

Geol. Paläont. Westf.	74	69-87	11 Abb. 2 Tab.	Münster Februar 2010
--------------------------	----	-------	-------------------	-------------------------

Früh-drenthezeitliche Moränen der Saale-Kaltzeit im Bereich der Abgrabung Tecklenborg südwestlich von Coesfeld-Flamschen (westliches Münsterland)

K. Skupin, E. Speetzen & J. G. Zandstra*

Zusammenfassung

In der Abgrabung Tecklenborg bei Flamschen südwestlich von Coesfeld sind über den marinen Haltern-Schichten der höheren Oberkreide („Halterner Sande“) glazifluviale, glazilimnische und glazigene Ablagerungen aus dem Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit aufgeschlossen. Aufgrund geschiebekundlicher Untersuchungen werden sie zwei verschiedenen Eismassen beziehungsweise Eisvorstößen der frühen Drenthe-Vereisung zugeordnet. Es handelt sich dabei nach den Verhältnissen im Münsterland um den ersten Eisvorstoß mit einer südschwedischen Geschiebegemeinschaft und um den dritten Vorstoß mit einer ostfennoskandischen Geschiebeführung. Die Abgrabung Tecklenborg ist bisher die einzige Stelle in der Westfälischen Bucht, an der eine Moräne mit ostfennoskandischem Geschiebeinhalte über einer südschwedisch geprägten Moräne im Anstehenden beobachtet wurde.

Im ersten Abbaustadium zu Anfang der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts waren die Moränenablagerungen der beiden Eisvorstöße durch einige Meter mächtige sandige Einlagerungen getrennt. Im heutigen Aufschluss fehlen diese Schichten nahezu vollständig, dafür schaltet sich eine weitere Moräneneinheit ein. Die Ausbildung von deutlichen Scherhorizonten an der Basis der Moränen deutet an, dass es sich bei den drei Einheiten um Ablagerungen aus drei eigenständigen Eisvorstößen handelt. Wegen der geringen Geschiebeführung ließ sich die mittlere Moräne allerdings nicht über Leitgeschiebe einstufen. Die beschriebene Abfolge dürfte aber mit großer Wahrscheinlichkeit die vollständige Moränenfolge der drei früh-drenthestadialen Eisvorstöße in das Münsterland darstellen, worauf auch die nördlich von Coesfeld gelegenen, ebenfalls dreigliedrigen Moränenvorkommen von Höven und Gaupel hinweisen.

*Anschriften der Verfasser:

Klaus Skupin, Leipziger Str. 126, 47918 Tönisvorst (klaus.skupin@arcor.de); Eckhard Speetzen, Alleestr. 16, 48565 Steinfurt (speetzen@web.de); Jacob Gosse Zandstra, Mozartstraat 142, 1962 AG Heemskerk, Niederlande

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	69
1 Vorbemerkungen	71
2 Schichtenfolge	72
2.1 Abfolge während des Abbauperiods 1990 – 1994	72
2.2 Abfolge während des Abbauperiods 2006 – 2009	73
2.2.1 Allgemeine Situation	73
2.2.2 Beschreibung der Schichtenfolge	75
3 Sedimentpetrografische Untersuchungen	81
3.1 Korngrößenanalysen	81
3.2 Schwermineralanalysen	81
4 Leitgeschiebeuntersuchungen	83
5 Zusammenfassung und regionale Einordnung der Ergebnisse	85
6 Literatur	86

1 Vorbemerkungen

Zu Beginn der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts durchgeführte Untersuchungen zur Vereisungsgeschichte der Westfälischen Bucht ergaben eine Untergliederung der Saale- beziehungsweise Drenthe-Vereisung in drei Phasen mit unterschiedlichen Eisvorstößen. Während des mehr oder weniger kontinuierlich ablaufenden Vereisungsvorgangs bildeten sich zuerst eine Moräne mit überwiegend südschwedischen Geschieben, danach Ablagerungen mit einem erhöhten Anteil mittelschwedischer Gesteine (aus Dalarna) und schließlich eine ostfennoskandisch geprägte Moräne (SKUPIN et al. 1993). Im Rahmen der damaligen Arbeiten wurde auch die Schichtenfolge der Sandgrube Tecklenborg südwestlich von Coesfeld-Flamschen (TK 4008 Gescher R²⁵ 77 500 H⁵⁷ 52 375) untersucht (Abb. 1). Es zeigten sich zwei durch Sandeinschalungen getrennte Moränen mit einer südschwedischen Geschiebegemeinschaft in der unteren und einer ostfennoskandischen Geschiebegesellschaft in der oberen Einheit. Danach handelt es sich um den ersten und den dritten drenthezeitlichen Eisvorstoß in das Münsterland.

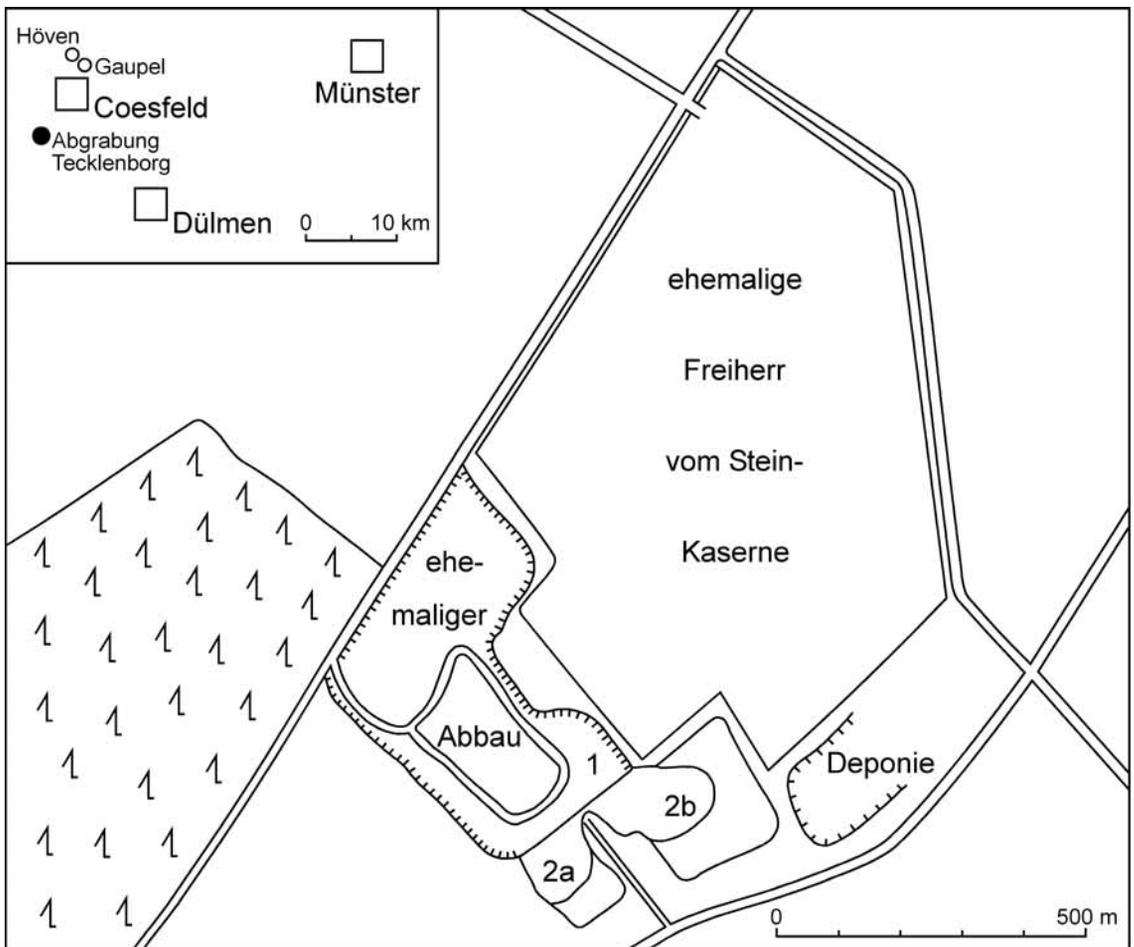


Abb. 1: Lage und Ausdehnung der Sand- und Tongrube Tecklenborg südlich von Flamschen sowie die Lage der ehemaligen Ziegeleitongruben bei Höven und Gaupel (1: Abbaubereich 1990 – 1994 2a und 2b: Abbaubereich 2006 – 2009)

