Geol. Paläont. Westf.	28	41–72	14 Abb. 6 Tab.	Münster August 1994

Aufbau, Zusammensetzung und Alter der Flugsand- und Dünenbildungen im Bereich der Senne (Östliches Münsterland)

Klaus Skupin*

Zusammenfassung:

Durch den großflächigen Abbau mehrerer am Rande des Truppenübungsplatzes Sennelager gelegener Dünenzüge sowie durch speziell angelegte Schürfe gelang es, Einblick in den Aufbau und die Zusammensetzung der im Bereich der Senne an der Oberfläche anstehenden Flugsandablagerungen zu gewinnen. Anhand pollenanalytischer Untersuchungen und ^{14}C-Datierungen konnten darüber hinaus an zum Teil vereinzelt, zum Teil in differenzierter Abfolge übereinander vorkommender "usselo-ähnlicher" Bodenhorizonte Aussagen über das Alter ihrer Entstehung gemacht werden. Die Hauptaufwehungszeit der Flugsandablagerungen ist danach in die Jüngere Dryaszeit zu stellen. Während des Holozäns erfolgten nur noch geringfügige Umlagerungen. Die eigentliche Podsolbildung setzte vermutlich während des Atlantikums (Mittelholozän)ein. Die Talbildung innerhalb der Senne war bereits Ende des Spätglazials erfolgt.

1. Vorbemerkungen

Durch die Arbeit von Maas (1952, 1955) über die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen, welche insbesondere auch das Dünengebiet der Senne umfaßt, bestehen relativ klare Vorstellungen über die Entstehung und den zeitlichen Ablauf der Flugsandablagerungen und Dünenbildungen im Bereich des Untersuchungsgebietes. Während der Geländeaufnahmen für das Blatt C 4318 Paderborn der Geologischen Karte 1 : 100 000 (Dahm et al. 1979) sowie für das Blatt 4218 Paderborn der Geologischen Karte 1 : 25 000 von Nordrhein-Westfalen (Skupin 1982) wurden im Bereich der TK 25 4118 Senne (Geol. Bearb.: Renner & Kraiss 1915) mehrere Aufschlüsse angetroffen, in denen die an der Oberfläche des Senne-Sanders vorhandenen Flugsandablagerungen bis auf den jeweiligen Untergrund aufgeschlossen waren. Dadurch konnten die bestehenden Vorstellungen überprüft und zum Teil präzisiert werden. Über die oberflächennahen Erscheinungsformen hinaus (Geländeform, Podsolierung) ergaben sich dabei vor allem Angaben über den Beginn der äolischen Sandaufwehung sowie deren Auflagerungsfläche. Hinzu kamen Hinweise über den inneren Aufbau, die Zusammensetzung des Substrats sowie den Ablauf der Sandaufwehung während des ausgehenden Pleistozäns bis zur Gegenwart. Des weiteren ergaben sich Erkenntnisse über die Landschaftsgeschichte, insbesondere die Talbildung innerhalb der Senne.

Die Untersuchungen zum Modalbestand der Sande (Petrographie, Rundungsgrad, Schwermineralführung) wurden von G. Stadler und U. Wefels durchgeführt, die stratigraphische Einstufung der Bodenhorizonte wurde von H.-W. Rehagen, alle Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, vorgenommen. Die Altersdatierungen mittels ^{14}C-Methode erfolgte durch M. A. Geyh, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover und H. Willkomm, Universität Kiel. Für die Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Anregungen danke ich den Herren J. G. Zandstra und J. de Jong vom Rijks Geologische Dienst der Niederlande, Haarlem.

* Anschrift des Verfassers: Dr. Klaus Skupin, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greiff-Str. 195
47803 Krefeld

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt hauptsächlich den Bereich der Oberen – oder trockenen – Senne (SERAPHIM 1977, 1978, SKUPIN 1985 a) zwischen Hövelhof – Stukenbrock – Augustdorf im Norden und Paderborn – Schlangen im Süden. Es wird nach Westen zu durch die Untere (= feuchte) Senne, im Süden durch die Niederterrassenverebnung von Strothe und Lippe begrenzt. Diese geomorphologische und hydrographische Grenzziehung wird seit der Landnahme durch den Menschen von betriebs- und landschaftsplanerischen Gesichtspunkten überlagert und bestimmt. So ist der an der Grenze Truppenübungplatz Sennelager/Niederterrasse der Lippe wahrzunehmende landschaftliche Einschnitt wohl nur zum Teil als Auswirkung geologischer Ereignisse während des jüngeren Quartärs aufzufassen. Vielmehr dürfte ein Teil dieser landschaftlichen Verebnung auf kultur- und wirtschaftsgeschichtliche Faktoren zurückzuführen sein (SERAPHIM 1977). Die sehr frühe Besiedlung dieses Raums durch den Menschen zeigen die bei Marienloh auf der Lippe-Niederterrasse aufgefundenen zahlreichen mikrolithischen Werkzeuge aus der Mittelsteinzeit (SERAPHIM 1975).

Die untersuchten Aufschlüsse liegen wegen der teilweisen Nutzung der Senne als Truppenübungsplatz fast sämtlich außerhalb desselben. Dort wurden im Zuge der Sand- und Kiesgewinnung größere Dünenzüge abgegraben. Ihre nachträgliche Unterschutzstellung hat zu einer Beendigung beziehungsweise Verlagerung der Abgrabung geführt. Folgende Lokalitäten wurden untersucht (Abb. 1):

- Augustdorfer Sandgruben und Deponie GmbH, ehemalige Sandgrube Möller (R 82 980, H 53 700), TK 4018 Lage
- Brink (R 79 100, H 52 250), TK 4018 Lage
- Großekämper (R 77 680, H 53 000), TK 40180 Lage
- Augustdorf / Bärenbach (R 81 700, H 50 850, TK 4118 Senne
- Deppe (R 78 000, H 49 300), TK 4118 Senne
- Weiser II (neu) (R 77 300, 49 000), TK 4118 Senne
- Holste (R 78 500, H 48 800), TK 4118 Senne
- Johannhörster (R 79 260, H 49 400), TK 4118 Senne
- Weiser I (alt) (R 78 260, H 49 180), TK 4118 Senne
- Haustenbach (R 82 670, H 43 620), TK 4118 Senne
- Berlebeck (R 91 100, H 49 400), TK 4119 Horn-Bad Meinberg
- Kohlstätter Senne (R 88 950, H 45 480), TK 4119 Horn-Bad Meinberg,
- Schwedenschanze (R 89 320, H 43 230), TK 4119 Horn-Bad Meinberg
- Wolf, vorm. Heuwinkel (R 87 720, H 42 700), TK 4118 Senne
- Tallewiesen (R 83 650, H 36 150), TK 4218 Paderborn

Hierüber liegen zum Teil bereits vorläufige Mitteilungen vor (SKUPIN 1980, 1982).

Hinzu kamen Beobachtungen an flachen Schürfen entlang von

- Brükbach (R 77 120, H 46 930), TK 4118 Senne
- Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne
- Paulinenholz (R 90 290, H 46 375), TK 4119 Horn-Bad Meinberg,

die z. T. zur Klärung der vorgeschichtlichen Besiedlung der Senne vom Westfälischen Museum für Archäologie, Bielefeld, angelegt worden sind (GÜNTHER 1982).

Zur schwermineralogischen Charakterisierung der saalezeitlichen Grundmoräne (s. Tab. 6) im Vergleich zu den gleichfalls schwermineralogisch untersuchten Vor- und Nachschüttsanden (s. Tab. 5) als potentiellen Liefergebieten der Flugsand- und Dünenbildungen wurden außerdem folgende Aufschlüsse*) und Bohrungen**) berücksichtigt:

- Stukenbrock*)(R 76 870, H 52 950), TK 4017 Brackwede

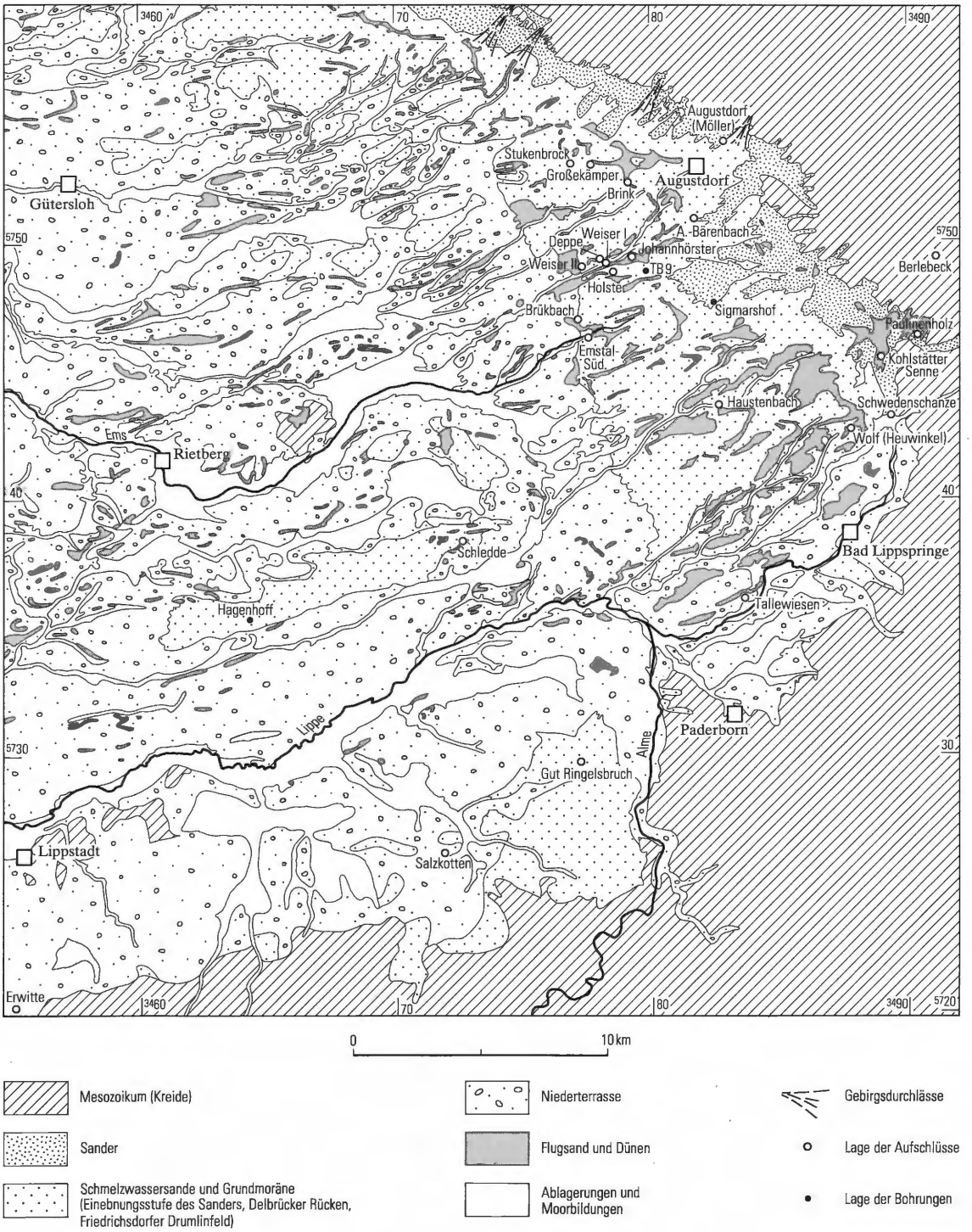

Abb. 1: Geologische Übersicht des Untersuchungsgebietes.

- TB 9**) (R 79 810, H 48 834), TK 4118 Senne
- Sigmarshof**) (R 82 450, H 47 550), TK 4118 Senne
- Hagenhoff**) (R 64 280, H 35 310), TK 4216 Mastholte
- Schledde*) (72 540, H 38 370) TK, 4217 Delbrück
- Ringelsbruch*) (R 77 200, H 29 750), TK 4218 Paderborn

- Erwitte*) (R 55 040, H 20 240), TK 4316 Lippstadt
- Salzkotten*) (R 71 850, H 26 200), TK 4317 Geseke

Sie liegen großenteils außerhalb der Senne und zwar westlich davon.

3. Geomorphologischer Überblick

An der Geländeoberfläche des von Südwest - Nordost von circa + 120 m NN auf + 180 m NN ansteigenden und vor den Gebirgskämmen von Teutoburger Wald und Eggegebirge lagernden Senne-Sanders (Porta-Gletscher, Aue-Hunte-Gletscher, Drenthe-Stadium, Seraphim 1972, Hesemann 1975, Skupin 1985 a, b) sind in weiter Verbreitung Flugsande und Dünen wechselnder Form und Mächtigkeit anzutreffen. Wie in anderen Gebieten Nordrhein-Westfalens und Nordwestdeutschlands bilden sie den Abschluß der dort vorhandenen Lockergesteinsabfolge und überkleiden als mehr oder weniger geschlossene äolische Deckschicht die älteren quartären Schmelzwassersedimente sowie die randlich anstehenden mesozoischen Festgesteine. Gegenüber den natürlichen und künstlich geschaffenen Ebenheiten des Senne-Sanders bilden sie ein unruhig kuppiges Relief, in dem die größeren Dünenzüge zum Teil beträchtlich über die Geländeoberfläche aufragen. Die bis zu 10 m hohen Dünenzüge entstanden bereits während des ausgehenden Pleistozäns und unterscheiden sich nach Maas (1952, 1955) und Mertens (1980) in ihrem langgestreckten, breiten und flachwelligen Habitus mit kräftiger Podsolbildung (Ortstein) deutlich von den jüngeren, kleinkuppigen Dünenfeldern ohne nennenswerte Bodenentwicklung (Orterde, Podsolranker, Podsolregosol). Letztere sind den größeren und markanteren Dünenzügen meist aufgesetzt, kommen aber auch in den dazwischen liegenden Sandgebieten in der Regel in größerer Zahl vor.

