020 | 0,27 |
| | | B _s | 4,3 | 2,1 | 2,9 | 2,8 | 7,0 | 9,0 | 77,8 | 6,5 | 0,1 | Sp. | 0,4 | 7,0 | 0,043 | 0,198 | 0,033 | 0,14 |
| | | C | 0,7 | 0,2 | 3,5 | 3,3 | 3,7 | 2,5 | — | 3,0 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 3,7 | 0,015 | 0,078 | 0,020 | 0,22 |
| 2 | senkrecht aufgerichtete Schichten (Faltschenkel) | A _e | 2,4 | — | 5,2 | 4,9 | 2,4 | 1,5 | — | 2,0 | 0,1 | Sp. | 0,3 | 2,4 | 0,011 | 0,046 | 0,017 | 0,30 |
| | | B _s | 3,4 | 0,3 | 3,7 | 3,5 | 1,3 | 3,5 | — | 1,0 | Sp. | Sp. | 0,3 | 1,3 | 0,015 | 0,070 | 0,015 | 0,18 |
| | | C | 5,5 | — | 4,0 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | — | 2,0 | 0,1 | Sp. | 0,4 | 2,5 | 0,010 | 0,045 | 0,021 | 0,38 |

2.2 Lagerungsverhältnisse der Schichtenfolge

Die im Profil angetroffenen und im einzelnen näher beschriebenen Schichtenglieder liegen nicht mehr in ursprünglicher horizontaler Lagerung. Sie wurden von dem vorrückenden Eis der Saale-Vereisung (Drenthe-Glazial) erfaßt und gestaucht. Diese eistektonisch bedingte Verstellung der Profilfolge führte zu einer Aufrichtung der Schichten um 30 bis 40 Grad. Die vom Geologischen Landesamt durchgeführte gefügekundliche Ermittlung von Faltenachsen und die Messung der Aufschiebungsflächen in der alten Grube Muldsberg weisen auf einen Schub aus Nordosten hin (FRANZ 1965).

Diesem ersten Vorstoß des Eises folgten im Verlauf des Drentheglazials weitere Eisvorstöße aus zum Teil verschiedener Richtung, die, abgesehen von Abscherungen vereinzelter kleiner Schuppen am First des Holsteintons, keine nennenswerten glazialtektonischen Veränderungen mehr erzielten.

2.3 Der fossile Boden und seine chemischen Kennwerte

Die aufgrund ihrer Oberflächenstruktur als äolische Flugsande gedeutete Feinsandserie wird im Hangenden von einem Boden abgeschlossen. Es handelt sich bodentypologisch um eine kakaobraune Orterde (Humus-Orterde). Der A_h -Horizont ist infolge von Denudationen nur noch vereinzelt erhalten geblieben. Auch der Eluvialhorizont (A_e) schwankt in einer Stärke zwischen 10 und 30 cm. Durch die glaziäre Beanspruchung der gesamten Schichtenfolge ist auch der B-Horizont in seiner Mächtigkeit starken Schwankungen unterworfen. Während er bei schuppenartiger Lagerung nur noch in dünnen Lagen erhalten geblieben ist, nimmt seine Mächtigkeit bei nahezu ungestörtem Schichtenverband auf über 60 cm zu.