Eine vergleichbare Gliederung ergab sich bei den Moränenablagerungen in der ehemaligen Ziegeleitongrube bei Höven nördlich von Coesfeld (GUNDLACH & SPEETZEN 1990). Allerdings war dort wegen der geringen Geschiebeführung und der teilweise nur durch Bohrungen erschlossenen Abfolge eine exakte Einstufung der einzelnen Moräneneinheiten nicht möglich. In der Moränenabfolge bei Gaupel – ebenfalls nördlich von Coesfeld – weisen Aufbau und Geschiebeeinregelung auf drei eigenständige Moränenkörper hin (SALOUSTROS & SPEETZEN 1998, SPEETZEN & WIXFORTH 2002).

Trotz der Bedeutung des Aufschlusses bei Flamschen für die Vereisungsgeschichte des Münsterlandes und einer bereits zu Anfang der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts gemeinsam mit den niederländischen Kollegen Sjoerd KLUIVING und Martin RAPPOL durchgeführten Aufnahme und Untersuchung der Schichtenfolge in der Abgrabung Tecklenborg wurden die Ergebnisse bisher nicht im Detail veröffentlicht. Es erschienen lediglich kurz gefasste Darstellungen anlässlich einer Exkursion in das betreffende Gebiet sowie im Rahmen der bereits genannten regionalen Untersuchungen (Hiss et al. 1992, SKUPIN et al. 1993: 76).

Neue Aufschlüsse infolge der Verlagerung und Erweiterung der Abgrabung zeigen eine leicht veränderte Abfolge. Diese Verhältnisse regten zu einer Fortsetzung der Untersuchungen an, um die damaligen Ergebnisse zu überprüfen, gegebenenfalls zu ergänzen und um weitere Erkenntnisse zum Ablauf des Vereisungsgeschehens in diesem Raume zu gewinnen.

2 Schichtenfolge

2.1 Abfolge während des Abbaueiterraums 1990 – 1994

Zu Beginn der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts lag die damals etwa Nordost-Südwest streichende Hauptabbauwand circa 100 – 150 m nordwestlich der heutigen Abbaustellen. Als Unterlager der Quartärabfolge waren im gesamten Grubenbereich „Halterner Sande“ beziehungsweise unverfestigte marine Sande der höheren Oberkreide (Obersanton – Unterampan) aufgeschlossen. Im nördlichen Teil der Grube lagen die Moränen nahezu unmittelbar auf den kreidezeitlichen Sedimenten, in südlicher Richtung schalteten sich unterhalb der Moränen mit zunehmender Mächtigkeit sandige Ablagerungen beziehungsweise Schmelzwasserbildungen ein (Abb. 2). Diese Situation weist auf eine Hochlage der Halterner Sande im Norden und eine mit glazifluviatilen und glazigenen Ablagerungen gefüllte Senke im Süden hin, in der die Quartärabfolge eine Mächtigkeit von etwa 10 m erreicht. Zuerst wird die glaziäre Schichtenfolge von einer durchgehenden Einebnungsfläche begrenzt, über der eine etwa 1m starke Decke aus Flugsanden liegt.

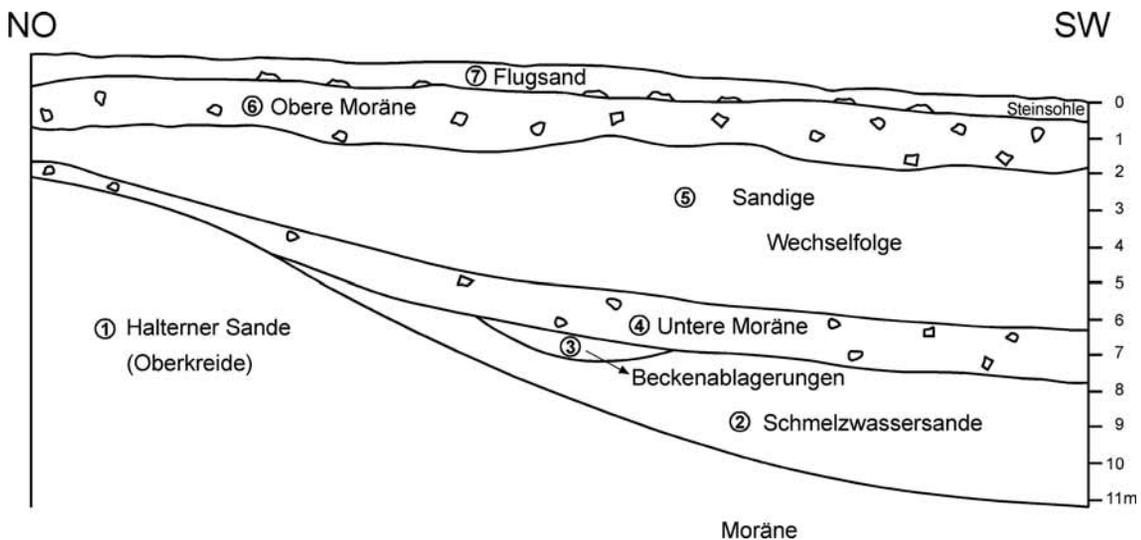


Abb. 2: Profilschnitt im Abbaubereich 1 der Sandgrube Tecklenborg

Die zwei saalezeitlichen Moränen waren durch eine bis zu mehreren Metern mächtige stark gescherte Folge aus reinen Sanden und schluffig-sandigen Lagen („Sandige Wechselfolge“) voneinander getrennt. Von den Autoren der vorliegenden Arbeit wurden die Moränenablagerungen als das Resultat zweier Eisvorstöße angesehen und die zwischengeschalteten überwiegend sandigen Ablagerungen als mehr oder weniger autochthone Schmelzwasserablagerungen des zweiten Eisvorstoßes gedeutet. Die starke Scherung dieses Bereichs wurde auf die Überfahung durch die zweite Eismasse zurückgeführt. Diese Deutung fand eine gewisse Bestätigung durch die Untersuchung der kristallinen Leitgeschiebe, nach denen die „Untere Moräne“ einen südschwedischen und die „Obere Moräne“ einen ostfennoskandischen Charakter aufweist. Dem gegenüber hielten die niederländischen Kollegen die glazitektonisch stark beanspruchten und zerscherten Sande für eine aus dem nahen Untergrund aufgenommene und in die Moränenablagerung eingeschleppte Scholle, die nur scheinbar eine Gliederung in zwei eigenständige Moränen anzeigt. Die Bildung der Abfolge sollte nach dieser Vorstellung in einem mehr oder weniger einheitlichen Vorgang abgelaufen sein.