Für die Hauptdünen ist eine Häufigkeit von 2 – 3 Dünen pro Quadratkilometer anzugeben, wobei die Dichte von Gebiet zu Gebiet unterschiedlich ist und eine deutliche Beziehung zur hydrographischen und morphologischen Gliederung des Bildungsraums erkennen läßt (Arnold 1977). Danach sind die Dünen überwiegend auf den Verebnungsflächen der sogenannten Einebungsstufen des Sanders anzutreffen (Skupin 1985 a), wo sie in ihrer Längsrichtung wiederum häufig parallel zu den in Südwest-Nordost-Richtung verlaufenden Flüssen und Bächen angeordnet sind. Dies ist eine Folge der freiligenden Erosionskanten, an denen der Wind angreifen und den lockeren Sand ausblasen konnte. Entsprechend diesen Gegebenheiten sind die Dünen in den meisten Fällen der Gestalt und Richtung der Bäche angepaßt und als sogenannte Uferbegleitdünen durch einen überwiegend gestreckten, untergeordnet auch bogig abgewinkelten Verlauf ausgezeichnet. Wo die Abflußrinnen, etwa im Oberlauf, näher zusammenrücken, können die Dünen stellenweise auch miteinander in Verbindung treten, so daß ein größerer, ineinander übergehender Dünenkomplex entsteht. Sie ähneln den echten Bogendünen, die bei etwa gleich langen Dünenästen als Parabeldünen, bei dem Vorhandensein eines langen und kurzen Astes als Hakendünen zu bezeichnen sind (vgl. Hesemann 1975: 370). Bei diesem, mit der konkaven Innenseite des Dünenbogens gegen die sie verursachende Windrichtung geöffneten Dünentypus ist die Luvseite durchweg durch ein flacheres, die dem Wind abgewandte Leeseite durch ein steileres Schichteinfallen gekennzeichnet. Nach Maas (1952: 39) beträgt das Einfallen der Dünenoberfläche auf der konkaven Innenseite im allgemeinen etwa 10°, das der Leeseite bis zu 30°. Ähnliche Angaben macht auch Seraphim (1980: 32), wonach das Schichteinfallen luvseitig meist weniger als 10 % beträgt, während das der Leeseite überwiegend zwischen 10 – 15° schwankt.

Nach der äußeren Form der Dünen zu urteilen, ist die Aufwehung der Dünensande überwiegend durch Winde aus Westsüdwest bis Südwest erfolgt (Maasjost 1938, Maas 1952, Seraphim 1980), einer Windrichtung, wie sie heute in Nordrhein-Westfalen vorherrschend ist. Daneben waren in früheren Zeiten, das heißt bei der Bildung der älteren Dünengenerationen, vermutlich auch noch andere Windrichtungen beteiligt, wie sich stellenweise aus dem inneren Aufbau der Dünen ergibt (vgl. Seraphim 1980: Abb. 16; Hesemann 1975: Abb. 243). So ist das Einfallen der Schichten häufig nach Süden bis Südosten gerichtet, was auf eine Windrichtung aus Norden bis Nordwesten schließen läßt (Seraphim 1985). Ähnliche Beobachtungen wurden auch für die Niederlande (Maarleveld & Schans 1961) und das westliche Rheinland (Braun et al. 1968) gemacht. Zu dieser Schlußfolgerung kommt auch Meyer (1989), der aufgrund der Auswertung der in Mitteleuropa vorkommenden Lößablagerungen für das äolische Sedimentationsgeschehen am Südrand der Westfälischen Bucht eine Windtransportrichtung aus Nordwest annimmt. In späterer Zeit, ungefähr zwischen dem Hochglazial und dem Spätglazial, kam es dann zu einer Drehung des Windes ungefähr in einem rechten Winkel gegen den Uhrzeigersinn, so daß die Aufwehung während der Älteren Tundrenzeit zunächst hauptsächlich durch Winde aus Nordwest bis West, während der Jüngeren Tundrenzeit hingegen aus Südwest erfolgte (Seraphim 1985: 11).

4. Struktur und Textur

Nach den Untersuchungen von Stengel (1992) ist die Entstehung von Dünen durch einen zunehmenden Sandnachschub zu erklären. Hierbei ist die Düne nicht als eine allmähliche Aufhöhung einer einzelnen Rippel, sondern als kontinuierliche Weiterentwicklung eines primären Sandschleiers zu einem Sandfleck bis hin zur Düne aufzufassen. Der Zusammenhang zwischen Rippeln und Dünen besteht nur insofern, als die flächenhafte Sandakkumulation am Ort der Entstehung durch die Existenz von Rippeln beeinflußt wird.

Da die Dünen der Senne seit ihrer Entstehung am Ende des Pleistozäns einem stetigen Wandel in Größe und Form unterworfen sind, ist das Innere der Dünenkomplexe im allgemeinen durch einen häufigen Schichtwechsel und eine Veränderung des Schichtfallens gekennzeichnet.

Abb. 2: Dünenquerschnitt im Bereich der ehem. Sandgrube Deppe.

Charakteristisch für die Flugsandablagerungen ist eine strenge Parallelschichtigkeit der Sandschichten mit von Ablagerungskomplex zu Ablagerungskomplex sehr unterschiedlichem Einfallswinkel. Während im Kern oder an der Basis der Dünen die Lagerung der einzelnen Sandschichten meist horizontal oder nur leicht geneigt ist (Abb.3–4), ist zu den Seiten der Dünen hin, besonders jedoch entlang den Dünenflanken, häufig eine deutliche Schrägschichtung oder Steilstellung der einzelnen Sandblätter zu beobachten, die entweder parallel oder auch mehr oder weniger senkrecht zur Dünenoberfläche verläuft (Abb.2, vgl. Seraphim 1980: 128). Vielfach erscheint so das Innere eines größeren Flugsand- oder Dünenkomplexes in sich stufenartig getreppt (Abb. 3). Die Genese ist durch Auf- und Abwehung bei wechselnden Windrichtungen zu erklären (vgl. Maas 1952: 58), wobei die Verlagerung der Partikel hauptsächlich durch eine oberflächennahe tangentiale Schubkraft erfolgte (Werner 1986).

Im Bereich der holozänen Flugsandablagerungen, das heißt vor allem in den bis über zwei Meter mächtigen Muldenfüllungen der Dünendepressionen, fehlt eine Schichtung weitgehend. Sie fehlt hier vermutlich primär, da sich das von den Dünenkuppen und -flanken abgewehte oder abgerollte Sandmaterial mehr oder weniger schichtungslos in den Dünenmulden angesammelt hat. In den Bodenhorizonten (= Humushorizonte begrabener Podsolderivate) tritt ein unterschiedlich hoher Anteil organischer Substanz und Holzkohle hinzu. Die in fossilen Podsolhorizonten vorhandene Kreis- bis Fingerstruktur ist nach neueren Untersuchungen vermutlich auf die Grabtätigkeit des Mistkäfers *Typheus typhoeus* (Linnaeus) aus der Unterfamilie Scarabaeinae zurückzuführen (Brussard & Runia 1984). Allgemein ist sie vor allem aus dem Usselo-Horizont

Alleröd-Horizont
Dünensand
chschuttsand

Abb. 4: Dünenanschnitt im Bereich der ehem. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

des Alleröds bekannt (HIJSZELER 1947, 1955, 1957; DÜCKER & MAARLEVELD 1958, EDELMANN & MAARLEVELD 1958, VAN DER HAMMEN et al. 1967, BAKKER & EDELMANN-VLAM 1976). Nach den vorliegenden Untersuchungen ist damit zu rechnen, daß *T. typhoeus* hauptsächlich während der wärmeren Phasen des Spätglazials, das heißt den Interstadialen und den kühleren Abschnitten des Holozäns, etwa dem frühen Präboreal und Postatlantikum, vorhanden war, als einerseits die Temperaturverhältnisse noch nicht zu kalt und andererseits die vorhandene Vegetation noch nicht zu dicht gewesen waren. Über die weitere Zusammensetzung der Insektenfauna innerhalb des Spätglazials gibt die Arbeit VAN GEEL & COOPE & VAN DER HAMMEN (1989) Auskunft.

5. Korngrößenzusammensetzung

Die Korngrößenzusammensetzung der Flugsand- und Dünenablagerungen ist im allgemeinen identisch mit der des unterlagernden Substrats. Im Bereich der stärker von fluviatilen Umlagerungen und damit einhergehender Materialsortierung geprägten Unteren Senne im Sinne von SERAPHIM (1977) handelt es sich meist um einen Mittel- und Feinsand mit einem Maximum der Korngrößenverteilung zwischen 0,1 - 0,6 mm. Im Bereich der Oberen Senne sind dem Mittel- und Feinsand auch Grobsandlagen zwischengeschaltet, wie sie auch in den unterlagernden Schmelzwassersanden des Senne-Sanders vorhanden sind. Dort hat offensichtlich keine oder nur eine geringe Materialsortierung stattgefunden. Nur in den oberflächennahen Bereichen erscheint das äolisch abgelagerte Material durchweg etwas feiner klassiert. Gegenüber dem unterlagernden Sandmaterial ist der Flugsand darüber hinaus meist deutlich feiner geschichtet (Abb.8). Dem Alleröd-Horizont ist stellenweise ein schwacher Ton- und Schluffgehalt eigen.

◁

Abb. 3: Dünensande mit wechselndem Schichteinfallen über Nachschüttsanden der Saale-Kaltzeit, getrennt durch Alleröd-Horizont des Spätglazials. Sandgrube Weiser I (Westwand).

6. Mineralogie und Petrographie

Zur petrographischen Kennzeichnung und zur Erfassung des Mineralbestandes der Flugsande und Dünen wurden aus den genannten Aufschlüssen jeweils mehrere Proben sedimentpetrographisch untersucht und eine Reihe von Schwermineralanalysen durchgeführt. Um Aufschluß über die Herkunft der Flugsande zu bekommen, wurden die Ergebnisse der vorliegenden Analysen mit den Analysenergebnissen aus dem darunter anstehenden Ausgangsmaterial (Vor- und Nachschüttsand, Grundmoräne) verglichen.

Innerhalb des Mineralbestandes dominiert der Quarz mit 92 – 96 %, als Rest ist Feldspat (4 – 6 %) und eine Spur Dolomit nachzuweisen. Bei den Kornarten überwiegen die klaren Quarzkörner (63 – 70 %) die trüben oder fleckigen Quarzkörner (20 – 35 %) sowie die opaken Sandkörner und Alterite (3 - 8 %) bei weitem. Der höhere Anteil an opaken Mineralen gilt dabei für die humosen Bodenhorizonte mit entsprechenden Anteilen an organischer Substanz und Holzkohle. Der Rundungsgrad der Quarzkörner ist für die Fraktion 0,1 – 0,2 mm überwiegend als subrounded (60 %) bis rounded (32 %) anzugeben.