Um einen Einblick in die Bodengenese zu erlangen, wurden die einzelnen Bodenhorizonte von 2 verschiedenen Stellen der nordöstlichen Grubenwand auf ihren Tongehalt, ihren Gehalt an mobilem Eisen und Aluminiumoxyd sowie an mobiler Kieselsäure untersucht.¹⁾ Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Wie aus den Analyseergebnissen zu ersehen ist, ist die Verwitterungsintensität bei allen untersuchten Bodenprofilen gleich. Ein Tongehalt ist nicht nachweisbar, so daß ein Lessivierungsprozeß nicht stattgefunden hat. In dem Illuvialhorizont hat neben einer Humusanreicherung nur eine sehr geringe Sesquioxidanreicherung stattgefunden. Verglichen mit rezenten Podsolprofilen ähnlichen chemischen Aufbaues darf man annehmen, daß der Bodenbildungsprozeß bei sehr hohem Grundwasserstand erfolgt ist. Dieser bewirkte, daß die im A_e -Horizont in Lösung gegangenen Sesquioxyde in der Hauptsache vom Grundwasser fortgeführt wurden, so daß nur ein geringer Anteil im B_s -Horizont niedergeschlagen wurde. Zum ändern ist aber zu bedenken, daß die dem bodendynamischen Prozeß unterworfenen Flugsande von Natur aus arm an mobilen Sesquioxyden, Kieselsäure sowie Metallkationen gewesen sind, wie aus den chemischen Werten der Tabelle 2 entnommen werden kann.

2.4 Stratigraphische Deutung der Schichtenfolge

Nach der Ablagerung der marinen Tone der Holstein-Warmzeit zog sich das Meer mehr oder weniger langsam zurück. Brackwassersedimente, bestehend aus wechsellagernden, dünnen, meist 1 bis 3 cm starken Ton-, Schluff- und Feinsandschichten mit einzelnen marinen Fossilien (Foraminiferen und Mollusken) sowie von Wurmgängen durchsetzt, gelangten zum Absatz. Nach dem Hangenden zu werden diese bis zu 5 m mächtig werden, in einem wattartigen Meeresraum zur Ablagerung gebrachten Sedimente zunehmend sandiger. Es stellen sich Feinsande mit „Flaserstruktur“ ein, die in ihrem unteren Bereich noch als gerippte Wattsande, in ihrem oberen Teil als Flugsandrrippeln aufgefaßt werden können. Nach oben zu verlieren sich die Rippeln und es gelangen geschichtete Feinsande

¹⁾ Die Untersuchungen wurden im chemischen Laboratorium des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein unter Leitung von Herrn Dr. BACH ausgeführt.

zur Ablagerung, die nach der Oberflächenstruktur ihrer Quarzkörner als äolisches Sediment anzusehen sind (FRANZ 1965). Ob diese Windwirkungsphase während der Regression des Meeres bereits auf eine Klimaverschlechterung zurückzuführen ist, soll erst später im Zusammenhang mit dem Profil von Wacken erörtert werden. Auf jeden Fall aber läßt sich feststellen, daß es nach der äolischen Akkumulationsphase nochmals zu einer Vegetationsausbreitung kam, die die Veranlassung zur Entstehung eines Bodens war. Aufgrund der Lagerungsverhältnisse kann der Boden als die jüngste terrestrische Bildung der Holstein-Warmzeit angesehen werden. Sie wird konkordant überlagert von zum Teil kiesigen, grobkörnigen, lagenweise durch Eisenoxyd rostig verfärbten glazifluviatilen Sedimenten, die als Vorschüttsande der Drenthe-Vereisung aufzufassen sind. Erst das aus Nordost vorrückende Drenthe-Eis brachte die gesamte Schichtenfolge der Holstein-Tonserie einschließlich des Lauenburger Tons sowie die hangenden Wattsande, die Flugsande, den Boden und die glazifluviatilen Vorschüttsande durch seine Stauchwirkung aus ihrem sedimentären Verband, wobei der gesamte Komplex als eisrandparalleler, NW—SE-streichender Rücken bis nahezu auf $\pm 0,0$ m NN aufgepreßt wurde.

3. Das Profil von Wacken

Dem Bodenprofil von Muldsberg, das vom Verfasser bereits 1964 eingehend untersucht werden konnte, wurde bislang wenig Beachtung geschenkt, da aufgrund der Lagerungsverhältnisse angenommen werden konnte, daß er in der Strandnähe des Holsteinmeeres auf den dort gebildeten Dünen zur Ausbildung gelangt sei. Erst durch die pollenanalytischen Untersuchungen von MENKE (1968) an einem Torflager im Hangenden der marinen Holstein-Tonserie und durch das Auffinden von Periglazial-Erscheinungen im Liegenden des Torfes erschien das Bodenprofil von Muldsberg in einem ganz anderen Aspekt.