Kurzbeschreibung der damals aufgeschlossenen Schichtenfolge

(von oben nach unten)

Einheit 7: Flugsand (0,5 – 1,0 m)

Fein- bis Mittelsand, grau bis gelbgrau, an der Basis Steinsohle

Einheit 6: Obere Moräne (1,0 – 1,5 m)

Schwach karbonatischer bis karbonatfreier sandig-toniger bis sandig-schluffiger Geschiebelehm, graubraun bis grau, mit mäßigem Geschiebeanteil (überwiegend lokale Kalkmergelsteine, wenig Kristallingeschiebe), die unteren 5 Zentimeter stark limonitisch

Einheit 5: Sandige Wechselfolge (2,0 – 4,0 m)

Wechselfolge von grauem bis graugelbem und braungelbem Sand sowie graubraunem bis gelbbraunem sandigem Schluff, stellenweise intensiv deformiert beziehungsweise geschert, im unteren Teil Lagen von Geschiebelehm

Einheit 4: Untere Moräne (1,0 bis 1,5 m)

Schwach karbonatischer schwach toniger schluffig-sandiger Geschiebelehm, braun bis dunkelbraun, geringer Geschiebegehalt

Einheit 3: Beckenablagerungen (0,4 – 0,5 m)

Schluffig-tonige feingeschichtete Sande, braun, zuoberst tonig-sandiger Schluff, dunkelbraun, deutlich geschert beziehungsweise laminiert, nur lokal ausgebildet

Einheit 2: Schmelzwassersande (0 – 3 m)

Fein- bis Mittelsand, gelbbraun bis gelblich grau, mit Einschaltungen von Grobsand- und Feinkieslagen, im höheren Teil häufig stärker gescherte sandig-schluffige Lagen

Einheit 1: „Halturner Sande“

Fein- bis Mittelsand, gelbbraun bis ockergelb, mit zahlreichen Lebensspuren (röhrenartige Grab- oder Fressbauten) und Muschelabdrücken

2.2 Abfolge während des Abbauzeitraums 2006 - 2009

2.2.1 Allgemeine Situation

Seit Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts hat sich der Abbau stellenweise um bis zu 200 m nach Osten und Südosten verlagert (Abb. 1). Der frühere Abbaubereich (1) ist unmittelbar nach dem Ende des Abbaus rekultiviert worden, das heißt, die Wände wurden abgeschrägt und bepflanzt.

Das Abtauchen der Oberfläche der Halterner Sande in südliche Richtung hat sich auch im fortschreitenden Abbau bestätigt. Während im nordöstlichen Teil des neuen Abbaubereichs (2 b) diese Sande noch den unteren Teil der aufgeschlossenen Abfolge bilden, stehen sie im südwestlichen Grubenabschnitt (2 a) nicht mehr an. Auch die Moränenablagerungen tauchen schwach in südliche Richtung ein, so dass unter der Flugsanddecke eine zunehmend größere Mächtigkeit der oberen Moräne erschlossen ist.

Zudem zeigen sich gegenüber der zu Anfang der 90er Jahre aufgeschlossenen Abfolge gewisse Veränderungen (Abb. 3). Die in dem ehemaligen Profil bis zu 4 m mächtigen sandigen Einschaltungen („Sandige Wechselfolge“) werden nahezu vollständig durch eine zusätzliche graue Moräne ersetzt. Stellvertretend für die Sandeinschaltungen kommen im Liegenden und Hangenden dieser „Grauen Moräne“ stellenweise noch eingeschuppte sandige Linsen und Lagen vor, die in der Zusammensetzung den Sedimenten der „Sandigen Wechselfolge“ des früheren Profils gleichen. Es ergibt sich damit der Hinweis, dass es sich bei dieser Einheit wohl nicht um autochthone Schmelzwassersande, sondern eher um eine lokale glazitektonische Schuppe von sandigen Sedimenten aus dem tieferen Teil der Abfolge beziehungsweise aus den Einheiten 1 und 2 (Halterner Sande und Schmelzwassersande) handelt.

Seit Anfang des Jahres 2009 ruht der Abbau auch an den Gewinnungsstellen 2 a und 2 b. Dieser Bereich wird vermutlich in Zukunft als Bodendeponie dienen, zumindest wurden einige Stellen bereits mit Bodenaushub verfüllt. Etwa 500 m westsüdwestlich ist eine neue Grube für die Gewinnung von Ziegellehm entstanden, die unter einer dünnen Decke von Flugsanden und einer Steinsohle die „Obere braune Moräne“ erschließt.

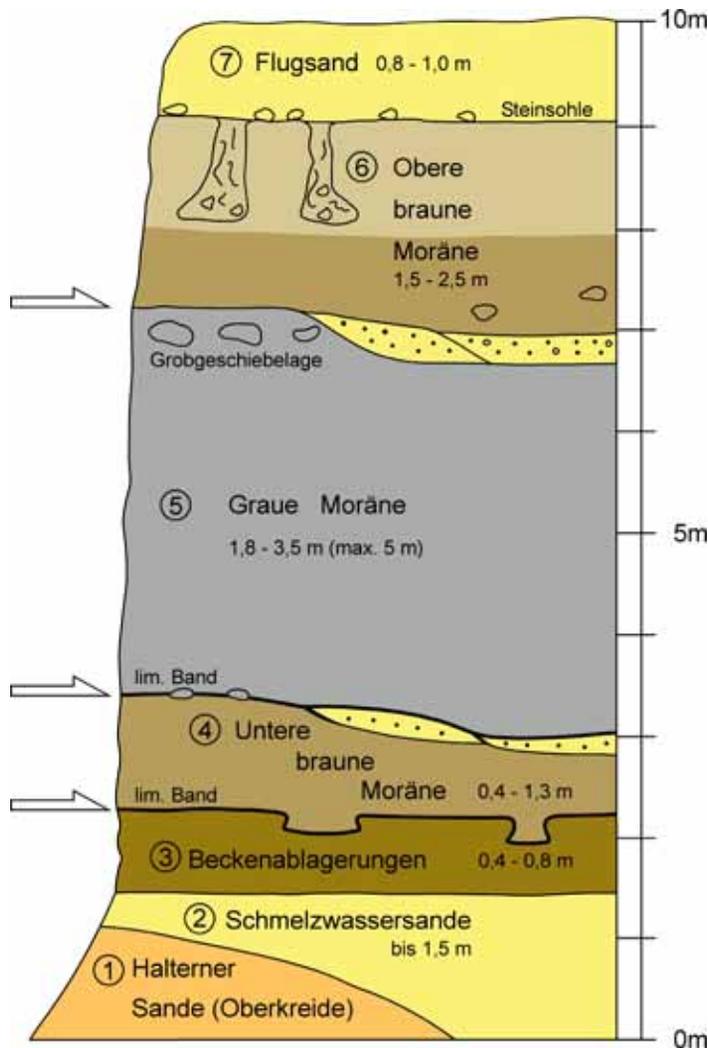


Abb. 3: Schichtenfolge im Abbaubereich 2 der Sandgrube Tecklenborg (Pfeile: Haupt-Scherhorizonte)

2.2.2 Beschreibung der Schichtenfolge

Wie bereits bei der Schichtenfolge des ersten Abbaustadiums werden die weitgehend identischen Ablagerungen des zweiten Abbaubereichs in der Reihenfolge von der jüngsten zur ältesten Einheit beschrieben.

Einheit 7: Flugsand

Es handelt sich um eine 0,8 – 1,0 m mächtige Ablagerung aus graugelben fein- bis mittelkörnigen Sanden, in denen stellenweise ein Podsol-Profil zu erkennen ist. An der Basis dieser Einheit ist eine Steinsohle vorhanden (s. Einheit 6).

Einheit 6: Obere braune Moräne („Obere Moräne“ 1990 - 1994)

Während die Obere Moräne im Abbaustadium 1990 eine geringere Mächtigkeit und einen relativ einheitlichen Aufbau aufwies, ist der entsprechende Abschnitt der Moränenabfolge im neuen Profil gegliedert und kann eine Mächtigkeit bis zu 2,5 m erreichen.

Der höhere Teil der Oberen braunen Moräne besteht aus einem hellgrauen bis graubraunen sandigen Schluff, der von braunen Flecken durchsetzt ist (Abb. 4). Bei dem 1,0 – 1,5 m mächtigen Abschnitt handelt es sich um einen enttonten sowie weitgehend kalkfreien Geschiebelehm von schwach plastischer Konsistenz. Er ist durch Verwitterung aus der normalen braunen Moräne hervorgegangen. Nur im unteren Bereich ist noch ein schwacher Karbonatgehalt nachweisbar. Dieser nahezu kalkfreie Abschnitt der Oberen braunen Moräne wurde als Rohstoff für die Ziegelindustrie abgebaut.