Die Schwermineralspektren der Flugsande entsprechen in qualitativer und quantitativer Hinsicht überwiegend dem Schwermineralbestand der darunter anstehenden Schmelzwaser- und Terrassensedimente. Sie

Tabelle 1

Schwermineralanalysen von Flugsanden
(Korngröße: 0,06 – 0,3 mm)

	Möller	Brink	Große-kämper	Deppe	Holste	Johann-hörster	Weiser I (alt)	Weiser II (neu)	Hausten-bach	Kohl-städter Senne	Schwe-den-schanze	Ems-Süd I	Wolf, vorm. Heu-winkel
	(%)												
Turmalin	6,5	10,5	11,0	8,5	6,0	7,4	8,7	7,75	9,5	7,0	10,5	8,7	7,0
Zirkon	6,0	14,5	9,0	9,5	7,5	7,7	6,4	8,5	6,0	4,0	2,5	6,4	4,5
Rutil	1,5	0,5	–	1,5	–	0,9	1,3	1,25	1,0	0,5	1,0	1,3	1,5
Staurolith	3,5	6,0	7,0	2,5	3,0	5,4	0,9	6,0	4,0	7,0	4,5	0,9	4,0
Disthen	0,5	–	–	1,5	–	0,6	0,5	0,25	0,5	–	0,5	0,5	2,5
Andalusit	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,1	–	0,5	0,5	1,0	0,5	–	2,0
Sillimanit	0,5	0,5	1,0	1,0	–	0,9	–	0,25	0,5	–	1,0	–	0,5
Granat	29,5	23,0	22,5	40,5	52,0	38,2	36,0	42,25	25,5	39,0	35,0	36,0	30,5
Epidot	35,0	25,0	37,0	23,0	24,0	23,2	24,2	20,75	34,5	31,5	29,0	24,2	–
Saussurit	–	0,5	–	–	–	0,7	0,9	0,5	0,5	–	0,5	0,9	–
Alterit	6,0	9,5	–	6,5	–	5,6	7,8	3,75	5,0	–	3,0	7,8	–
Grüne Hornblende	4,5	4,0	5,0	3,0	4,0	2,9	7,8	4,75	7,0	4,0	4,5	7,3	4,0
Braune Hornblende	–	–	3,0	1,0	–	0,9	–	1,25	–	–	–	0,5	–
Augit	3,5	3,0	2,5	0,5	2,0	2,7	3,6	2,0	4,0	2,5	5,0	3,6	–
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Titanit	–	1,0	–	–	–	0,8	0,5	–	0,5	–	–	0,5	2,0
Anatas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Apatit	–	–	–	–	0,5	0,5	–	–	0,5	–	1,5	–	0,5
Chloritoid	0,5	–	0,5	–	–	0,5	–	–	–	–	0,5	–	–
Brookit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	0,9	–	0,5	–	–	0,9	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	0,25	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zoisit	0,5	–	–	–	–	0,5	0,5	–	–	–	0,5	0,5	2,0
Sonstige	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 2

Durchschnitts- und Höchstgehalte
von Granat, Grüner Hornblende und Augit
in Flug- und Schmelzwassersanden

Durchschnittswert:			
	Granat	Grüne Hornblende	Augit
	(%)		
Flugsand	34,6	4,8	2,7
Schmelzwassersand	31,6	6,2	4,2
Höchstwert:			
	Granat	Grüne Hornblende	Augit
	(%)		
Flugsand	52,0	7,8	5,0
Schmelzwassersand	45,0	12,0	11,0

sind generell durch eine Vorherrschaft von Granat (Ø 34,6 %) und Epidot (Ø 25,5 %) gekennzeichnet, als nächst häufigste Schwerminerale treten Turmalin (Ø 8,4 %), Zirkon (Ø 7,1 %) und grüne Hornblende (Ø 4,8 %) hinzu. Der Anteil von Augit (Ø 2,7 %) und der übrigen Schwerminerale ist demgegenüber gering und liegt allgemein unterhalb von 5,5 % (Tab. 1). Auch innerhalb der Flugsandprofile selbst sind zwischen den reinen Sanden und den darin eingelagerten Bodenhorizonten des Weichsel-Spätglazials und Früh- bis Mittelholozäns keine signifikanten Unterschiede erkennbar, die auf intensivere Verwitterungseinflüsse schließen lassen. Lediglich der Anteil der Alterite und opaken Körner ist innerhalb der Bodenhorizonte leicht erhöht (Tab. 3). Gegenüber den Schmelzwassersanden ist innerhalb der Flugsande allerdings eine kleine Verschiebung zugunsten von Granat bemerkenswert (Abb. 5). Sowohl bei den Durchschnitts- wie Mittelwerten ist deren Gehalt leicht erhöht, was auf den leichteren äolischen Transport infolge eines ursprünglich besseren Rundungsgrades zurückzuführen ist. Demgegenüber zeigen die Anteile von Hornblende und Augit niedrigere Werte; diese besitzen von Haus aus einen aerodynamisch weniger günstigen Umriß und sind zugleich weniger widerstandsfähig.

Tabelle 3

Gehalt an Alterit und opaken Körnern
innerhalb der Schwermineralfraktion

Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel		
	Alterit	opake Körner
	%	
Horizont 2/3	14	13
Bodenhorizont 3	25	16
Horizont 5/6	15	12
Bodenhorizont 6	23	19

Als Vergleich dazu sind auf der Tabelle 4 die Prozentanteile für die entsprechenden Schwerminerale der darunter liegenden Schmelzwassersande angegeben, die im Durchschnitt bei 31,6 % Granat, 27,0 % Epidot, 9,6 % Turmalin, 6,3 % Zirkon und 6,2 % grüne Hornblende liegen. Ein Schwermineralprofil für die Flug- und Schmelzwassersande der Sandgrube Johannhörster zeigt die vertikalen Schwankungen der einzelnen Schwermineralgruppe in Abhängigkeit von der jeweiligen Genese (Tab. 2). Noch krasser sind die Unterschiede im Vergleich zu den jeweiligen Schwermineralanteilen der saalezeitlichen Grundmoräne, die etwa in Bezug

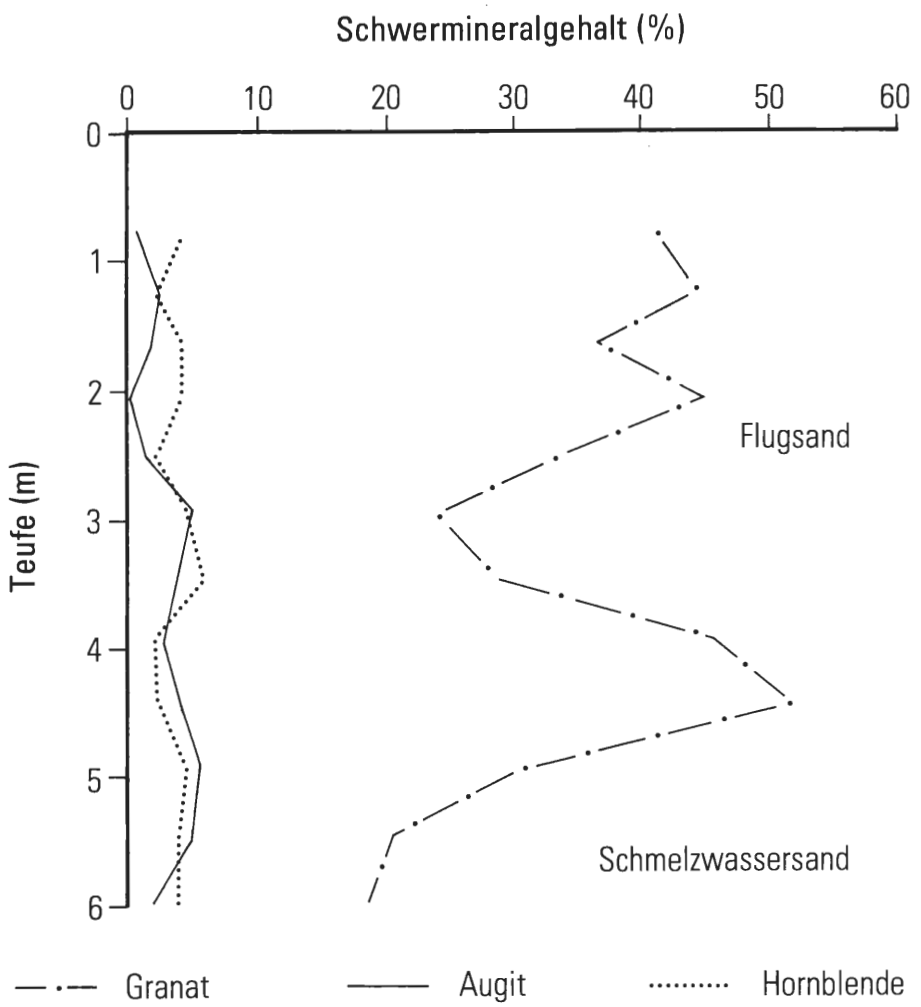

Abb. 5: Verteilung von Granat, Augit und Hornblende in den Schwermineralassoziationen der Flug- und Schmelzwassersande der Sandgrube Johannhörster.

zum Granatgehalt niedrigere, in Bezug zum Hornblendegehalt höhere Werte erkennen läßt (Tab. 5). Letztere entsprechen größenmäßig in etwa den Prozentgehalten der saalezeitlichen Geschiebemergel Schleswig-Holsteins (Hentschke & Stephan 1991).

Im Vergleich zu den näher bekannten drenthezeitlichen Schwermineralprovinzen in Nordwestdeutschland (Henningsen 1978, 1983) sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Danach ist der Großteil der für die Flugsande und Schmelzwasserablagerungen der Senne vorliegenden Schwermineralanalysen mit Schwermineralspektren zu vergleichen, wie sie etwa nordwestlich von Hannover im Bereich des Blattes 1 : 50 000 Garbsen anzutreffen sind. Stellvertretend hierfür seien etwa die Schwermineralanalysen des Profils Silberberg genannt, die einerseits durch deutliche Granat- und Epidotgehalte, andererseits durch niedrige Augit- und Hornblendegehalte gekennzeichnet sind (Henningsen 1978: 130). Der in Bezug auf Gesamt-Niedersachsen hohe Granat-Gehalt wird dabei einer sogenannten Nordost- und Ostprovinz zwischen Hannover-Braunschweig und Hamburg zugeordnet, die den Bereich von Mittelniedersachsen gerade noch berührt, während die Anreicherung von Epidot wohl dadurch zu erklären ist, daß die anderen Schwerminerale nördlicher als auch südlicher Herkunft dort zurücktreten (Henningsen 1983).

Keine Übereinstimmung besteht auf jeden Fall zwischen der Schwermineralführung des Senne-Sanders beziehungsweise seiner Flugsandbedeckung und dem Osning-Sandstein der Unterkreide (Valangin - Apt/Alb), einem am Südrand des Teutoburger Waldes anstehenden locker-grusig verwitternden Quarzsandstein.

Der verwitterte und aufgearbeitete Osning-Sandstein wird seit langem (HARBORT & KEILHACK 1918) als Ausgangsmaterial für die in der Senne lagernden Schmelzwasserablagerungen des Senne-Sanders angesehen. Im Gegensatz zu den Schmelzwasserablagerungen des Senne-Sanders ist der Schwermineralbestand des Osning-Sandsteins jedoch relativ monoton und weist nur noch geringe Anteile leicht verwitterbarer Mineralarten auf. In den Sandsteinen des mittleren und nördlichen Eggegebirges sowie des südöstlichen Teutoburger Waldes sind in der Siebfraktion 0,063 - 0,2 mm überwiegend die Schwermineralien Turmalin (25,2 %), Zirkon (55,3 %), Rutil (18,4 %), Granat (0,1 %), Staurolith (0,6 %), Rest (0,4 %) vorhanden (SPEETZEN 1970).

7. Stratigraphie

Ähnlich anderen Gebieten stellen die Flugsande und Dünen der Senne die jüngsten Quartärablagerungen dieses Raums dar. Große Fortschritte in der Erkenntnis über die Zusammensetzung und das Alter der pleistozänen Flugsande und Dünen der Niederungsgebiete erbrachten in der Vergangenheit vor allem die Untersuchungen holländischer Bodenkundler (EDELMANN & MAARLEVELD 1958) im Bereich des holländischen

Tabelle 4

Schwermineralanalysen von Schmelzwassersanden
(Korngröße: 0,06 – 0,3 mm)

	Möller	Brink	Deppe	Holste	Johann-hörster	Weiser I (alt)	Weiser II (neu)	Berlebeck	Wolf, vorm. Heuwinkel	Talle-wiesen
	(%)									
Turmalin	9,0	6,0	7,0	13,5	9,2	7,0	8,0	16,5	6,5	13,0
Zirkon	6,0	6,5	7,0	4,5	7,2	15,0	7,0	4,5	3,5	2,0
Rutil	2,0	2,5	–	0,5	1,0	4,0	3,5	–	0,5	1,0
Staurolith	4,5	7,5	6,0	4,5	5,6	7,0	4,5	4,0	6,0	4,0
Disthen	0,5	0,5	–	2,0	0,5	–	–	–	–	0,5
Andalusit	1,5	1,0	0,5	0,5	1,1	–	2,0	2,0	2,0	2,0
Sillimanit	–	–	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,5	0,5	1,0
Granat	25,5	36,5	33,5	38,0	23,4	45,0	28,5	32,5	31,0	22,0
Epidot	38,5	23,0	27,0	24,5	34,3	17,0	32,0	17,0	24,5	32,0
Saussurit	–	0,5	0,5	–	1,0	–	–	–	–	–
Alterit	3,5	7,0	8,0	–	7,0	–	4,0	3,5	7,0	7,0
Grüne Hornblende	6,0	5,0	6,0	3,0	3,3	3,0	8,0	6,0	10,0	12,0
Braune Hornblende	–	–	0,5	0,5	0,6	–	–	1,5	3,0	2,0
Augit	3,0	4,5	3,5	6,5	4,3	1,0	2,0	11,0	4,5	1,5
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	–
Titanit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Anatas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Apatit	–	–	–	0,5	–	–	–	–	0,5	–
Chloritoid	–	–	–	0,5	0,5	–	–	–	–	–
Brookit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zoisit	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–
Sonstige	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabelle 5

Schwermineralanalysen von Grundmoränenvorkommen
(Korngröße: 0,06 – 0,3 mm)