Im Sommer 1968 wurde an der nordwestlichen Seite der neuen Tongrube von Wacken der Alsen'schen Cementfabrik das in der Abbildung 1 wiedergegebene Profil beobachtet (Mbl. Schenefeld 1922; r = 26350, h = 88000). Nachstehende Schichtenfolge wurde dabei festgestellt:

- a) 0,30 m schwarzbrauner gepreßter Torf
- b) 1,50 m hellbraungelber, feinschichtiger Feinsand (Probe 1)
- c) 0,90 m hellgrauer von einzelnen Feinkieskörnern regellos durchsetzter feinsandiger Mittelsand (Probe 2), der von einzelnen Tonlagen bzw. Tonkörpern (Probe 4) in charakteristischer Weise durchzogen wird
- d) 0,25 m grauer, wenig schluffiger, gemischtkörniger Sand (Probe 3), der von mehreren 1 bis 2 cm dicken ungestörten Tonlagen (Probe 4) durchzogen wird.
- e) 0,30 m hellgrauer, geschichteter, wenig feinkiesführender Sand (Probe 5)
- f) über 2 m abgeschlossen, weißgrauer Feinsand (Probe 6).

3.1 Kornzusammensetzung und einzelne physikalische Kennwerte sowie Lithogenese der Schichtenfolge

Über die Kornzusammensetzung der Schichtenfolge unterrichtet die Tabelle 3. Wie hieraus hervorgeht, wird das Liegende der Schichtenfolge von einem fast reinen Feinsand gebildet, der in seiner Ausbildung und seinem Aussehen dem Feinsand der Muldsberggrube völlig gleicht und auf der dort die Bodenbildung in der Schlußphase der Holstein-Warmzeit erfolgte.

Die hier über dem Feinsand liegende Schichtenfolge ist in ihrem Kornaufbau und somit in ihrer Genese wesentlich anders gestaltet. Sie beginnt zunächst mit einem feinkiesführenden gemischtkörnigen Sand, der von einem tonstreifigen bzw. von eigenartig gestalteten Tonkörpern durchsetztem Sand abgelöst wird. Trotz des hohen Feinstkornanteils (38 %) ist der Ton nur wenig plastisch (Rollgrenze = 0,14, Fließgrenze = 0,30). Sein Raumgewicht bei natürlichem Wassergehalt liegt zwischen 2,1 und 2,2 t/m³. Abgeschlossen wird die gesamte Schichtenfolge von einem gemischtkörnigen Feinsand, der keine Ton-

Tabelle 3
Korngrößenverteilung der periglazialen Schichtenfolge
von Wacken

| Lfd. Proben-Nr. | Mächtigkeit der Schicht in m | Feinstkorn < 0,002 mm % | Schluffkorn 0,002-0,06 mm % | Feinsandkorn 0,06-0,2 mm % | Mittelsandkorn 0,2-0,6 mm % | Grobsandkorn 0,6-2,0 mm % | Kieskorn > 2,0 mm % | U |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|------|
| 1 | 1,50 | — | 4,2 | 59,0 | 32,4 | 4,4 | — | 2,64 |
| 2 | 0,90 | — | 1,6 | 18,8 | 57,7 | 16,9 | — | 3,07 |
| 3 | 0,25 | — | 5,9 | 20,9 | 53,7 | 19,5 | — | 5,0 |
| 4 | 2—4 cm und als „Tropfen“ | 38,0 | 28,0 | 32 | — | — | — | — |
| 5 | 0,30 | — | 2,3 | 23,8 | 38,8 | 29,0 | 6,1 | 5,14 |
| 6 | 2,0 | — | 1,6 | 98,0 | 0,4 | — | — | 1,74 |