Abb. 4: Oberster Teil der Oberen braunen Moräne mit Frosttasche (links vom Spaten) sowie Steinsohle und überlagernder Flugsand

Der untere bis 1,0 m mächtige Abschnitt wird von einer schwach verwitterten dunkelbraunen bis graubraunen Moräne von zäh-plastischer Konsistenz gebildet, die aus einem tonigen stark schluffigen Sand besteht und einen merklichen Karbonatgehalt aufweist. Petrografisch unterscheidet sich dieser Abschnitt kaum von der unterlagernden Grauen Moräne. Abgesehen vom Farbwechsel gehen beide Einheiten stellenweise ohne scharfe Trennung ineinander über. An anderen Stellen treten an der Basis der Oberen braunen Moräne eingeschuppte sandige Schollen und Lagen auf, die einen größeren Scherhorizont anzeigen (Abb. 5).



Abb. 5: Sandige Einschuppungen zwischen Oberer brauner Moräne und Grauer Moräne (Abbaubereich 2 b)

Die Geschiebeführung der Oberen braunen Moräne ist relativ gering und besteht überwiegend aus lokalem Material. Es handelt sich dabei um Kalkmergelsteine der Oberkreide aus dem zentralen Teil der Westfälischen Kreidemulde und Sideritknollen („Toneisensteingeoden“) aus Tonsteinen der Unterkreide in ihrer nördlichen Umrandung. Nordische Gesteine, insbesondere Kristallingeschiebe, treten deutlich zurück. Im oberen entkalkten Teil der Moräne ist der prozentuale Anteil der nordischen Geschiebe aufgrund des Fehlens der lokalen Kalkmergelsteine etwas höher als in dem tieferen Abschnitt. Der unterste Bereich der Moräne weist stellenweise eine stärkere Geschiebeführung auf (s. Einheit 5).

Auf der Oberfläche der Oberen braunen Moräne beziehungsweise auf dem Geschiebelehm ist eine Steinsohle entwickelt (Abb. 4). Die dort angereicherten Geschiebe, unter denen auch nordische Kristallingesteine nicht selten sind, stellen Relikte eines abgetragenen Bereichs der oberen Moräne dar. Die Anreicherung der Geschiebe deutet darauf hin, dass durch Verwitterung und Umlagerung bereits einige Meter der allgemein nur wenig Geschiebe führenden Moräne entfernt worden sein müssen. Unterhalb der Steinsohle wird der Geschiebelehm bis in 1 m Tiefe von zahlreichen Frostaschen und vertikal bis steil einfallenden „Eiskeilen“ durchsetzt, deren Füllungen aus weiß- bis gelbgrauen oder rostbraunen und teilweise schluffigen Fein- und Mittelsanden sowie einzelnen Geschieben besteht.

Einheit 5: Graue Moräne

Die graue bis dunkelgraue zäh-plastische Moräne setzt sich aus einem tonig-schluffigen Sand zusammen und weist einen deutlichen Kalkgehalt auf. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 1,8 und 3,5 m, im südwestlichen Abbaubereich kann sie bis auf 5 m ansteigen.

An der Basis der Grauen Moräne ist meistens eine bis zu 5 cm dicke stark horizontal gescherte Zone beziehungsweise eine Überschiebungsbahn entwickelt, die durch limonitische Ausfällungen rostbraun gefärbt ist. Stellenweise treten im Bereich dieser Scherzone 0,2 – 0,3 m große Schollen aus gelblichem Sand auf, die ihrerseits von kleineren mit Limonit besetzten Scherflächen begrenzt werden (Abb. 6). Diese linsenförmigen Sandkörper stellen vermutlich Relikte der Sandigen Wechselfolge aus dem ehemaligen, weiter nordwestlich gelegenen Profil des Abbaustadiums 1990 – 1994 dar. Im südlichen Teil des Abbaubereichs 2 a reicht die Scherzone noch tiefer. Dort ist die Untere braune Moräne (Einheit 4) glazitektonisch unterdrückt, so dass die Graue Moräne direkt auf der Einheit 3 liegt.



Abb. 6: Basisbereich der Grauen Moräne mit Limonit-Lagen und eingeschuppten Sandlinsen über Unterer brauner Moräne mit Limonit-Lage an der Basis, darunter oberer Teil der Beckenablagerungen (Abbaubereich 2 a)

Der Geschiebeanteil der Grauen Moräne ist im Allgemeinen sehr gering und setzt sich vor allem aus kleinen, überwiegend einheimischen Geschieben zusammen (Abb. 7). Nur im obersten Teil der Grauen Moräne treten stellenweise gröbere Geschiebe in lagenartiger Anordnung auf. Auch dort handelt es sich vorwiegend um einheimische Gesteine, wobei die Geschiebe aus Kalkmergelsteinen meistens deutlich abgerundet sind. Sie kommen in vergleichbarer Form bei Gaupel nördlich von Coesfeld vor (SALOUSTROS & SPEETZEN 1999). Die Kalkmergelsteingerölle stammen vermutlich aus dem Bereich Holtwick nordnordwestlich von Coesfeld. Dort kommen grobe Schotter aus überwiegend einheimischem Material vor, die von Schmelzwasserströmen des herannahenden Inlandeises abgelagert wurden (SPEETZEN & WEBER 1999). An Stellen, bei denen die Geschiebelage im oberen Teil der Grauen Moräne nicht ausgebildet ist, zeigt der

untere Bereich der Oberen braunen Moräne eine merklich höhere Geschiebeführung. Auch dort, wo an der Basis der überlagernden Moräne eingeschuppte sandige Schollen auftreten, fehlt die Grobgeschiebelage.



Abb. 7: Graue Moräne mit Lokalgeschieben aus Kalkmergelsteinen der Oberkreide (Abbaubereich 2 b)

Einheit 4: Untere braune Moräne („Untere Moräne“ 1990 – 1994)

Die bis 1,3 m mächtige grau- bis dunkelbraune kalkhaltige Moräne besteht in der Hauptmasse aus einem ungeschichteten tonig-schluffigen Sand, in den sowohl nordische als auch einheimische Geschiebe eingelagert sind. Die Größen der Geschiebe liegen überwiegend bei 2 – 5 cm, plattige Geschiebe sind meistens flach eingeregelt. Als Besonderheit war im Abbaubereich 2 a im höheren Teil der Moräne eine circa 40 cm lange rundlich ovale Scholle aus rotem Geschiebemergel aufgeschlossen.

An der Basis der Unteren braunen Moräne ist wie bei der Grauen Moräne ebenfalls eine auffällige limonitische Lage entwickelt, die bis zu 5 cm Stärke erreichen kann und eine weitere Hauptscherbahn anzeigt (Abb. 6 u. 8). An einigen Stellen weist diese Limonit-Lage einen unregelmäßig welligen Verlauf mit rinnen- bis taschenförmigen Eintiefungen auf. Bei diesen im Querschnitt an Frostbodenstrukturen erinnernden Formen handelt es sich wohl überwiegend um lineare Bewegungsmarken beziehungsweise um Riefen und Kanten, die unterhalb des vorrückenden Inlandeseis angelegt wurden (EHLERS & STEPHAN 1979). Diese Formen und auch die eingescherten Sandlinsen an der Basis der Grauen und der Oberen Moräne zeigen an, dass die Moränenablagerungen insgesamt aus dem bewegten Eis abgesetzt wurden und damit Setzmoränen darstellen beziehungsweise aus „lodgement till“ bestehen.

An Stellen, an denen die Graue Moräne direkt (ohne Einschaltung sandiger Schollen) der Unteren braunen Moräne auflagert, treten auf der Grenzfläche relativ selten etwas größere Geschiebe auf, die vermutlich aus der Aufarbeitung eines Teils der unterlagernden Moräne stammen. Stellenweise fehlt die Untere braune Moräne vollständig, so dass die Graue Moräne unmittelbar auf den Beckenablagerungen (Einheit

3) liegt. In diesen Fällen wurde die ältere Moräne beim erneuten Vordringen beziehungsweise beim zweiten Vorstoß des Inlandeises vollständig wieder aufgenommen.