	Stukenbrock	TB 9	Sigmarshof	Deppe	Weiser II	Hagenhoff	Schledde	Gut Ringelsbruch	Erwitte	Salzkotten
	(%)									
Turmalin	3,0	6,5	4,0	2,5	4,5	4,0	2,1	3,4	5,0	4,5
Zirkon	9,5	4,5	10,5	5,5	8,0	18,6	15,1	3,6	16,0	7,5
Rutil	2,5	1,0	3,0	2,5	3,0	2,8	3,7	2,45	5,0	2,5
Staurolith	1,0	3,5	1,5	1,0	0,5	1,3	0,85	1,8	1,5	1,0
Disthen	–	1,0	–	1,5	0,5	0,8	0,95	1,8	–	–
Andalusit	–	–	1,0	1,0	1,5	0,3	1,2	1,2	0,5	0,5
Sillimanit	2,5	0,5	1,0	1,0	–	0,7	0,5	0,95	1,5	1,0
Granat	11,0	18,5	15,5	18,5	7,0	21,5	17,2	13,7	19,0	24,5
Epidot	28,5	28,5	42,0	20,0	45,5	27,0	32,5	25,3	24,5	29,0
Saussurit	–	–	–	–	1,0	–	–	–	–	–
Alterit	0,5	1,0	2,0	2,5	6,5	0,5	–	–	1,0	1,5
Grüne Hornblende	31,0	24,5	12,5	29,5	20,0	18,0	19,3	34,5	18,5	22,0
Braune Hornblende	3,0	3,0	0,5	0,5	1,0	0,5	–	2,7	1,0	1,0
Augit	2,0	4,5	5,5	1,0	1,0	1,5	1,4	3,1	1,5	4,0
Olivin	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Titanit	2,0	–	1,0	–	–	0,3	2,5	1,4	1,5	–
Anatas	–	–	–	0,5	–	–	0,55	–	–	0,5
Apatit	3,5	2,0	–	1,5	–	1,7	1,7	1,4	2,0	0,5
Chloritoid	–	–	–	–	–	–	0,3	1,0	0,5	–
Brookit	–	–	–	0,5	–	–	–	0,6	–	–
Pumpellyit	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Glaukophan	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Biotit	–	–	–	–	–	–	–	1,4	–	–
Zoisit	–	1,0	–	0,5	1,0	–	0,4	0,6	0,5	–
Sonstige	–	–	–	–	–	–	0,4	0,3	–	–

Grenzgebiets, denen sich auf deutscher Seite bald ähnliche Untersuchungen anschlossen (Dücker & Maarleveld 1958, Pyritz 1972). Durch den Nachweis von Bodenbildungen des Bölling- und Alleröd-Interstadials (Usselo-Horizont) (Hyszeler 1947, 1955) wurde von van der Hammen (1951) und Arens (1964) eine detaillierte Untergliederung der äolischen Ablagerungen des Spätglazials vorgenommen. Ausgehend von den Löß- und Sandlößaufwehungen während des Hochglazials wurde von ihnen angenommen, daß ihre Bildung ebenfalls während der Weichsel-Kaltzeit erfolgte und wenn auch etwas zeitlich versetzt, spätestens zu Beginn des Präboreals, der Wiederbewaldung der Landschaft, abgeschlossen war (Poser 1948).

Eine Bestätigung für eine auch im Holozän stattfindenen Sandaufwehung, die sich sonst im allgemeinen durch eine lockere Lagerung der Sandkörner bemerkbar macht, erbrachte schließlich die Beobachtung von Bodenhorizonten des Präboreals und Subboreals (Büker 1940, Burrichter 1952, Hambloch 1958, Skupin 1983), das Auffinden von Niedermoorbildungen, die durch Dünensande subfossil geworden sind (Dahm-Arens 1970), archäologische Artefakte in den Flugsandablagerungen sowie mündliche Überlieferungen von Umlagerungen und Aufwehungen in allerjüngster Vergangenheit (Lotze 1949, Brandt 1950, Grabert 1952, Will 1982). Für eine relative Altersdatierung erwies sich dabei die Berücksichtigung der Verwitterungsintensität (Podsolierungsgrad) an der Geländeoberfläche als geeignet (Maas 1952, 1955).

Der Nachweis einzelner oder in differenzierter Abfolge übereinander liegender "usselo-ähnlicher" Bodenbildungshorizonte innerhalb der Flugsandablagerungen der Senne gaben Anlaß, eine feinstratigraphische

Untergliederung und altersmäßige Einstufung der Flugsandablagerungen dieses Raums vorzunehmen. Dazu wurden über die strukturellen und texturellen Merkmale der Horizonte hinaus pollenanalytische Untersuchungen (Bestimmung: H.-W. Rehagen, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.) sowie absolute Altersdatierungen (^{14}C) (Untersuchung: M. A. Geyh, Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung) herangezogen.

In Tabelle 6 ist eine Zusammensetzung der wesentlichsten Sedimentabfolgen und Altersdatierungen der vorgefundenen Bodenhorizonte gegeben. Daraus ergeben sich folgende Ergebnisse:

Pleistozän:

Während der Weichsel-Kaltzeit wurde das Gebiet der Senne nicht mehr von dem sich von Skandinavien her südwärts ausbreitenden Inlandeis erreicht. Das Gebiet lag vielmehr im periglazialen Klimabereich mit langen kalten Wintern und kurzen kühlen Sommern. Aus den Schotterebenen der Bäche und Flüsse sowie den Schmelzwasserablagerungen der vorangegangenen Saale-Kaltzeit wurde das feinkörnige Material (Löß, Sandlöß, Flugsand) ausgeblasen und in mehr oder weniger großer Entfernung wieder auf denselben oder älteren Ablagerungen abgesetzt. Hier finden sich auch hauptsächlich die übrigen Formen des periglazialen Klimabereichs wie Steinsohlen, Windkanter, Eiskeile und Kryoturbationen.

Alleröd:

Generell wird die Basis der Flugsandablagerungen im südöstlichen Münsterland durch eine Bodenbildung des Alleröds charakterisiert (Mertens 1982, Skupin 1982). Eine Bodenbildung des Bölling-Interstadials konnte hingegen nirgends beobachtet werden (vgl. Will 1982). Wie in anderen Quartärgebieten Nordwest- und Osteuropas handelt es sich um einen typischen Usselo-Horizont, der im Bereich der Sandgrube Heuwinkel bei Schlangen die Oberkante einer vermutlich frühweichselzeitlichen Strothe-Terrasse (= mittlere Einebnungsstufe) markiert (Abb. 12). Der Horizont besitzt eine kreis-bis fingerförmige Struktur, einzelne Holzkohlepartikel, Humussubstanz und einen Bleichhorizont an dessen Unterkante. Trotz seiner geringen Mächtigkeit (0,15 - 0,20 m) ist er im gesamten Aufschlußbereich durchzuverfolgen. Die alleröd zeitliche Landoberfläche erscheint weitgehend horizontal. Nur gelegentlich kommen darin auch schmale, rinnenartige Eintiefungen vor, die an diesen Stellen eine Verdickung des Bodenhorizonts zur Folge haben. Ursache ist vermutlich eine in diesen Bereichen ehemals verstärkte Torf- und Humusbildung infolge des geringeren Abstands zur Grundwasseroberfläche. Insgesamt erwies sich die Humussubstanz jedoch als pollenleer. An anderen Stellen ist der Alleröd-Horizont nach oben hin durch eingelagerte Humussubstanz und etwas Holzkohle punktförmig verdickt (Abb. 14).

Nicht wesentlich anders erwiesen sich die Verhältnisse weiter nordwestlich entlang von Bärenbach, Furlbach und Ems. Auch dort werden Flug- und Nachschüttsande durch eine mehr oder weniger eben begrenzte Schichtfläche voneinander getrennt (Abb. 5), die pedogenetisch durch eine deutliche Bodenbildung des Alleröds betont wird. Vor allem im Bereich der Sandgrube Weiser (alt) ist die unter dem Flugsand begrabene alte Geländeoberfläche (= mittlere Einebnungsstufe) durch rostfarbene Sandkörner, Bleichhorizonte, weißlich verwitterte Geschiebe, Holzkohle sowie humose Schluffeinlagerungen gekennzeichnet. Eine kreis- bis fingerförmige Struktur tritt zurück. Dafür sind die Sedimentpartikel (z. B. Holzkohle) korngrößenmäßig sortiert und lagig angereichert (Abb. 11). Frostdynamische Vorgänge im nachfolgenden Periglazial haben den Horizont nachträglich stellenweise kryoturbat verformt, was sich in bis zu 1,2 m breiten und 0,5 m tiefen Frosttaschen bemerkbar macht (Abb.9). Insgesamt ist die Mächtigkeit des Horizonts mit durchschnittlich 1,5 - 2,0 m erstaunlich groß. Aufgearbeitete Holzkohle, Schluffbändchen und Flaserschichtung im unmittelbar Hangenden lassen darüber hinaus eine zeitweilige fluviatile Beeinflussung der Landoberfläche erkennen. Sie ist vermutlich auf ein ehemals höher liegendes Bachbett des Furlbachs und eine damit einhergehende Überflutung der Uferbereiche zurückzuführen. Hierbei kam es zur Aufarbeitung des Alleröd-Horizonts und zur Ablagerung von Hochflutsedimenten. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch in den Aufgrabungen entlang der Ems und deren Nebenbäche (Profile Ems-Süd und Brükbach), die dort allerdings morphologisch tiefer im Niveau der unteren Einebnungsstufe (= Niederterrasse) zu liegen kommen. Pollenanalytisch nicht datierbar, erbrachten zwei, an Holzkohlepartikeln der Sandgrube Weiser (alt) (Untersuchung: M. A. Geyh, Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch.) sowie der Aufgrabung Ems-Süd I (Untersuchung: H. Willkomm, Univ. Kiel) durchgeführte ^{14}C-Datierungen ein Alter 11 490 ± 130 beziehungsweise 11 160 ± 140 J. v. h. Damit ist für beide Bodenbildungen mit Sicherheit ein alleröd zeitliches Alter belegt.

Tabelle 6

Stratigraphische Einstufung der spätweichselzeitlichen bis früh- und mittelholozänen Bodenhorizonte

Sandgrube Weiser I (alt)		Sandgrube Johannhörster Westwand		Sandgrube Johannhörster Ostwand		Sandgrube Deppe		Sandgrube Weiser II (neu)	
Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)		Teufe (m)	
0,00 – 0,25	1. Podsolgeneration								
0,25 – 0,30	Bodenh. 1			1,00 – 1,30	Bodenh. 1			0,25 – 0,40 0,47 – 0,57	Bodenh. 1 Bodenh. 2
0,40 – 0,47	Bodenh. 2			1,45 – 1,65	Bodenh. 2	0,55 – 0,65	Bodenh. 1		
0,60 – 0,67	Bodenh. 3								
0,95 – 1,38	Bodenh. 4	0,60 – 0,80	Bodenh. 1						
1,42 – 1,55	Bodenh. 5	0,90 – 1,20	Bodenh. 2						
3,50 – 5,50	Bodenh. 6 ^{14}C = 11 490 ± 130 J.v.h.								

Als Bildung des Weichsel-Spätglazials markiert der Alleröd-Horizont erdgeschichtlich das Ende der verschiedenen seit dem Drenthe-Stadium ablaufenden warthe- bis frühweichselzeitlichen Ausräumungs- und Aufschüttungsvorgänge, die ihr morphologisches Äquivalent in den drei Einebungsstufen (obere, mittlere und untere Einebnungsstufe) haben. Entsprechend dem Gefälle der von Ost nach West verlaufenden Bäche sind diese Verebnungsflächen schwach geneigt. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies etwa für die Höhenlage der mittleren Einebungsstufe, aufgeschlossen in der Sandgrube Heuwinkel bei ca. + 175 m NN und der Sandgrube Weiser (alt), bei ca. + 140 m NN einen Höhenunterschied von ca. 35 m auf ca. 10 - 11 km Entfernung quer zum Streichen.

Von besonderer Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Senne ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, "daß der Usselo-Horizont an dem Seitental der Ems nicht abbricht, sondern hier steil in eine ältere Talbildung einfällt. Danach scheinen die Fluß- und Bachtäler im mittleren Teil der Senne, die sich erst während des Postglazials durch rückschreitende Erosion gebildet haben sollen (Seraphim 1978), schon im Spätglazial der Weichselzeit vorgeformt gewesen zu sein" (Günther 1982).

Jüngere Dryaszeit:

Nach der kurzfristigen Erwärmung während des Alleröds kam es im ausgehenden Spätglazial noch einmal zu einer deutlichen Klimaverschlechterung. In dieser Jüngeren Dryas-Zeit wurde der vegetationslosen, relativ ebenen Landschaft der Senne eine große Zahl von Dünen aufgesetzt, die in Form der sogenannten Altdünen das Bild der Senne prägen.

Holozän:

Das Holozän geht zum Teil ohne deutliche Grenze aus dem Pleistozän hervor. Wo der Bewuchs fehlte oder durch menschlichen Einfluß beseitigt wurde, setzte sich die Aufwehung von Flugsand und Dünen fort.