zwischenlagen mehr enthält. Ihrer Korngrößenzusammensetzung nach sind mit Ausnahme der liegenden äolischen Feinsande die am Aufbau des Profils beteiligten Sedimente nur wenig aufbereitet, wenngleich auch die Mittelsandfraktion (0,6—0,2 mm) überwiegt. (> als 50 %). Dennoch sind sowohl Feinsande (0,06 bis 0,2 mm) als auch Grobsande (0,6 bis 2,0 mm) zu fast gleichen Teilen am Aufbau mitbeteiligt. In ihrer Art entsprechen sie Flugsanden, denen während der Ablagerung ganz erhebliche Sedimentmengen durch Schneeschmelzwässer vom Hang her zugeführt wurden (vgl. VAN DER HAMMEN 1951, S. 172—173). Für diese Annahme ihrer Entstehung entspricht auch das Vorkommen von vereinzelt und regellos über das ganze Profil verteilten, scharfkantigen Fein- bis Mittelsandkörnern bzw. -geröllen. Man geht daher nicht fehl in der Annahme, daß die gesamte Sedimentfolge in einem mehr oder weniger von Wasser erfülltem Becken zum Absatz gebracht wurde, wobei sowohl der Wind als auch Schneeschmelzwässer als Sedimentlieferanten infrage kommen. In gelegentlichen Ruhepausen der Akkumulation kam es vornehmlich im unteren Bereich des Profils zum Absatz von nur wenig plastischen, feinsandig-schluffigen, geringmächtigen Tonlagen. Auf ihre nachträgliche Dislokation sowie auf die Bildung der im Hangenden des Profils vorhandenen, stark gepreßten „Torfschicht“ wird später noch zurückzukommen sein.

3.2 Lagerungsverhältnisse

Ähnlich wie in Muldsberg ist auch das Vorkommen des Holstein-Interglazials von Wacken glaziär stark beansprucht. Alle Schichten fallen mit etwa 30 bis 45° nach Osten ein. Die oben näher beschriebene Schichtenfolge ist dabei in ihrem ursprünglichen Verband kaum nennenswert gestört worden.

3.3 Periglaziale Froststrukturen

Die in der Schicht c) des oben beschriebenen Profils angetroffenen eigenartigen Tongebilde können aufgrund ihrer Formgestaltung als periglaziale Froststrukturen angesprochen werden. Sie gleichen in ihrer langgestielten Tropfenform den Erscheinungen, die erstmals STEUSLOFF (1941) aus Westfalen und VAN GALEN (1943) aus den Niederlanden beschrieben haben. STEUSLOFF (1952) bezeichnete sie als „Tropfen“ oder „Kerkoboloide“ (geschwänzte Tropfen), VAN GALEN (1943) als „Druipstarten“.