Einheit 3: Beckenablagerungen

Die 0,4 bis 0,8 m mächtige Folge feinkörniger Sedimente wurde wahrscheinlich in einem abgeschnürten Schmelzwasserbecken abgelagert. Im unteren Bereich treten stark schluffige fein- bis mittelkörnige Sande von gelbbrauner Farbe auf, die selten auch gröbere Komponenten beziehungsweise Gerölle enthalten. Gelegentlich können auch dünne Lagen von tonigem Schluff eingeschaltet sein. Im oberen Bereich ist ein merklicher Tonanteil vorhanden. Es handelt sich dort um tonige sandige Schluffe von brauner Farbe, die einen geringen Karbonatgehalt aufweisen (Abb. 6 u. 8). Auch in diesen Ablagerungen sind gelegentlich Steine und auch nordisches Kristallin enthalten. Die Größe dieser Komponenten liegt meistens bei 1 – 2 cm, erreicht in einzelnen Fällen aber auch höhere Werte. Während die kleineren Komponenten sehr wahrscheinlich fluviatil transportiert wurden, sind die größeren Steine vermutlich als so genannte „dropstones“ über Eisschollentransport in das Sediment gelangt.

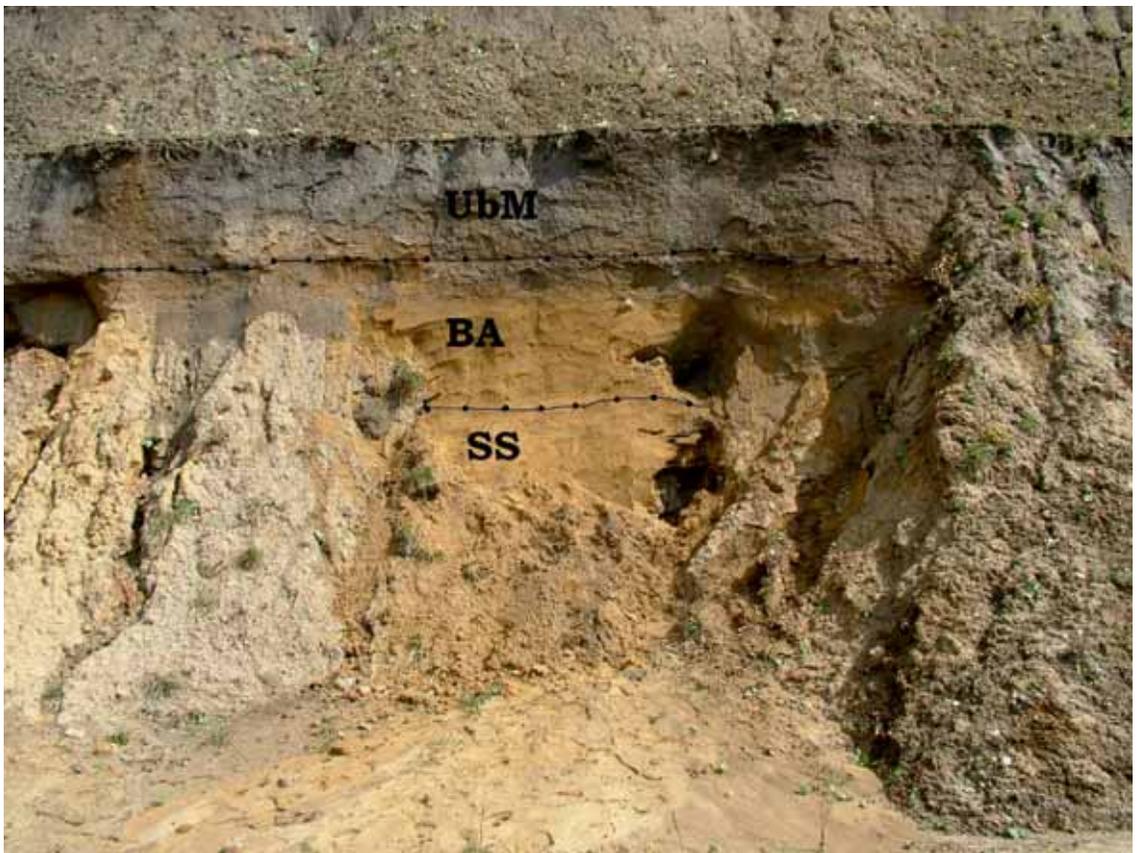


Abb. 8: Gelbbraune bis braune Beckenablagerungen (BA) mit „dropstones“ zwischen Unterer brauner Moräne (UbM) im Hangenden und Schmelzwassersanden (SS) im Liegenden (Abbaubereich 2 a)

Im oberen Bereich weisen die stärker tonigen Sedimente häufig eine Lamination auf, die wie eine Feinschichtung wirkt. Es handelt sich dabei aber sehr wahrscheinlich um ein horizontales Scherflächengefüge, das durch den ersten Eisvorstoß verursacht wurde. Die starke Scherwirkung des Eises zeigt sich auch an einer stellenweise auftretenden Wechsellagerung aus „Schichten“ beziehungsweise eingeschleppten Lagen aus Sedimenten des unteren und des oberen Bereichs der Beckenablagerungen.

Einheit 2: Schmelzwassersande

Diese Ablagerungen waren nur noch an wenigen Stellen und dann auch nur bis etwa 1,5 m Mächtigkeit

aufgeschlossen. Es handelt sich einerseits um helle beziehungsweise bräunlich graue überwiegend mittelkörnige Sande (Abb. 8), die stellenweise feinkiesige Lagen enthalten. Außerdem treten auch feinkörnige Sande von gelblich weißer bis kräftig gelber Färbung auf, die lagenweise eingeschaltet sind oder in einer Folge mehrerer Schichten vorkommen. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich überwiegend um umgelagertes Material aus der Einheit 1.

Einheit 1: Haltern-Schichten (Oberkreide)

Die im westlichen Münsterland verbreiteten Haltern-Schichten (Obersanton – Untercampan), setzen sich aus weitgehend unverfestigten fein- bis grobkörnigen Sanden, den so genannten „Halterner Sanden“ zusammen, die stellenweise auch schluffige Anteile und Beimengungen von Feinkies enthalten können. Auch der Untergrund im Bereich südlich von Flamschen wird weitflächig von „Halterner Sanden“ eingenommen, die dort eine Mächtigkeit bis etwa 300 m erreichen (GEOL. LANDESAMT NORDRH.-WESTF. 1987). Es handelt sich überwiegend um weiß bis gelb oder gelbbraun gefärbte Fein- bis Mittelsande. Die Ablagerungen sind meistens homogen ausgebildet, stellenweise horizontal und selten auch schräg geschichtet. Charakteristisch für den Aufschluss der Sandgrube Tecklenborg sind zahlreiche gangförmige Grab- und Fressbauten, die auf die Tätigkeit mariner benthonischer Organismen zurückzuführen ist (Abb. 9).



Abb. 9: Halterner Sande mit röhrenförmigen Grab- und Fressbauten (Abbaubereich 2 b)

In den Sanden sind häufig Einlagerungen von sekundär entstandenen schwarz- bis rostbraunen Eisen-schwarten enthalten. Sie gehen auf Lösungs- und Ausfallungsvorgänge zurück, die im Tertiär, wahrscheinlich im Miozän, unter dem Einfluss des feuchtwarmen Klimas und in Abhängigkeit von schwankenden Grundwasserständen abliefen (DAHM-ARENS 1972). Scherbenartige Bruchstücke dieser Schwarten sind häufig auf der Oberfläche der „Halterner Sande“ angereichert und kommen auch als Geschiebe in den drenthezeitlichen Moränen vor.