Tabelle 6

(Fortsetzung)

Aufgrabung Ems-Süd (Schnitt I, Westwand)		Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel		Alter				
				Zonen n. FIRBAS (1949, 1955)	Zonen n. OVERBECK (1950, 1957)			
Teufe (m)		Teufe (m)					Späte Wärmezeit	Holozän
1. Podsolgeneration						Wende Atlantikum/Subboreal		
				VI + VII	VIII	Atlantikum	Mittlere Wärmezeit	
		0,30 – 0,55	Bodenh. 1	Vb/VI	VII/VIIIa	Wende Boreal/Atlantikum		
		0,55 – 0,75 0,90 – 1,06 1,10 – 1,24	Bodenh. 2 Bodenh. 3a Bodenh. 3b	Va, b	VI/VII	Boreal	Frühe Wärmezeit	
				Va	VI	Altboreal		
		1,32 – 1,48 ca. 1,50 1,90 – 2,10	Bodenh. 3c Bodenh. 4 Bodenh. 5	IV/Va	V/VI	Wende Präboreal/Altboreal		
				IV	V	Präboreal	Vor-Wärmezeit	
						Jüngere *Dryas*-Zeit	Spätglazial	Pleistozän
1,58 – 2,10	Bodenhorizont 5 – 6a, b ^{14}C = 11 160 ± 140 J.v.h.	2,90 – 3,00	Bodenh. 6	II	III	Alleröd		

Präboreal – Atlantikum:

Die jüngeren Bodenhorizonte kommen im Flugsand selbst vor. Einzeln oder in differenzierter Abfolge übereinander liegend, sind sie zumeist wenige Dezimeter, aber auch bis zu 2 m unterhalb der Geländeoberfläche anzutreffen. Ähnlich dem Usselo-Horizont des Alleröds sind sie durch eine mehr oder weniger ausgeprägte Finger- und Kreisstruktur sowie durch Holzkohlepartikel gekennzeichnet. Nicht ausgebildet ist der sonst für den Alleröd-Horizont charakteristische Bleichhorizont. Nach den Beobachtungen in der Sandgrube Heuwinkel und in der Sandgrube Weiser scheint ihr Auftreten an das Relief der Dünenlandschaft gebunden zu sein. So wurden die Bodenhorizonte sie meist nur seitwärts der großen Dünenerhebungen im Bereich der mehr oder weniger flachen Dünendepressionen angetroffen (Abb. 6, 7, 10, 12,13). Reichweite und Form der Horizonte waren hierbei den Abmessungen der Dünenmulden angepaßt. Innerhalb dieser Vorkommen variiert die Zahl der vorhandenen Bodenhorizonte im allgemeinen recht stark. Durch lokales Aufspalten in mehrere Teilhorizonte einerseits, vor allem im Muldentiefsten und Zusammenlaufen gegen die Dünenflanken andererseits, ist ihre Zahl stets mehr oder weniger vermehrt oder reduziert. Trotz dieser Einschränkungen sind diese Bodenhorizonte des Holozäns als relativ horizontbeständig anzusehen. Sowohl in der Sandgrube Heuwinkel als auch in den ca. 11 km Luftlinie entfernten Sandgruben Weiser und Johannhörster konnten sie eindeutig pollenanalytisch nachgewiesen werden (Abb. 1). Die Horizontabfolge umfaßte insbesondere das ältere bis mittlere Holozän. Leithorizonte stellten Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums dar. Besonders kräftig ist allgemein der Bodenhorizont des Boreals entwickelt, der sich teils in Form eines einzigen, teils in Form mehrerer eng übereinander liegender Bodenhorizonte bemerkbar macht (Abb. 10). Seine intensive Dunkelfärbung durch Humussubstanz, seine charakeristische Dreierkombination mit einem Maximum der Bodenentwicklung im mittleren Bereich machen ihn eventuell zu einem brauchbaren Leithorizont. Hierher ist vermutlich auch der von HAMBLOCH (1958) mehrfach beschriebene "humose Sandhorizont mit Durchgrabungsspuren" aus Dünenprofilen der oberen Ems zu stellen.

Ähnliche Beobachtungen werden von DUBBER (1982) auch aus dem Bereich Emsdetten und Augustdorf mitgeteilt. Die ihn begleitenden Bodenhorizonte des Präboreals sowie Atlantikums sind meist deutlich schwächer entwickelt.

Abb. 12: Spätglaziale bis holozäne Dünenbildung am Nordufer der Strothe. Ehemalige Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

Zur Ausprägung der Horizonte ist in diesem Zusammenhang anzumerken, daß offensichtlich die Menge der Humussubstanz nicht mit der gleichzeitig angetroffenen Holzkohlenmenge parallel zu gehen scheint. Nur undeutlich entwickelte, und durch eine schwache Textur gekennzeichnete Bodenhorizonte können so durchaus einen hohen Anteil an Holzkohle enthalten und umgekehrt. Auf was dies zurückzuführen ist, kann nicht exakt beantwortet werden. Eine gewisse Rolle scheint jedoch das Bodenrelief zu spielen, da in schmalen, rinnenartigen Vertiefungen eine Zunahme der Humussubstanz zu beobachten ist. Möglicherweise haben dort relativ hoch stehendes Grundwasser oder sich in den Rinnen kurzfristig sammelndes Niederschlagswasser zu einem höheren Feuchtigkeitsgrad und damit zu vermehrter Anreicherung von Humussubstanz geführt. Der Holzkohleanteil dürfte von abgebrannten Heideflächen abzuleiten sein, eine Beobachtung, wie sie auch in den Stuifzanden der Veluwe in den Niederlanden gemacht worden ist (Koster 1978).

Atlantikum – Subboreal

Im allgemeinen werden die Flugsande und Dünen der oberen Senne an der Geländeoberfläche bodentypologisch durch eine mehr oder weniger kräftige Podsolbildung abgeschlossen (Mertens 1980). Diese ist im Gegensatz zu den zuvor geschilderten "Bodenhorizonten" durch ein für den Podsol typisches Bodenprofil mit einem Auswaschungs- (Ae-Horizont) und Anreicherungshorizont (Bhs-Horizont) gekennzeichnet. Hierbei spiegelt die Podsolierungsstärke in etwa das relative Alter der Flugsand- und Dünenbildung wider, wobei ein Flugsand mit einem kräftig ausgebildeten B-Horizont als alt, ein Flugsand ohne eine nennenswerte Bodenbildung als jung zu bezeichnen ist. Aufgrund der vorliegenden Podsolabfolgen mit unterschiedlichem Ausbildungsgrad sind für den Bereich der Senne mindestens drei Hauptaufwehungen anzunehmen, die teils im Spätglazial, teils im Frühholozän (= Präboreal) beziehunsweise Spätholozän (= Subatlantikum) stattgefunden haben. Die Bodenbildung selbst dürfte dementsprechend für das alte, sogenannte "Normalprofil" spätestens während des Atlantikums, das heißt ca. 7 000 J. v. h., für das mittelalte Profil einige Jahrhunderte vor Chr. Geb. (2 000 – 2 500 J. v. h), und für die jüngste Bodenbildung etwa während des Mittelalters, das heißt vor etwa 1 000 – 1 200 nach Chr. Geb. eingesetzt haben (Maas 1952).

Zwei absolute Altersdatierungen mittels Radiocarbonmethode (^{14}C) an einem derartigen alten, das heißt zuunterst liegenden Podsol im Bereich Paulinenholz (R 90 290, H 46 375, TK 4119 (Horn-Bad-Meinberg) erbrachten Alter von 4 500 ± 70 beziehungsweise 4 890 ± 190 J. v. h (Datierung: M. A. Geyh, Niedersächs. L.-Amt Bodenforsch.) (mdl. Mitt. R. Steudte, Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.). Diese Werte verweisen das Ende der Bodenbildung orthostratigraphisch in den Abschnitt des frühen Subboreals beziehungsweise in den Übergangsbereich Atlantikum/Subboreal, die Bodenbildung selbst jedoch in das Atlantikum, was sich mit den oben beschriebenen Vorstellungen recht gut deckt. Ähnliche Beobachtungen werden von Lüders (1961) aus dem Emsland mitgeteilt.

8. Schlußfolgerungen:

Auf Grund der vorgefundenen stratigraphischen Verhältnisse ist als Hauptaufwehungszeit der Flugsande und Dünen der Senne die Jüngere Dryaszeit des Spätglazials anzusehen. Ähnliche Beobachtungen wurden jüngst auch für den norddeutschen Ablagerungsraum mitgeteilt (Kaiser & Mühmel-Horn & Walther 1989). Sowohl nach van der Hammen (1951) als auch nach Arens (1964) sind die beobachteten Flugsandablagerungen damit in die Gruppe der jüngeren und jüngsten Flugsande zu stellen. Spätestens zu Beginn des Holozäns, der Wiederbewaldung der Landschaft, war ihre Bildung im wesentlichen abgeschlossen.

Während des Holozäns hatte der Wind nur noch selten Gelegenheit, den Untergrund flächenhaft anzugreifen. Größere Sandverwehungen dürften hier auf menschliche Eingriffe in die Landschaft etwa zu Beginn der Beackerung oder während der mittelalterlichen Rodungsperiode zurückzuführen sein. Entsprechend ist der Anteil der holozänen Flugsande und Dünen am Gesamtaufkommen der quartären Flugsandablagerungen gering. Die während des ausgehenden Spätglazials geschaffene Dünenlandschaft der Senne war mit der Bewaldung zu Beginn des Holozäns mehr oder weniger ortsfest geworden. Geringfügige Abtragung und Umlagerung, sei es durch Wasser oder Wind, führte einerseits zu einer schwachen Aufhöhung bestehender Dünenformen (jüngere Flugsande und Dünen), andererseits aber zu einer Abtragung der bestehenden Dünenkomplexe. Der Großteil des erodierten Materials wurde dabei in den Dünentälern zwischen den alten Dünenkernen abgelagert. Damit fiel das während der jüngeren Dryaszeit einer relativ ebenen Landschaft aufgesetzte kuppige Dünengelände während des Holozäns wieder einer gewissen Abtragung und Nivellierung des Reliefs anheim. Das Vorhandensein allerödzeitlicher Hochflutablagerungen

in unmittelbarer Nachbarschaft zum heutigen Gewässernetz sowie das darauf gerichtete Kleinrelief zeigen, daß die Flüsse und Bäche des östlichen Münsterlandes schon zur Zeit des Spätglazials bis in die Senne hinein gereicht und dort ein linienhaftes Südwest-Nordost gerichtetes Rinnensystem geschaffen hatten (vgl. Günther 1982). Sie erst bewirkten eine verstärkte Freilegung des lockeren Untergrundes mit einer an deren Ufern angreifenden Winderosion. Die dadurch geschaffene Tieferlegung des Geländes ("Einebnungsstufen") wurden nur zum Teil durch die entlang der Gewässer abgesetzten Flugsand- und Dünenaufwehungen wieder ausgeglichen (vgl. Maas 1952).

9. Profilbeschreibungen

1. Baugrube Augustdorf/Bärenbach (R 81 700, H 50 850), TK 4118 Senne

Geologie: Obere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän, über Nachschüttablagerungen des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstoß der Saale-Vereisung (Skupin & Speetzen & Zandstra 1993).

Profilaufbau:

– 0,25	0,25 m	Fein- bis Mittelsand, humos bis stark humos, schwarzbraun	
– 1,15	0,90 m	Fein- bis Mittelsand, gelb- bis graubraun, feingeschichtet, z. T. mit Rippelmarken	
– 1,30	0,15 m	**Bodenhorizont** Fein- bis Mittelsand, grau bis dunkelgrau, humos bis schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, z. T. reichlich Holzkohle, vor allem im unteren Teil einzelne nordische Geschiebe	Alleröd
– 1,50	0,20 m	Fein- bis Mittelsand, gelb- bis rötlich- braun, Schichtung zurücktretend	
– 2,60	1,10 m	Fein- bis Mittelsand, bzw. Grobsand, grau bis hellgrau, feingeschichtet, einzelne nordische Geschiebe	

2. Sandgrube Deppe (78 000, H 49 300), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebungsfläche des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Grundmoräne des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstoß der Saale-Vereisung), (Skupin & Speetzen & Zandstra 1993)

Profilaufbau:

Nördliche Aufschlußwand, durch künstliche Aufschüttung zum Teil verdeckt.

– 0,30	0,30 m	Podsol	
– 0,55	0,25 m	Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, schwache Podsolbänderung	
– 0,65	0,10 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, etwas Holzkohle, nur stellenweise entwickelt, 0,3 % organische Substanz	Atlantikum– Boreal
– 1,60	0,95 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun	
– 1,70	0,10 m	nordische Geschiebe (Steinsohle) und Grundmoräne	Drenthe-Stadium

3. Sandgrube Weiser II (neu) (R 77 300, H 49 000), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Südöstliche Aufschlußwand:

– 0,06	0,06 m	Ae = Gekappter Podsol, an anderer Stelle	
– 0,11	0,05 m	Bh auch kräftiger entwickelt	
– 0,25	0,14 m	Bs	
– 0,40	0,15 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, grau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, stellenweise viel Holzkohle, 0,3 % organische Substanz	Atlantikum
– 0,47	0,07 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun	
– 0,57	0,10 m	**Bodenhorizont 2** Fein- bis Mittelsand, grau- dunkelgrau, mäßig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,4 % organische Substanz	Atlantikum
– 1,20	0,63 m	Fein- bis Mittelsand, gelbgrau	
– 5,00	3,80 m	Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, vereinzelte nordische Geschiebe (Nachschüttsand), gelbgrau	
– 5,20	0,20 m	Schluff, sandig-tonig, periglazial verformt (Taschen- und Tropfenboden), nordische Geschiebe (Grundmoräne), graubraun	

4. Sandgrube Johannhörster (R 79 260, H 49 400), TK 4118 Senne

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Nachschüttablagerungen und Grundmoräne des 1. Emslandgletschers (Drenthe-Vorstoß der Saale-Vereisung), (Skupin & Speetzen & Zandstra 1993).