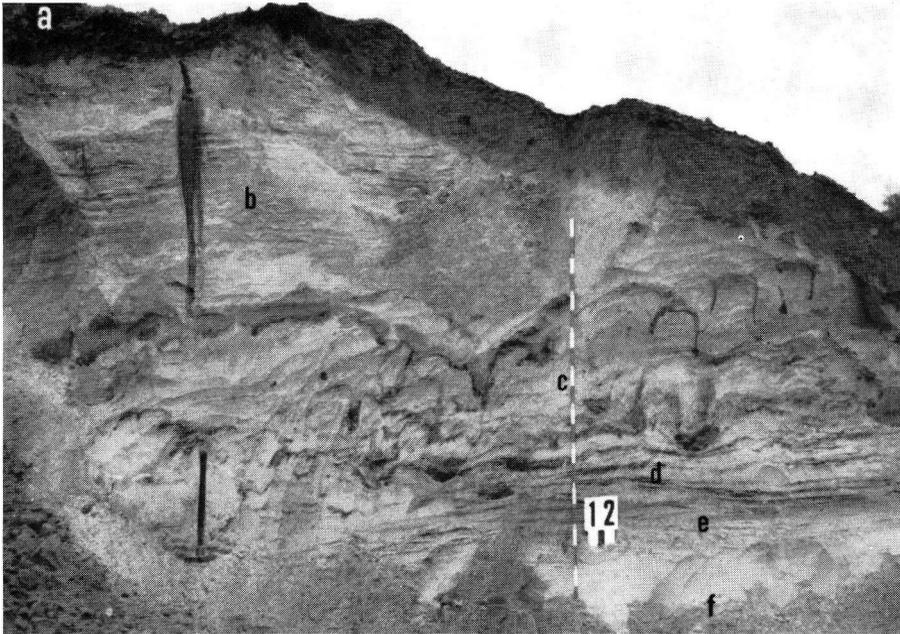


Abb. 1. Blick auf die Ostwand im Westteil der Tongrube von Wacken, die durch besondere Froststrukturen - Kerkoboloide - gekennzeichnet ist. — a = warmzeitlicher „Sumpftorf und algenreiche Detritusmudde“; b = Flugsand; c = von „Tropfen“ durchsetzter Mittelsand mit einzelnen Kieskörnern; d = tonstreifiger, geschichteter Mittelsand; e = feinkiesiger, geschichteter Sand; f = äolischer, geschichteter Feinsand. — Einfallen aller Schichten 25° E.

Wie die Abbildungen 1 und 2 erkennen lassen, sind ausgehend von einer meist nur 1 bis 2 cm starken Tonschicht einzelne aus dem gleichen Material bestehende, schweif- oder stielartig geformte Tonkörper mehr oder weniger senkrecht nach unten gerichtet, wo sie sich in 90 cm Tiefe klunkerartig verdicken und verbreitern (Abb. 2). Der Durchmesser dieser meist etwas unregelmäßig gestalteten, nach unten gelegentlich etwas abgeplatteten Klunker bewegt sich zwischen 10 und 20 cm.

Beim ersten Anblick der Grubenwand gewinnt man den Eindruck (Abb. 1), daß man es mit zwei getrennten Klunkerhorizonten zu tun hat. Eingehende Untersuchungen erbrachten aber den Nachweis, daß sich die einzelnen Klunkerstiele aus dem unteren Bereich bis in den oberen Tropfenhorizont verfolgen lassen. Gleichzeitig konnte dabei festgestellt werden, daß die einzelnen Klunkerstiele zu einem System horizontaler und senkrechter, vielfach unregelmäßig gestalteter Spalten gehören.²⁾

3.4 Stratigraphische Deutung des Profils

Bei der Ausdeutung des Profils kann davon ausgegangen werden, daß die im Liegenden des Tropfenhorizontes angetroffene Feinsandserie in die gleiche Schichtenfolge gehört, die in Muldsberg als Flugsand den gesamten Wattsandkörper überdeckt. Während dieser äolischen Akkumulationsphase kam es aber nicht nur zum Absatz von Flugsanden, sondern es entstanden auch gleichzeitig an verschiedenen Stellen des wattartigen Meeres-

²⁾ Es kann hier nicht die Aufgabe sein, über die Genese, über die bekanntlich in der Literatur keine einheitliche Auffassung besteht, Stellung zu nehmen. Es wird hier lediglich die Auffassung vertreten, daß die Kerkoboloide ähnlich wie z. B. die Eiskeile zu dem Formenkreis des frost-dynamischen Periglazials zu zählen sind.