3 Sedimentpetrografische Untersuchungen

3.1 Korngrößenanalysen

In der ersten Phase der Untersuchung (1993) wurden von insgesamt 6 Proben aus den Moränenablagerungen jeweils die Fraktionen < 2 mm abgetrennt und mittels kombinierter Sieb- und Schlämmanalysen auf ihre Korngrößenverteilung untersucht. Zwei Proben stammen aus der unteren Moräne und vier aus der oberen Moräne. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, bei allen Proben handelt es sich pauschal um tonige stark schluffige Sande. Ein Vergleich mit den Moränen-Vorkommen nördlich von Coesfeld zeigt, dass die Werte von Flamschen bezüglich des Sandanteils zwischen denen von Höven und Gaupel liegen (Abb.10).

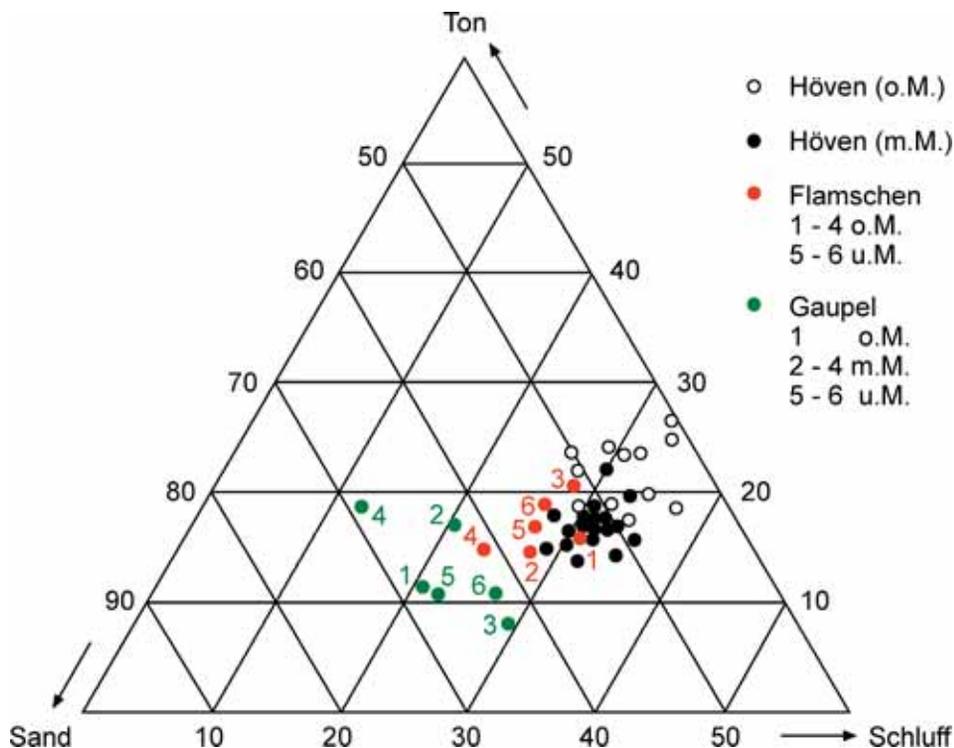


Abb. 10: Anteile der Korngrößenfraktionen Ton, Schluff und Sand in den Moränenablagerungen der Sand- und Tongruben bei Flamschen, Höven und Gaupel

3.2 Schwermineralanalysen

An einer Reihe von Proben aus dem Abbaubereich 1 wurden auch Schwermineralanalysen durchgeführt (Tab. 1). Danach lässt sich die Probenserie aus der Quartärfolge in drei Gruppen einteilen:

Gruppe 1	Proben 1, 2, 6, 7	Untere und Obere Moräne
Gruppe 2	Proben 3, 4, 5, 8, 9	Sandige Wechselfolge und Schmelzwassersande (oberer Teil)
Gruppe 3	Proben 10, 11, 12, 13	Schmelzwassersande (unterer Teil)

Die Obere und die Untere Moräne weisen einen nahezu identischen Schwermineralgehalt auf. Er ist gekennzeichnet durch geringe Anteile der stabilen Minerale Zirkon, Turmalin und Rutil und hohe Anteile von Granat, Epidot und grüner Hornblende, die zum überwiegenden Teil aus metamorphen Gesteinen Fennoscandiens stammen und deshalb bei Quartär-Proben auch als „nördliche Minerale“ bezeichnet werden.

Die Schwermineralführung der eigentlichen Schmelzwassersande (Proben 10 – 13) ist denen der Moränen recht ähnlich und zeigt die verwandtschaftlichen Beziehungen der beiden aus dem Inlandeis stammenden Ablagerungen. Es gibt nur geringfügige Verschiebungen innerhalb der Fraktionen der stabilen Minerale und der nördlichen Minerale, die überwiegend auf Sortierungseffekte beim Schmelzwassertransport zurückzuführen sind. Ein wesentlicher Unterschied zeigt sich allerdings bei den Mineralen vulkanogener Herkunft, die in den Moränen nur mit 0,5 – 2,0 %, in den Schmelzwassersanden aber mit 5,5 – 10,0 % vertreten sind. Ein Anteil vulkanogener Minerale von über 5 % kann für eine Aufarbeitung von Terrassenablagerungen der Weser mit Material aus den paläozoischen Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges und des Harzes (Diabas, Harzburger Gabbro) sprechen. Im Bereich Flamschen ist allerdings mehr an eine durch das Schmelzwasser erfolgte direkte Aufarbeitung und Zumischung von Tuffen aus vor-saalezeitlichen Vulkanausbrüchen in der Eifel zu denken. Dafür spricht auch das Vorkommen von Körner der basaltischen Hornblende, die in Gesteinen des Harzes nur selten auftritt und eher auf den Vulkanismus in der Eifel deutet, der seit der Elster-Kaltzeit nachzuweisen ist (HENNINGSEN & SPEETZEN 1998, HENNINGSEN 2006).

Tab. 1: Schwermineralgehalte der Schichtenfolge in der Grube Tecklenborg

Nr.	Einheit	Zirkon	Turmalin	Rutil	Granat	Epidot	grüne Hbl.	vulk. Min.*	Rest
1	6 Obere Moräne (o.T.)	13,5	3,5	4,0	16,0	34,5	19,5	1,0	8,0
2		6,5	5,5	5,5	14,0	36,5	23,0	1,0	8,0
3	5 Sandige Wechselfolge	27,5	12,0	2,5	11,5	20,0	14,0	1,5	11,0
4		33,0	10,0	9,0	9,0	22,0	11,0	1,0	5,0
5		26,0	12,0	5,0	14,0	27,0	9,0	2,0	5,0
6	4 Untere Moräne (o.T.)	11,0	5,5	3,5	19,0	30,5	20,0	0,5	10,0
7		9,0	2,0	2,0	13,5	29,0	38,0	2,0	4,5
8	2 Schmelzwassersande	18,0	9,0	5,0	17,0	28,0	16,0	1,0	6,0
9		29,0	7,0	6,0	20,0	19,0	11,0	1,0	7,0
10		10,5	6,5	1,0	24,0	17,0	28,0	7,0	6,0
11		7,0	16,5	1,0	16,5	25,0	14,5	5,5	14,0
12		4,5	9,5	0,5	9,0	38,5	17,5	10,0	10,5
13		2,0	9,5	1,0	20,0	35,5	12,5	5,5	14,0
14	1 Halterner Sande	14,5	57,5	5,5	1,5	10,5	2,5	0	8,0
15	Mittelwerte Halterner Sande**	54	25	9	1	4	0	0	8

* vulkanische Minerale (Klino- und Orthopyroxene, basaltische Hornblende)