Profilaufbau:

Westliche Aufschlußwand:

– 0,30	0,30 m	Junger Podsol	
– 0,60	0,30 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun	
– 0,80	0,20 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, stark humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,6 % organische Substanz	Altboreal
– 0,90	0,10 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun	
– 1,20	0,30 m	**Bodenhorizont 2** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,2 % organische Substanz	Präboreal

Östliche Aufschlußwand:

– 0,30	0,30 m	Junger Podsol	
– 1,10	0,80 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun	
– 1,30	0,20 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-grau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, reichlich Holzkohle, 0,2 % organische Substanz	Atlantikum

– 1,45	0,15 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, Überlappungsbereich zwischen Bh1/Bh2, etwas Holzkohle	
– 1,65	0,20 m	**Bodenhorizont 2** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, stark humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, an der Basis gebleicht, darunter rostfarben, 0,4 % organische Substanz	Atlantikum- Boreal

5. Sandgrube Weiser I (alt) (R 78 260, H 49 180), TK 4118 Senne (Skupin 1980)

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Westliche Aufschlußwand, an lokal vorhandener Dünendepression

– 0,15	0,15 m	Junger Podsol	
– 0,25	0,10 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun, durch Podsolierung stellenweise gefleckt	
– 0,30	0,05 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, 0,3 % organische Substanz	Atlantikum
– 0,40	0,10 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun, durch Podsolierung schwach gefleckt	
– 0,47	0,07 m	**Bodenhorizont 2** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,4 % organische Substanz	Atlantikum- Boreal
– 0,60	0,13 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun	
– 0,67	0,07 m	**Bodenhorizont 3** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-dunkelgrau, mäßig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, reichlichHolzkohle, 03 % organische Substanz	Boreal
– 0,95	0,28 m	Fein- bis Mittelsand, gelbgrau	
– 1,38	0,43 m	**Bodenhorizont 4** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- schwarzgrau, sehr kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,5 % organische Substanz. Stellenweise gehen Bh 3 und Bh 4 ineinander über. Bodenhorizont 4 selbst kann widerum in drei Einzelhorizonte aufgespalten sein.	Altboreal
– 1,42	0,04 m	Fein-bis Mittelsand, gelbgrau	
– 1,55	0,13 m	**Bodenhorizont 5** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- dunkelgrau, kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle, 0,4 % organische Substanz	Präboreal
– 3,50	2,08 m	Mittel- bis Feinsand, stellenweise Grobsand, gelbgrau, an der Basisstellenweise Einlagerungen von Holzkohle, 0,6 % organische Substanz	
– 5,50	2,00 m 0,40m	**Bodenhorizont 6** Übergangsbereich: Fein- bis Mittelsand, hell- bis weißgrau, gebleicht, mit undeutlichen Einlagerungen von Schluff, Humus oder Holzkohle, nach unten zu in 3 – 4, jeweils 1 – 2 cm starke Schluffbänder übergehend, grau-graubraun	Alleröd

	0,02 – 0,04 m	Schluffhorizont 1: Schluff-sandiger Schluff, grau-graubraun, sowohl oben wie unten rostig verfärbt, schwach humus- oder manganfleckig, etwas Holzkohle. Stellenweise periglazial verformt	
	0,05 – 0,15 m	Fein- bis Mittelsand, grau nach unten zu schluffiger werdend. Anstieg der Holzkohle	
	0,02 – 0,04 m	Schluffhorizont 2: Schluff-sandiger Schluff, grau-graubraun, schwach humus- oder manganfleckig, Holzkohle, im oberen Bereich verstärkt. Stellenweise periglazial verformt. Nur im südlichen Teil der Aufschlußwand zeigte sich der Schluffbereich deutlich zweigeteilt. Im nördlichen Aufschlußbereich ist an dieser Stelle nur noch ein diffuses, dunkelgraubraunes Band aus sandigem Schluff-schluffigem Sand wahrzunehmen. Es werden dort große, bis 1,0 – 1,20 m breite und 0,50 m tiefe Frosttaschen beobachtet.	
	0,30 – 0,35 m	Rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, Rostbänderung, im Kontakt zu Schluffhorizont 2 besonders kräftig	
	0,20 – 0,30 m	Schwach rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand. Schwache Rostbänderung oder Rostflecken	
	0,40 – 1,20 m	Intensiv rostfarbener Bereich: Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, vertikal orientierte Brauneisenververfestigungen, weißgrau verwitterte nordische Geschiebe	
	0,25 – 0,30 m	Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand, hell- bis weißgrau, gebleicht, mäßig Holzkohle. Einziger durchgehend vorhandener Bodenhorizont des Aufschlusses Weiser. Schwaches Einfallen (ca. 5°) von N-S. Kommt im Bereich der Sandgrube Johannhörster nahe an die Oberfläche heran.	
– 5,50	4,00 m	**Nachschüttsand** Fein- bis Mittelsand, stellenweise Grobsand und Feinkies.	Drenthe-Stadium
		Grundmoräne (Steinsohle) mit z. T. großen, kubikmetergroßen Findlingen	Drenthe-Stadium

6. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel (R 87 720, H 42 725), TK 4118 Senne

Geologie: Mittlere Einebnungsstufe des Sanders, Flugsand und Dünen (Pleistozän-Holozän) über Terrassenablagerungen der Strothe (Pleistozän)

Profilaufbau:

Südliche Aufschlußwand = Dünendepression

– 0,30	0,30	Junger Podsol	
– 0,55	0,20 – 0,50	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, schwache Podsolbänderung. Stellenweise an der Oberkante Entwicklung einer schwachen usseloähnlichen ersten Bodenbildung. Etwas Holzkohle, 0,4 % organische Substanz	Atlantikum- Boreal
– 0,75	0,20 – 0,30 m	**Bodenhorizont 2** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau- schwarzgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig viele Holzkohlestückchen, 0,2 % organische Substanz	Boreal
– 0,90	0,15 – 0,35 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun-graubraun, im Grenzbereich zum darunterliegenden Bodenhorizont 3 langsamer Übergang gelbbraun nach graubraun-fahlgrau	

– 1,05	0,16 - 0,30 m	**Bodenhorizont 3** Fein- bis Mittelsand, fahlgrau-schwarzgrau, kräftig humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohlestückchen, 1,71 % organische Substanz. An anderer Stelle spaltet der Bodenhorizont 3 in drei Einzelhorizonteauf. Der mittlere Horizont ist dabei am kräftigsten entwickelt. Für die Dreier-kombination gelten dann folgende Mächtigkeiten: 0,16 m Bodenhorizont 3a — Boreal 0,04 m Fein- bis Mittelsand 0,14 m Bodenhorizont 3b — Boreal 0,08 m Fein- bis Mittelsand 0,16 m Bodenhorizont 3c — Altboreal- Präboreal	Boreal
– 1,30	0,25 – 0,30 m	Fein- bis Mittelsand, gelbbraun-graubraun	
– 1,50	0,20 m	**Bodenhorizont 4** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, nur stellenweise und undeutlich entwickelt, 0,25 % organische Substanz	Altboreal- Präboreal
– 1,90	0,40 – 0,45 m	Mittelsand, stw. Grobsand, gelbbraun, z. T. rostfleckig, deutliche Horizontalschichtung	
– 2,10	0,20	**Bodenhorizont 5** Fein- bis Mittelsand, grau -dunkelgrau, schwach humos, kreis- bis fingerförmige Struktur, wenigHolzkohle, nur stellenweise und undeutlich entwickelt, 0,42 % organische Substanz	Altboreal- Präboreal
– 2,60	0,50 – 0,55 m	Fein- bis Mittelsand, stw. Grobsand, gelbgrau-grau, z. T. rostfarben gebändert	
– 2,90	0,30	Mittelsand, gelbgrau-grau, stw. rostfarben gebändert, Einlagerungen von Holzkohle, umgelagert	
– 3,00	0,10 m	**Bodenhorizont 6** Fein- bis Mittelsand, dunkelgrau- schwarzgrau, z. T. hellgrau-weiß (Bleichung), im Bereich von Wurzelbahnen rosa gefärbt, kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle. 1,58 % organische Substanz. Stellenweise Aufweitung des Bh 6 (0,20 – 0,30 m) und Ausbildung ähnlich den Bodenhorizonten 1 – 5, ohne Bleichung. Einziger durchgehend vorhandener Bodenhorizont des Aufschlusses Heuwinkel, ist auch unter den größeren Dünenaufwehungen nachzuweisen.	Alleröd
– 5,00		**Terrassenablagerungen** der Strothe, grau, Fein- bis Mittelsand, Einlagerungen von Plänerkies, z. T. tonig zersetzt	Weichsel-Kaltzeit

7. Aufgrabung Brükbach (R 77 120, H 46 930), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Nordufer

– 0,21	0,21 m	Podsol, gestört
– 0,50	0,29 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, z. T. rostbraun, schwache Podsolfleckung und -bänderung
– 0,53	0,03 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt Holzkohle

– 0,65	0,12 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun,
– 0,68	0,03 m	**Bodenhorizont 2**, (stellenweise aufspaltend) Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, ganz vereinzelt Holzkohle, schwach entwickelt
– 0,95	0,27 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, vereinzelt Rostflecken, zum Teil lagig geschichtet
– 0,97	0,02 m	**Bodenhorizont 3** (seitlich stellenweise auskeilend) Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, dunkelgrau schwarzgrau, mäßig Holzkohle
– 1,27	0,30 m	Fein- bis Mittelsand/Mittel- bis Feinsand, grau-dunkelgrau, unregelmäßig wellige Einlagerungen von schwach humosen schluffigen Bändchen (2 mm -1 cm), dunkelgrau - rostbraun
– 1,29	0,02 m	**Bodenhorizont 4** Fein- bis Mittelsand, schluffig, grau- dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, wenig Holzkohle, unregelmäßig wellig geschichtet
– 1,72	0,43 m	Fein- bis Mittelsand/Mittel- bis Feinsand, grau-graubraun, horizontal geschichtet, ganz vereinzelt etwas Holzkohle
– 1,75	0,03 m	**Bodenhorizont 5** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwach kreis- bis fingerförmige Struktur, Grabstrukturen, reichlich Holzkohle
– 1,90	0,18 m	Fein-bis Mittelsand, grau-graubraun, vereinzelt feine Holzkohlelagen

8a) Aufgrabung Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Schnitt I, Westwand

– 0,70	0,70 m	Podsol, stellenweise zapfenartig bis 2,0 m unter Geländeoberkante
– 0,73	0,03 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun
– 0,79	0,06 m	**Bodenhorizont 1** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, mäßig Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
– 0,83	0,04 m	Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun
– 0,88	0,05 m	**Bodenhorizont 2** (schwach entwickelt) Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
– 0,98	0,10 m	Fein- bis Mittelsand, grau, vereinzelt Holzkohle
– 1,09	0,11 m	**Bodenhorizont 3** Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis- bis fingerförmige Struktur, vereinzelt - mäßig Holzkohle, 0,1 % organische Substanz
– 1,40	0,31 m	Fein- bis Mittelsand (Mittel- bis Feinsand), vereinzelt Grobsand
– 1,49	0,09 m	**Bodenhorizont 4** (sehr schwach entwickelt) Fein- bis Mittelsand, grau-graubraun, stellenweise dunkelgrau, etwas feinsandig-schluffig gebändert, vereinzelt Holzkohle, 0,1 % organische Substanz

– 1,58	0,09 m	Mittel- bis Feinsand, grau-graubraun	
– 2,10	0,52	**Bodenhorizont 5 - 6** (6a, b) Fein- bis Mittelsand, grau-dunkelgrau, schwache kreis-fingerförmige Struktur, reichlich Holzkohle, z. T. lagenweise angereichert, unter Holzkohlenanreicherungen im allgemeinen gebleicht, 0,1 – 0,2 % organische Substanz	Alleröd
– 2,50	0,40	Fein- bis Mittelsand, etwas Grobsand, grau bis gelbgrau	

8 b.) Aufgrabung Emstal-Süd (R 77 550, H 46 250), TK 4118 Senne

Geologie: Untere Einebnungsstufe des Sanders, s. o.

Profilaufbau:

Schnitt III, Südwand

– 1,18	1,18 m	Podsol
– 1,78	0,60 m	Fein- bis Mittelsand, grau-gelbbraun, podsolig gefleckt
– 2,88	1,10 m	Fein- bis Mittelsand, lagenweise schluffig, grau-dunkelgrau oder hellgrau-weißgrau, stellenweise noch rostfarbene Podsolbänderung, stellenweise kreis- bis fingerförmige Struktur, Holzkohle lagig über den gesamten Komplex angereichert. Fein- bis Mittelsand oder Mittel- bis Feinsand, graubraun

10. Verzeichnis der Schriften und Karten

Arens, H. (1964): Zur Altersdatierung der Flugsande am Westrand des Münsterschen Kreidebeckens. - Decheniana, **117:** 133-140, 2 Abb., 1 Tab.; Bonn.

Arnold, H. (1977), mit Beitr. von Hoyer, P., Vogler, H.: Erläuterungen zu Blatt C 4314 Gütersloh. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000, Erl. **C 4314:** 156 S., 31 Abb., 10 Tab., 1 Taf.; Krefeld.