Abb. 2. Charakteristische Form eines „Tropfens“; Nordwand des gleichen Grubenabschnittes wie Abb. 1.

raumes durch die Deflationswirkung des Windes mehr oder weniger große und kleine Windmulden, die flache, oft mit Wasser erfüllte Seebecken darstellten. In sie wurden sowohl grobkörnige als auch feinkörnige Sedimente transportiert, wobei der Wind und Schneeschmelzwässer als Sedimentbringer in Frage kommen. Unter dem Einfluß eines zunehmenden Periglazialklimas kam es vorübergehend zur Bildung eines Tropfenbodens, der abschließend von weiterem Flugsand überlagert wird.

Nach dem Abklingen des periglazialen Klimas füllte sich das nur noch sehr flache Seebecken rasch mit Wasser; es entsteht eine sumpfige Niederung, die nach Rückkehr einer warmzeitlichen Vegetation zur Entstehung eines „Sumpftorfes“ und einer algenreichen Detritusmudde führte. Damit liefert also die im limnisch-telmatischen Faziesbereich entstandene Schichtenfolge von Wacken den unmittelbaren Beweis dafür, daß die aus dem terrestrischen Profil von Muldsberg gezogenen, aber nur vermuteten Rückschlüsse richtig sind.

4. Ablauf des geologischen Geschehens während des Holstein-Interglazials in Westholstein

Das Auffinden von periglazialen Froststrukturen sowie das Vorkommen eines fossilen Bodens (Humus-Orterde) und eines Torflagers im Hangenden der marinen Holstein-Tonserie läßt das geologische Geschehen während des Holstein-Interglazials in Westholstein in ein wesentlich anderes Bild erscheinen, als es bislang Gültigkeit hatte.

Wie die pollenanalytischen Untersuchungen von MENKE (1968) gezeigt haben, erfolgte die Transgression des Holstein-Meeres schon zu einem Zeitpunkt, als das Eis währ-

Tabelle 4
Stratigraphische Einstufung der Quartärablagerungen
in Westholstein

| | | Waldgeschichtliche Zeitabschnitte (n. MENKE 1968) | Geologisches Geschehen | |
|----------------------------|------------------------------------|---|--|--|
| Holozän | | — | Boden- und Torfbildungen | |
| Weichselvereisung | | — | Periglaziale Vorgänge (Solifluktion, Eiskeile, Tropfenboden, äolische Deflation und Akkumulation) | |
| Eem-Interglazial | | — | Boden- und Torfbildungen | |
| Saale-Vereisung (i. w. S.) | | — | Stauchwirkungen des Eises, Ablagerungen von Geschiebemergel, glazifluviatilen Vorstoß- und Rückzugssanden, glazilimnischen Tonen und Schluffen | |
| Holstein-Interglazial | Wacken-Warmzeit (Holstein II) | Hainbuchenzeit mit Kiefern-Dominanz (4b) | algenreiche Detritus-Mudden-Ablagerungen mit Azolla Sumpftorf- und Bodenbildung | |
| | | EMW-Zeit mit Kiefern-Dominanz (4a) | | |
| | | Kiefern-Zeit (3) | | |
| | | Birken-Kiefern-Zeit (2) | | |
| | Mehlbek-Kaltphase | — | äolische Akkumulation und Bildung von Tropfenböden | |
| | Muldsberg-Warmzeit (Holstein I) | | | Regression des Meeres: Ablagerung der Sandwattserie |
| | | EMW-Zeit mit Kiefern-Dominanz (III) | } Transgression des Meeres: Ablagerung der Holstein-Tonserie | |
| Birken-Kiefern-Zeit (II) | | | | |
| | Birken-Zeit (I) | | | |
| Elster-Spätglazial | | | Ablagerung glazilimnischer Tone und Schluffe (Lauenburger Ton (schwarze und rote Tone)) | |
| Elster-Vereisung | | — | Ablagerung von Geschiebemergel, glazifluviatilen und glazilimnischen Schluffen und Tonen | |