** 7 Analysen aus dem Raum Reken - Laevesum (10 km südwestlich bzw. südlich von Flamschen)

Die Proben aus der Sandigen Wechselfolge und dem oberen Bereich der Schmelzwassersande setzen sich deutlich von den beiden anderen Gruppen ab. Wesentliche Unterschiede liegen in den merklich geringeren Anteilen an nördlichen Mineralen, insbesondere bei der grünen Hornblende (9,0 – 16,0 % gegenüber 12,5 – 38,0 %), und in dem stark erhöhten Zirkongehalt (18,0 – 33,0 % gegenüber 2,0 – 13,5 %). Die Sandige Wechselfolge stellt ein vom Inlandeis in die Moränenfolge eingeschlepptes Schichtpaket dar (s. 2.2.1). Auch bei den ähnlich zusammengesetzten oberen Dezimetern der Schmelzwassersande scheint es sich um vom Eis transportierte Sedimente zu handeln. Die Ablagerungen dieser Gruppe bestehen nach ihrer besonderen Schwermineralführung aus einer intensiven Mischung von Moränenmaterial und Halterner Sanden. Eine nennenswerte Beteiligung von Schmelzwassersanden ist mit großer Sicherheit auszuschließen, da in den betreffenden Ablagerungen nur ein geringer Anteil an vulkanischen Mineralen (1,0 – 2,0 %) vorkommt, der den der Moränen nicht übersteigt. Zudem wären auch die hohen Zirkongehalte (bis zu 33,0 %) durch eine Beimischung von Schmelzwassersande nicht zu erreichen. Berechnet man hingegen die Schwermineralführung einer Mischung aus 60 % Moränenanteil und 40 % Anteil Halterner Sande (Tab. 1: Nr. 1, 2, 6, 7 u. 15), so erhält man ziemlich genau die mittlere Schwermineralzusammensetzung der Sandigen Wechselfolge.

Die besondere Ausbildung der Sandigen Wechselfolge und des oberen Teils der Schmelzwassersande zeigt an, dass es während der Eisvorstöße im Verbreitungsgebiet der „Halerner Sande“ – einer vermutlich morphologisch gegliederten Landschaft – zu erheblichen Sedimentumlagerungen gekommen ist. Das besonders auf den höher gelegenen Bereichen abgeschürfte Material wurde unter dem Eis in Form von sandigen Lokalmoränen ausgebreitet. Sie waren im Abbaubereich 1 besonders deutlich ausgebildet und sind auch noch in abgeschwächter Form im Abbaubereich 2 an der Basis der Moräneneinheiten zu erkennen.

4 Leitgeschiebeuntersuchungen

Während des Abbaueiterraums 1990 – 1994 wurden im Bereich der Unteren und der Oberen Moräne sowie aus der Steinsohle auf der teilweise frei geschobenen Oberfläche der Oberen Moräne kristalline Leitgeschiebe gesammelt. Aufgrund der schwachen Geschiebeführung lieferten die Moränen nur eine geringe, für Analysen aber gerade noch ausreichende Anzahl von Leitgeschieben. Dem gegenüber wurden aus der Steinsohle, in der die kristallinen Geschiebe durch Aufarbeitung und Abtragung des höheren Bereichs der Oberen Moräne sowie durch Auflösung der Kalkgesteine angereichert sind, eine erheblich höhere Zahl von Geschieben aufgesammelt (Tab. 2).

Tab. 2: Leitgeschiebeanalysen aus den Moränen der Abgrabung Tecklenborg
(Bezeichnung bzw. Nummerierung der Zählungen nach Archiv Zandstra)

Probenbezeichnung Schichteinheit Anzahl der Leitgeschiebe		D 394	D 205	D 216	D 227	Einteilung nach Hesemann
		Steinsohle	Steinsohle	o. Moräne	u. Moräne	
Herkunftsgebiete	1 Ostfennoskandien	80	59	64	11	I Ostfennoskandien
	2 Ostsee südlich von Åland	19	24	5		
	3 Ostsee bei Stockholm					II Mittelschweden und angrenzende Ostsee
	4 Uppland und Umgebung					
	5 Stockholm und Umgebung					
	6 Dalarna und Umgebung	1	2	5	11	
	7 Småland / Värmland		14	20	71	III Südschweden und angrenzende Ostsee
	8 übriges Südschweden			3	7	
	9 Bornholm		1			
	10 Südnorwegen			3		IV Südnorwegen
Hesemann-Zahl		10000	8010	7120	1180	(Hesemann 1930 a, b)

Zur Gliederung und Unterscheidung kristalliner Geschiebegesellschaften führte HESEMANN (1930 a, b) vier große Herkunftsgebiete (I – IV) ein. Aus den in Zehnerwerten ausgedrückten prozentualen Anteilen der Geschiebe aus diesen vier Gebieten wird eine vierstellige, als HESEMANN-Zahl (HZ) bezeichnete Kennziffer gebildet. Zur genaueren Charakterisierung der Geschiebegemeinschaften wurden die vier Hauptliefergebiete von ZANDSTRA (1983) in 10 Teilgebiete untergliedert. Diese detailliertere Einteilung liegt der Auflistung und auch den graphischen Darstellungen der Geschiebeanalysen aus der Sandgrube Tecklenborg zugrunde (Tab. 2 u. Abb. 11).

Die Ergebnisse der Geschiebezählungen D 205, D 216 und D 227 sind bereits vor längerer Zeit veröffentlicht worden (SKUPIN et al. 1993: Abb. 30). Einzelne spätere Geschiebefunde fügen sich in das ermittelte Gesamtbild ein. Während des Abbaueiterraums von 2006 – 2009 wurde in der Steinsohle des Bereichs 2 b nochmals eine Aufsammlung von Leitgeschieben durchgeführt (D 394). Die in den neuen Abbauschritten 2 a und 2 b zusätzlich auftretende Graue Moräne konnte nicht über kristalline Geschiebe charakterisiert werden, da diese Moräne sehr wenig und dazu überwiegend einheimische Geschiebe führt. Zudem ist sie im mittleren Höhenbereich der Abbauwände aufgeschlossen und damit nur schwer zugänglich.

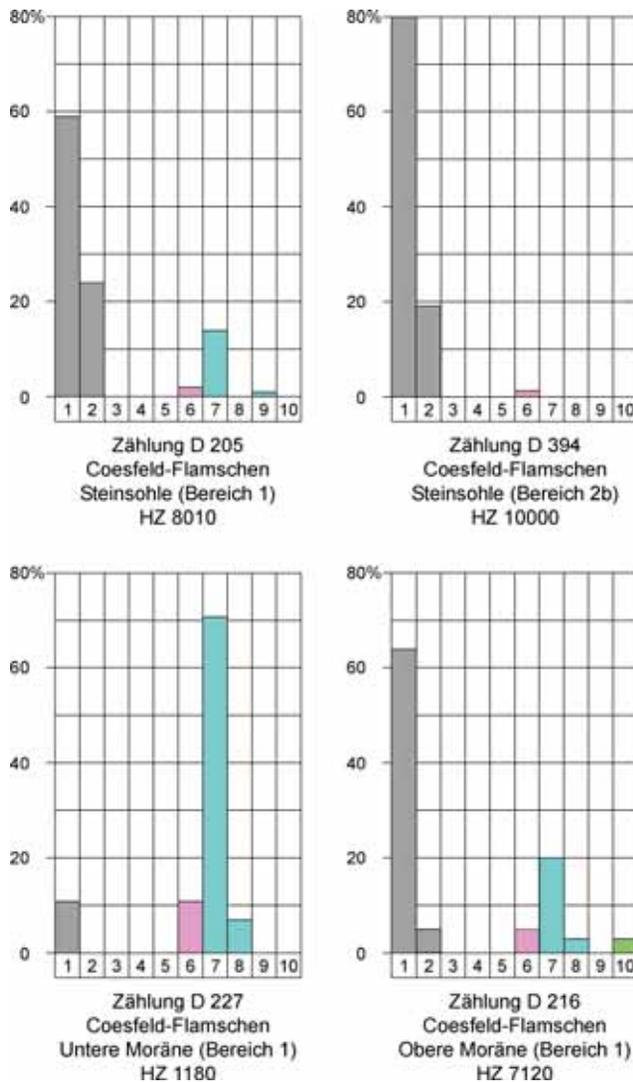


Abb. 11: Diagramme der Leitgeschiebeanalysen aus den Moränen der Abgrabung Tecklenborg

Die Obere Moräne (D 216: HZ 7120) weist eine stark ostfennoskandisch dominierte Geschiebegemeinschaft auf und gehört damit zum letzten früh-drenthezeitlichen Vorstoß (SKUPIN et al. 1993). Die Steinsohle über dieser Moräne zeigt ein sehr ähnliches Spektrum (D 205: HZ 8010). Bei der neuen Aufsammlung in der Steinsohle des Bereichs 2 b (D 394: HZ 10000) handelt es sich zu fast 100 % um ostfennoskandisches Material, und zwar um Geschiebe aus Åland und dem Ostseegebiet östlich und südöstlich von Åland. Geschiebe aus Finnland beschränken sich auf einen Uusikaupunki-Granit, ansonsten enthält die Probe noch ein Dalarna-Geschiebe (Grönklitt-Porphyr).