Bakker, H., de & Edelman-Vlam, A. W. (1976): De Nederlandse bodem in kleur. - Stichting voor Bodemkartering, Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie, 148 S.; 68 Abb., 3 Tab; Wageningen.

Brandt, K. (1950): Über das Alter der Dünen im unteren Lippegebiet. - Natur u. Heimat, **10** (3): 1 - 7, 9 Abb.; Münster.

Braun, F. J., & Dahm-Arens, H., & Bolsenkötter, H. (1968), mit Beitr. von Anderson, H. J., & Arnold, H., & Hinz, P., & Hoyer, P., & Schnell, K., & Siebert, G., & Vogler, H., & Werner, H.: Erläuterungen zu Blatt C 4302 Bocholt, A. Geologische Karte, B. Bodenkarte, C. Hydrogeologische Karte. - Übersichts.-Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000, Erl., **C 4302 :** 180 S., 14 Abb., 8 Tab., 5 Taf.; Krefeld.

Brussard, L., & Runia, L. T. (1984): Recent an ancient traces of scarab beetle activity in sandy soils of The Netherlands. - Geoderma, **34:** 229 - 250, 11 Abb.; Amsterdam.

Büker, R. (1940): Ein aufschlußreiches Bodenprofil im Emstal. - Natur und Heimat, **2:** 22 - 24, 1 Abb.; Münster.

Burrichter, E. (1952): Wald- und Forstgeschichtliches aus dem Raum Iburg. - Natur u. Heimat, **12**(2): 33 - 45, 3 Abb.; Münster.

Dahm-Arens, H. (1970): Die quartären Sande im nördlichen Westfalen und ihre Bodenbildungen. - Mitt. dt. Bodenkundl. Ges., **10:** 318 - 322; Göttingen.

Dubber, H. J. (1982): Paläoböden im westfälischen Tief- und Hügelland. - Geol. Jb., **F 14:** S. 226; Hannover.

Dücker, A., & Maarleveld, G. C. (1958): Hoch- und spätglaziale Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. - Geol. Jb. **73:** 215 - 234, 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.

Edelmann, C. H., & Maarleveld, G. C. (1958): Pleistozän - Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. - Geol. Jb., **73:** 639 - 684, 26 Abb., 3 Tab., 2 Taf.; Hannover.

GEEL, B. VAN., & COOPE, G. R., & HAMMEN, T. VAN DER (1989): Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). - Rev. Palaeobot., Palynol., **60:** 25 - 129, 14 Abb., 1 Tab., 19 Taf.; Anh. I, 1 Tab., Anh. II, 4 Abb. [G. C. Maarleveld]; Amsterdam.

GRABERT, H. (1952): Zur Dünenbildung im Münsterland. - Geol. Jb., **66:** 693 - 702, 1 Abb.; Hannover.

GÜNTHER, K. (1982): Schloß-Holte Stukenbrock und Hövelhof. - In: Landschaftsverband Westfalen - Lippe [Hrsg.]: Neujahrsgruß **1982:** 18 - 19; Münster.

HAMBLOCH, H. (1958): Das Alter einiger Dünen an der oberen Ems. - Erdkunde, **12:** 128 - 132, 4 Abb.; Bonn.

HAMMEN, T. VAN DER (1951): Late-glacial flora and periglacial phenomens in the Nederlands.- Leidse Geol. Med., **17:** 71 - 183, 86 Abb.; Leiden.

HAMMEN, Th. VAN DER, & MAARLEVELD, G., & VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H. (1967): Stratigraphy, climate, succession and radiocarbondating of the Last Glacial in the Netherlands. - Geol. en Mijnbouw, **46** (3): 79 - 95, 9 Abb.; 's-Gravenhage.

HARBORT, E., & KEILHACK, K. (1918): Erläuterungen zu Blatt 4118 Senne. - Geol. Kt. Preußen u. benachb. dt. Länder 1 : 25 000, Erl., **4118:** 27 S.; Berlin.

HENNINGSEN, D. (1978): Schwermineral-Untersuchungen in quartärzeitlichen Sanden nordwestlich von Hannover. - Mitt. geol. Inst. Techn. Univ. Hannover, **15:** 120 - 144, 1 Abb., 3 Tab., Taf. 2 - 3; Hannover.

HENNINGSEN, D. (1983): Der Schwermineral-Gehalt der Drenthe-zeitlichen Schmelzwassersande in Niedersachsen. - Eiszeitalter u. Gegenwart, **33:** 133 - 140, 3 Abb.; Hannover

HENTSCHKE, U. & STEPHAN, H.-J. (1991): Die Schwermineralassoziationen in den quartären Geschiebemergeln Schleswig-Holsteins. - Zbl. Geol. Paläont., Tl. I, **1990,** (11): 1689 - 1702, 5 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.

HESEMANN, J. (1975): Geologie Nordrhein-Westfalens. - 416 S., 255 Abb., 122 Tab., 11 Taf.; Paderborn (Schöningh). - [Bochumer geogr. Arb., Sonderr., 2]

HIJSZELER, G. C. W. J. (1947): De oudheidkundige opgravingen in Twente in de laatste jaren. - In: H. E. van GELDER et al. (eds.): Een kwart eeuw oudheidkundig bodemonderzoek in Nederland (= Gedenkboek a. E. van GIFFEN): 327-350, 8 Abb.; Boom, Meppel

HIJSZELER, G.C.W.J. (1955): De Laag van Usselo. Een archaeologisch-palynologisch onderzoek van een vindplaats van vuurstenen vorwerpen in het Usselerveen, Gem. Enschede. - Grondboor en hamer, **2:** 29 - 40, 5 Abb.; Maastricht.

HIJSZELER, G.C.W.J. (1957): Late-glacial human cultures in the Netherlands. - Geol en Mijnbouw (Nw. Ser.), **19:** 288 - 302, 6 Abb., 1 Tab.; s'-Gravenhage.

KAISER, K., & MÜHMEL-HORN, H.-P., & WALTHER, M. (1989): Spätglaziale und holozäne Dünen im Randsburger Staatsforst beiderseits des mittleren Sorgetales zwischen Tetenhusen/Föhrden und Krummenort (Schleswig-Holstein). - Meyniana, **41:** 97 - 152, 23 Abb., 2 Tab.; Kiel.

KOSTER, E. A. (1978): De stuifzanden van de Veluwe; een fysisch-geografische studie. - Diss. Univ. Amsterdam: 1-195, 82 Abb., 13 Tab., 9 Beil.; Amsterdam.

LOTZE, F. (1949): Das Alter der Dünen bei Mantinghausen an der oberen Lippe. - Natur u. Heimat, **9**(3): 19 - 26, 1 Abb.; Münster.

LÜDERS, R (1961): Altersbestimmung an einem doppelten Podsolprofil aus dem Emsland. - Z. Pflanzenernähr., Düng., u. Bodenkde., **94** (1): 47 - 53, 2 Abb.; Weinheim/Bergstr.

MAAS, H. (1952): Die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen. - Diss. Univ. Münster: 79 S., 10 Abb., VII Anl.; Münster.

MAAS, H. 1955): Die geologische Geschichte der westfälischen Dünen auf Grund der Bodenbildungen. - Z. dt. geol. Ges., **105:** 137 - 138; Hannover.

MAASJOST, L. (1938): Dünen in der Senne. - Warte, **7**(8): 140 - 142, 3 Abb.; Paderborn.

MAARLEVELD, G. C., & VAN DER SCHANS, R. P. H. P. (1961): De dekzandmorfologie van de Gelderse Vallei. - Tydschrift Kon. Ned. Aardr. Gen. **78:** 22 - 34, 13 Abb., 3 Tab.; Brill, Leiden.

MERTENS, H. (1980): Die Böden der Senne, ihre Nutzung und ihre Bedeutung für die Besiedlung der Landschaft. - Ber. naturwiss. Ver. Bielefeld, Sonderh. **2:** 9 - 34, 5 Abb., 2 Tab.; Bielefeld.

MERTENS, H. (1982): Paläoböden im Paderborner Raum. - Geol. Jb., **F 14:** 217 - 218, 1 Abb.; Hannover.

MEYER, H.-H. (1989): Paläowind-Indikatoren. Möglichkeiten, Grenzen und Probleme ihrer Anwendung am Beispiel des Weichsel-Hochglazials in Europa. - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, **28:** 61 S., 2 Faltkarten i. Anl.; Hannover.

POSER, H. (1948): Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. - Naturwiss. **35:** 269 - 276, 307 - 312, 5 Abb.; Berlin, Göttingen, Heidelberg.

PYRITZ, E. (1972): Binnendünen und Flugsandebenen im Niedersächsischen Tiefland. - Gött. Geogr. Abh., **61:** 153 S., 27 Abb., 3 Beil.; Göttingen [Verl. E. Goltze KG]

SERAPHIM, E. Th. (1972): Wege und Halte des saalezeitlichen Inlandeises zwischen Osning und Weser. - Geol. Jb., **A3:** 85 S., 14 Abb., 6 Tab.; Münster.

SERAPHIM, E. Th. (1975): In Marienloh - ein Platz für Jäger aus der Mittelsteinzeit. - Warte, **8:** 5 - 8, 2 Abb.; Paderborn.

SERAPHIM, E. Th. (1977): Die Senne - Begriff und räumliche Abgrenzung im Rahmen der Landschaftsplanung und - Entwicklung. - Spieker, **25**(1): 123 - 136, 1 Abb.; Münster.

SERAPHIM, E. Th. (1978): Erdgeschichte, Landschaftsformen und geomorphologische Gliederung der Senne. - Ber. naturwiss. Ver. Bielefeld u. Umgebung, Sonderh.: Beitr. Ökologie der Senne, **1:** 7 - 24, 9 Abb.; Bielefeld.

SERAPHIM, E. Th. (1980): Unser Raum während und nach der Eiszeit. In: Sennestadt. Geschichte einer Landschaft, 2. Aufl., S. 28 - 39, Abb. 9 - 17; Bielefeld-Sennestadt.

SERAPHIM, E. Th. (1985): Dünen, Flugsanddecken und Löß. - In: Geographische Kommission für Westfalen, Landschaftsverband Westfalen-Lippe. Hrsg.: Spät- und nacheiszeitliche Ablagerungen/Vegetationsentwicklung. - Geogr. -landeskdl. Atlas Westf., (II) **1** (2): 1 - 21, 4 Abb.; Münster (Aschendorff).

SERAPHIM, E. Th. (1986): Spätglazial und Dünenforschung. Eine kritische Erörterung des spätglazialen Luftdruck-Wind-Systems H. Posers. - Westf. geogr. Studien, **42:** 119 - 136, 2 Abb.; Münster.

SKUPIN, K. (1980): Die Sanderablagerungen der südlichen Senne bei Paderborn. - Westf. Geogr. Studien, **36:** 53 - 56, 186 - 187, 1 Abb.; Münster.

SKUPIN, K. (1982): Weichselzeitliche und frühholozäne Bodenbildungen im östlichen Münsterland. - Geol. Jb., **F14:** 219 - 221, 1 Abb., Hannover.

SKUPIN, K. (1983), mit Beitr. von DAHM-ARENS, H., & MICHEL, G., & REHAGEN, H.-.W., & VOGLER, H.: Erläuterungen zu Blatt 4217 Delbrück: Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl. **4217**: 120 S., 20 Abb., 6 Tab., 2 Taf.; Krefeld.

SKUPIN, K. (1985 a): 3.6. Senne. - In: Erläuterungen zu Blatt C 4318 Paderborn. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000. Erl., **C 4318,** 2. Aufl.: 55 S., 15 Abb., 2 Tab.; Krefeld.

SKUPIN, K. (1985 b): 3.7. Eiszeitliche Halte am Osning. - In: Erläuterungen zu Blatt 4318 Paderborn. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000, Erl. **C 4318,** 2. Aufl.: 55 S., 15 Abb., 2 Tab.; Krefeld.

SKUPIN, K., & SPEETZEN, E., & ZANDSTRA, J. G. (1993); Die Eiszeit in Nordwestdeutschland. Zur Vereisungsgeschichte der Westfälischen Bucht und angrenzender Gebiete. - 143 S., 49 Abb., 24 Tab., 2 Taf., 2 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

SPEETZEN, E. (1970): Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Osning-Sandstein (Unter-Kreide) des Egge-Gebirges und des südöstlichen Teutoburger Waldes (Westfalen, NW-Deutschland). - Münstersche Forsch. Geol. Paläont., **18:** 149 S., 43 Abb., 8 Tab., 21 Taf.; Münster.

STAPERT, D., & VEENSTRA, H. J. (1988): The section at Usselo; brief desription, grain-size distributions, and some remarks on the archaeology. - Palaeohistoria, Acta et communicationes instituti Bio-Archaeologici Universitatis Groninganae, **30:** 1 - 28, 22 Abb., 1 Tab.; Rotterdam (Balkema)

STENGEL, I. (1992): Zur äolischen Morphodynamik von Dünen und Sandoberflächen. - Würzburger geogr. Arb., **83:** 363 S., 162 Abb., 11 Tab., 4 Taf.; Würzburg.

WERNER, J. (1986): Der Wind als Geofaktor in Westfalen - Westf. Geogr. Stud., **42:** 107 - 118, 4 Abb., 2 Tab.; Münster.

WILL, K.-H. (1982): Paläoböden in Sanden des Münsterlandes. - Geol. Jb., **F14:** 221 - 225, 1 Tab.; Hannover.