rend der Spät-Elstereiszeit allmählich verschwand. Daraus erklärt sich auch das Auftreten arktischer Molluskenformen zu Beginn des Meereseinbruches, so wie dies auch schon von GRAHLE (1936) angenommen wurde. Auch die weitere waldgeschichtliche Entwicklung (vgl. Tabelle 4), wie sie von MENKE aufgezeigt werden konnte, deckt sich weitgehend mit den Schlußfolgerungen, die GRAHLE (1936) aus seinen faunistischen Untersuchungen ziehen konnte. „Der Klimaablauf von Arktisch bis zu Gemäßigt“ zeigt, „daß die Transgression der Holsteinsee etwa die erste Hälfte des Altinterglazials umfaßt“ (GRAHLE 1936, S. 95). Mit dem Beginn der Regression der Holsteinsee kam es in Westholstein zur Ablagerung mächtiger Wattsandbänke, bestehend aus wechsellagernden dünnen Ton-, Schluff- und Feinsandschichten. In ihrem unteren Bereich erweisen sie sich als marine verbrackende Sedimentserie, die noch marine Foraminiferen (*Streblus batavus*) und Mollusken (*Spisula subtruncata*, *Nucula nutiba*, *Ostrea edulis*) führt (FRANZ 1965). Auch das Vorkommen von charakteristischen Lebensspuren, wie Wühlgänge von Würmern usw. lassen die Wattsandfazies deutlich werden.

Nach dem Hangenden zu wird der eigentliche Wattkörper von äußerst feinen Sanden überlagert. Sie sind in ihrem unteren Bereich zum Teil als „Flasersande“ und nach oben zu als schwachgeschichtete hellgrauweiße Feinsande ausgebildet. Man geht nicht fehl in der Annahme, daß es sich bei ihnen um ein äolisches Ablagerungsprodukt handelt. Auch FRANZ (1965) hielt die Feinsande aufgrund der Oberflächenstruktur ihrer Quarzkörper für Flugsande. Wenngleich auch das Vorkommen äolischer Absätze nicht unmittelbar mit einem periglazialen Klima verbunden zu sein braucht, so weisen die in der Grube von Wacken im Hangenden der Flugsande ausgebildeten Froststrukturen auf eine mehr oder weniger kurzfristige oder auch langandauernde Periglazialphase nach der Regression der Holsteinsee hin. Auch die pollenanalytischen Untersuchungen des im Hangenden des Periglazials zur Ausbildung gelangten Torflagers lassen den Schluß zu, daß vor der Bildung der organogenen Ablagerung und nach dem Rückzug der Holsteinsee ein Klimarückschlag erfolgte, der „bis zur Ausmerzung aller thermophilen Gehölze (*EMW*, *Alnus*, *Corylus*, *Taxus* u. a.) und sogar *Picea* geführt“ hat (MENKE 1968, S. 41).

Nach der Periglazialphase setzte dann in Westholstein wiederum eine charakteristische warmzeitliche Vegetationsentwicklung ein, die MENKE (1968) als ein neues Interglazial wertet und in die frühe „Drenthe“-Zeit stellt. Demnach müßte aber die Vegetationsentwicklung den Charakter einer Interstadialphase aufweisen, was aber zweifellos nicht der Fall ist. Es erscheint daher sinnvoller, das von MENKE nachgewiesene neue Interglazial ebenfalls noch dem Holstein-Interglazial zuzuordnen. Auf diese Weise würde man zu einem älteren (Muldsberg-Warmzeit) und einem jüngeren Holstein-Interglazial (Wacken-Warmzeit) gelangen, die durch eine mehr oder weniger kurzfristige oder auch langandauernde Periglazialphase (Mehlbek-Kaltphase) voneinander getrennt sind (Tabelle 4). In dieser Auffassung wird man bestärkt durch den Hinweis von WOLDSTEDT (1960), wonach in der Tschechoslowakei nach den Untersuchungen von MAČOUN, ŠIBRAVA, TYRÁČEK und KNEBLOVÁ-VODICKOVÁ (1965) auch dort das Holstein-Interglazial durch eine kalte Phase zweigeteilt ist. Zu dem gleichen Ergebnis scheint auch RUSKE (1964 u. 1965) aufgrund seiner Untersuchungen im östlichen Harzvorland gelangt zu sein, indem er die mittelpleistozäne Holstein-Warmzeit durch eine echte Kaltzeit („Fuhne“-Kaltzeit) in eine ältere („Interglazial von Edderitz“) und eine jüngere Holstein-Warmzeit gliedert. Wie weit die von KAISER (1966) geltend gemachten Einwände zu Recht bestehen, daß die warmzeitliche Verlehmung der Edderitzer Terrasse auch auf eine Auenvergleyung zurückzuführen ist, möge in diesem Zusammenhang vorläufig dahingestellt bleiben.