Karten:

Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten 1 : 25 000, m. Erl. - Hrsg. Preuß. Geol. L.-Anst.; Berlin
Blatt 4018 Lage (1915), Bearb. RENNER, O., & KRAISS, A., & KEILHACK
Blatt 4118 Senne (1915), Bearb. RENNER, 0., & KRAISS, A.

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, m. Erl. - Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld
Blatt 4218 Paderborn (1982), Bearb. SKUPIN, K,
Blatt 4119 Horn-Bad Meinberg, 2. Aufl. (1990), Bearb. FARRENSCHON, J.

Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, m. Erl. - Blatt C 4314 Gütersloh (1977), Bearb. ARNOLD, H.
Blatt C 4318 Paderborn (1979), Bearb. DAHM, H.-D., & DEUTLOFF, O., & KNAPP, G., & KOCH, M., & MICHEL, G., & SKUPIN, K.

Abb. 6: Sandgrube Weiser, Westwand, mit Alleröd-Horizont, 3–4 m unterhalb Geländeoberkante und frühholozänen Bodenhorizonten in Dünendepression.

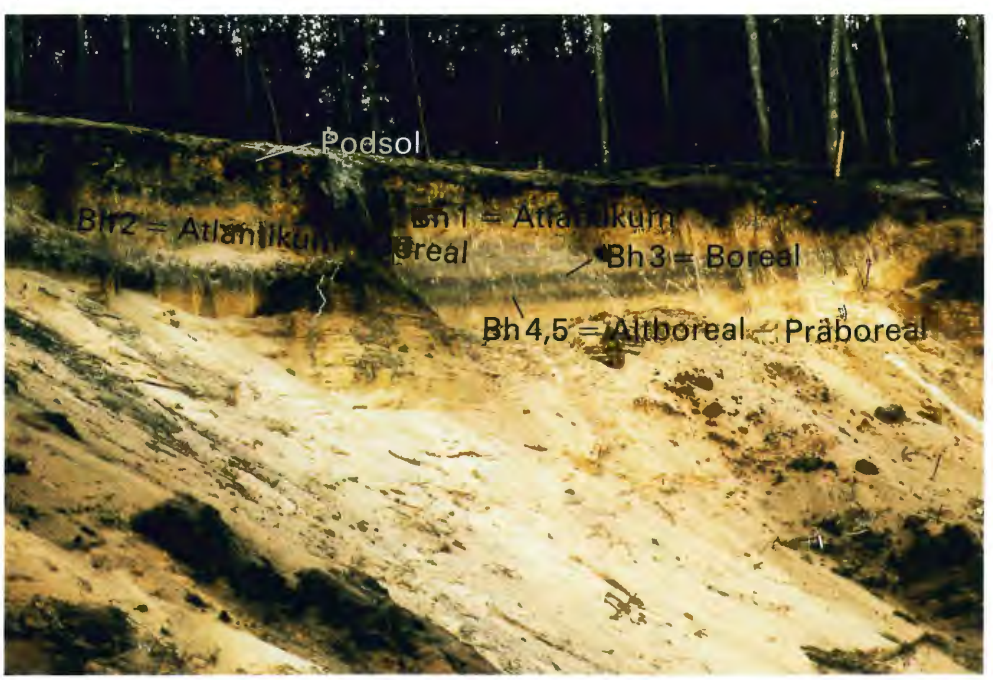

Abb. 7: Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums innerhalb der Dünendepression. Sandgrube Weiser, Westwand.

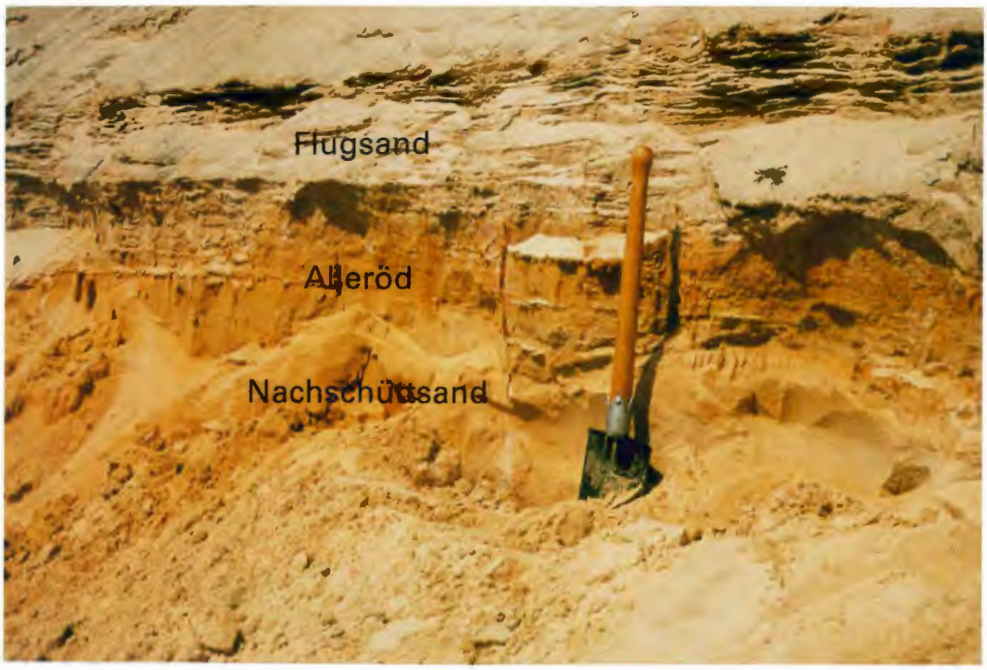

Abb. 8: Flugsand (Jüngere Dryaszeit-Holozän) über Nachschüttsand (Drenthe-Stadium) mit allerödzeitlichem Bodenhorizont. Sandgrube Weiser, Westwand.

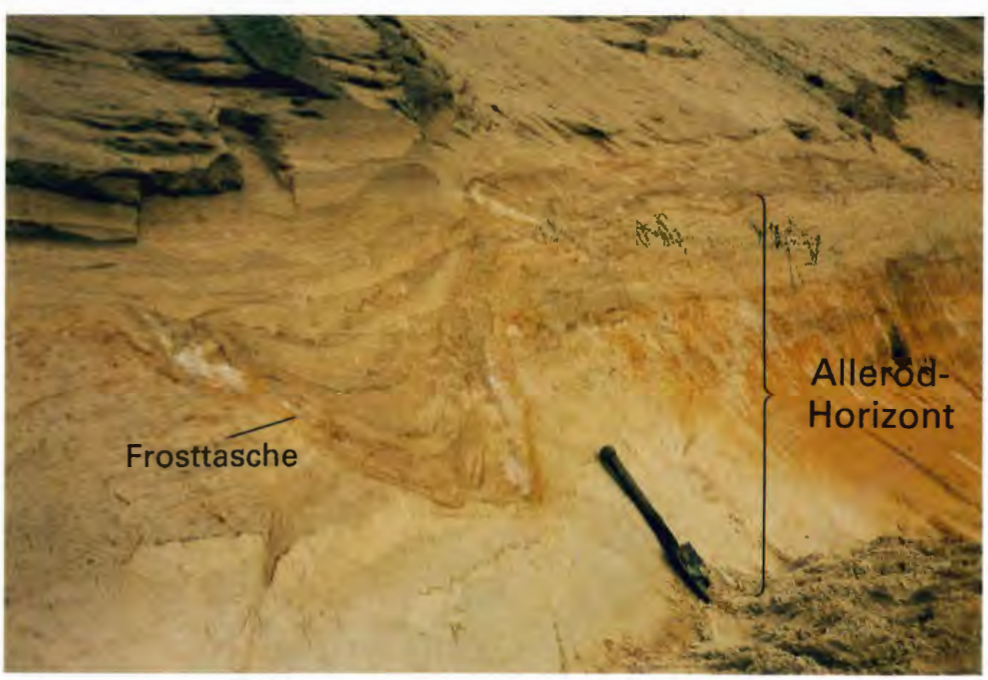

Abb. 9: Bodenhorizont des Alleröds, periglazial verformt. Sandgrube Weiser, Westwand.

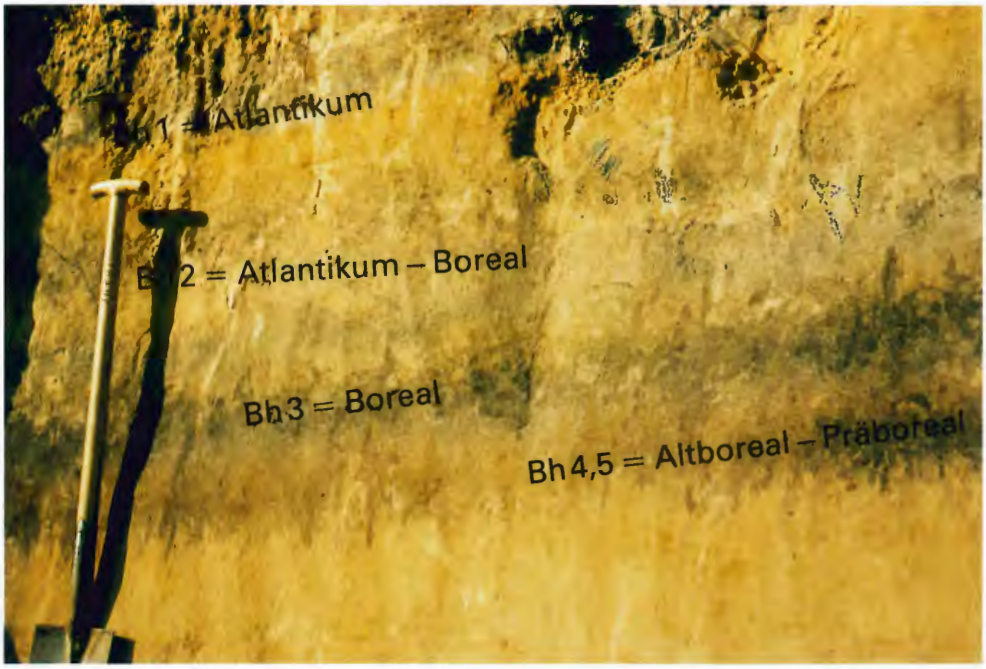

Abb. 10: Bodenhorizonte des Präboreals, Boreals und Atlantikums innerhalb der Dünendepression. Sandgrube Weiser, Westwand.

Abb. 11: Bodenhorizont des Alleröds mit schluffigen Hochflutablagerungen des Furlbachs. Sandgrube Weiser, Westwand.

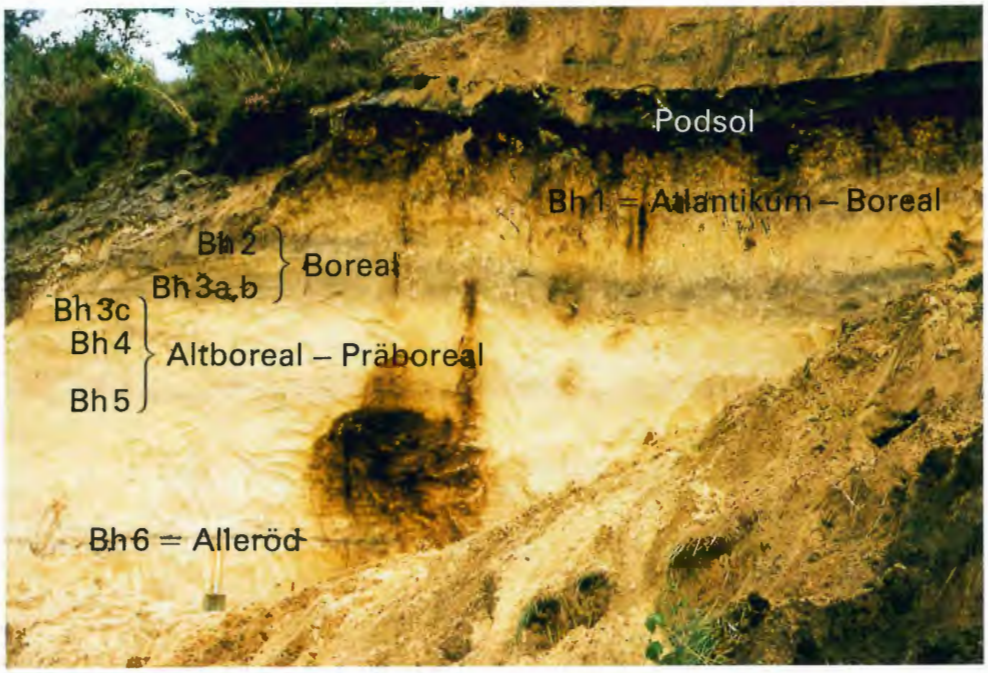

Abb. 13: Dünendepression mit alleröd zeitlichem und früh- bis mittelholozänen Bodenhorizonten. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

Abb. 14: Alleröd zeitlicher Bodenhorizont. Sandgrube Wolf, vorm. Heuwinkel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologie und Paläontologie in Westfalen

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 28

Autor(en)/Author(s): Skupin Klaus

Artikel/Article: Aufbau, Zusammensetzung und Alter der Flugsand- und Dünenbildungen im Bereich der Senne (Östliches Münsterland) 41-72