Zusammengefaßt ergibt sich für den westholsteinischen Raum eine zeitliche Einordnung und Gliederung des Holstein-Interglazials, wie sie in Tabelle 4 schematisch dargestellt ist.

5. Schriftennachweis

- FRANZ, U.: Gefügekundliche Untersuchungen im Holstein-Ton. — Vortrag 32. Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Nordwestdeutschen Geologen, Flensburg 1965.
- GALEN, J. VAN: Eiszeitliche Befunde aus Utrecht (Niederland). — Geogr. en Geol. Meded. Physiograph.-geol. Reek, **17**, 39 S., 35 Abb., 17 Taf., Utrecht 1943.
- GRAHLE, H. O.: Die Ablagerungen der Holstein-See (Mar. Interglaz. I), ihre Verbreitung, Fossilführung und Schichtenfolge in Schleswig-Holstein. — Abh. Preuß. Geol. Landesamt. NF **172**, 110 S., 1 Taf., 14 Abb., Berlin 1936.
- HAMMEN, Th. VAN DER: Late-glacial floren and periglacial phenomena in the Netherlands. — Dissertation, 183 S., Leiden 1951.
- KAISER, K.-H.: Eiszeitforschung in Mitteldeutschland. — Z. Geomorphologie, NF **10**, 183—190, 6 Abb., 1 Fig., Berlin 1966.
- MAČOUN, J., ŠIBRAVA, V., TYRÁČEK, J. & KNEBLOVÁ-VODIČKOVÁ, V.: Kvartér Ostravska a Moravské brány. — 341 S., Praha 1965.
- MENKE, B.: Beiträge zur Biostratigraphie des Mittelpleistozäns in Norddeutschland (pollenanalytische Untersuchungen aus Westholstein). — Meyniana, **18**, 35—42, 5 Abb., Kiel 1968.
- RUSKE, R.: Das Pleistozän zwischen Halle (Saale), Bernburg und Dessau. — Geologie, **13**, 570—597, 15 Abb., 2 Tab., Berlin 1964.
- : Zur Gliederung der Holstein- und Saalezeit im östlichen Harzvorland. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **16**, 88—96, 4 Abb., 1 Tab., Öhringen/Württ. 1965.
- STEUSLOFF, U.: Brodelböden aus zwei Eiszeiten in der Umgebung von Haltern (Westfalen). — Z. Geschiebeforsch., **17**, 5—16, 10 Abb., Leipzig 1941.
- : Periglazialer „Tropfen“- und Taschenboden im südlichen Münsterland bei Haltern. — Geol. Jb., **66**, 305—312, 5 Abb., Hannover 1952.
- WOLDSTEDT, P.: Der Ablauf des Eiszeitalters. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **17**, 1 Taf., 1 Abb., 153—158, Öhringen/Württ. 1966.

Manusk. eingeg. 7. 3. 1969.

Anschrift des Verf.: Direktor Dr. A. Dücker, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, 23 Kiel, Mecklenburger Straße 22/24.