Auffällig ist die Zunahme des ostfennoskandischen Geschiebeanteils von 69 % in der Oberen Moräne (D 216) über 83 % in der Steinsohle des Abbaubereichs 1 (D 205) bis zu 99 % in der Steinsohle des Abbaubereichs 2 b (D 394), die mit dem Rückgang der süd- und mittelschwedischen Anteile (25 %, 16 % u. 1 %) verbunden ist. Nach der Lage der Proben (Moräne oder auflagernde Steinsohle) und den Unterschieden in der überlieferten Mächtigkeit der Oberen Moräne (Abbaubereich 1 bis 1,5 m, Abbaubereich 2 bis 2,5 m) repräsentiert die Zählung D 216 vorwiegend den unteren Teil, die Zählung D 205 den mittleren und oberen Abschnitt und die Zählung D 394 überwiegend den oberen Abschnitt der Oberen Moräne. Es scheint sich somit im zeitlichen Verlauf des dritten Eisvorstoßes eine gerichtete Verschiebung des Leitgeschiebespektrums anzuzeigen, deren Ursache in einer allmählichen Verlagerung des Eisabflusses im fennoskandischen Raum zu suchen ist.

Die Untere Moräne lieferte eine stark südschwedisch geprägte Geschiebegemeinschaft (D 227: HZ 1180). Diese Tatsache deutet darauf hin, dass es sich um den ersten drenthezeitlichen Vorstoß handelt (SKUPIN et al. 1993). Die Abgrabung Tecklenborg ist bisher die einzige Stelle in der Westfälischen Bucht, an der die Überlagerung einer Moräne mit südschwedischem Geschiebeinhalte von einer ostfennoskandisch geprägten Moräne im Anstehenden beobachtet werden konnte. Unmittelbar auf die vorwiegend südschwedisch geprägte Moräne folgt üblicherweise zunächst eine Moräne einer zweiten Vorstoßphase mit einer deutlichen Beimischung von Dalarna-Geschieben. Die in den Abbaustellen 2 a und 2 b zwischengeschaltete Graue Moräne dürfte dieser Moräneneinheit entsprechen, was allerdings wegen fehlender Leitgeschiebe nicht sicher belegt werden kann. Direkte Überlagerungen von südschwedisch geprägten Moränen (HZ 2180 bzw. HZ 1180) durch Moränen mit einem deutlichen Dalarna-Anteil (HZ 1370 bzw. HZ 0370) waren am südöstlichen Rand der Westfälischen Bucht zwischen Paderborn und Salzkotten aufgeschlossen (SKUPIN et al. 1993, SKUPIN, STRITZKE, ZANDSTRA 2006).

5 Zusammenfassung und regionale Einordnung der Ergebnisse

In der Sandgrube Tecklenborg bei Flamschen wurden in den Jahren 1990 – 1994 zwei durch eine sandige Folge getrennte Moränen (Untere und Obere Moräne) beobachtet, die einerseits durch ein südschwedisches und andererseits durch ein ostfennoskandisches Leitgeschiebespektrum dem ersten und dem dritten früh-drenthezeitlichen Eisvorstoß der Saale-Kaltzeit in die Westfälische Bucht zugeordnet werden können (SKUPIN et al. 1993).

Die zuerst als Schmelzwasserablagerungen angesehene zwischengeschaltete Sandige Wechselfolge wurde als Hinweis auf ein kurzfristiges lokales Zurückschmelzen der Eismassen gewertet. Aufgrund der im Abbauezeitraum 2006 – 2009 entstandenen Aufschlüsse ließen sich die Sande jedoch eindeutig als größere glazitektonisch eingeschleppte Schuppe identifizieren. In den neuen Aufschlüssen tritt zudem eine aufgrund der regionalen Verhältnisse zu erwartende weitere Moräne in mittlerer Position auf. Wegen des geringen Geschiebeinhalts gelang es allerdings nicht, diese mittlere Moräne „geschiebestratigrafisch“ einzuordnen. Immerhin zeigt sich, dass die früh-drenthezeitliche Vereisung im Bereich Flamschen als ein mehr oder weniger kontinuierlicher Vorgang abgelaufen ist. Außer Stagnationen und erneuten Vorstößen des Inlandeises hat es in diesem Raum scheinbar keine einschneidenden Änderungen etwa in Form eines großflächigen Abschmelzens der Eisdecke gegeben.

Die markanten Scherhorizonte („Hauptscherhorizonte“) an der Basis der drei Moräneneinheiten weisen darauf hin, dass es sich um Ablagerungen aus drei früh-drenthezeitlichen Vorstoßphasen handelt, für die es im regionalen Bereich wie zum Beispiel bei Höven und Gaupel Entsprechungen gibt. In beiden Fällen liegt ebenfalls eine Abfolge aus drei Moräneneinheiten vor. In der ehemaligen Ziegeleitongrube in der Bauerschaft Höven (früher Ziegelei Kuhfuß) kommt eine etwa 9 m mächtige Moränenfolge vor, die wie bei Flamschen durch Einlagerungen von sandigen Schollen und limonitischen Bändern als Anzeichen von Scherhorizonten in drei Einheiten gegliedert wird (GUNDLACH & SPEETZEN 1990: Abb. 13). Zudem war stellenweise im oberen Bereich der mittleren Einheit – ähnlich wie in Flamschen – eine Anreicherung von Geschieben mit Durchmesser von mehr als 10 cm zu beobachten. Im Bereich der Bauerschaft Gaupel wird die dort etwa 5 m mächtige Moränenfolge durch zwei lagenartige Anreicherungen größerer Geschiebe in drei Ein-

heiten unterteilt (SALOUSTROS & SPEETZEN 1999: Abb. 2), deren Eigenständigkeit sich durch deutlich unterschiedliche Richtungen der Geschiebeeinregelung zu erkennen gibt (SPEETZEN & WIXFORTH 2002: Abb. 3).

Als Fazit ergibt sich, dass die drei Moräneneinheiten in der Sandgrube Tecklenborg bei Flamschen mit großer Wahrscheinlichkeit den drei früh-drenthezeitlichen Eisvorstößen entsprechen, die im Weser-Ems-Gebiet, in den nordöstlichen Niederlanden sowie in der Westfälischen Bucht ihrer Spuren hinterließen und auch am Niederrhein noch nachzuweisen sind (SPEETZEN & ZANDSTRA 2009, SKUPIN et al. 1993, SKUPIN & ZANDSTRA: in Druckvorbereitung).

Dank

Die Autoren bedanken sich bei Frau Barbara Fister, Münster, für die Anfertigung der Zeichnungen.

6 Literatur

- DAHM-ARENS, H. (1972): Entstehung der Eisenschwarten in den Kreidesanden Westfalens. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **21**: 133 – 142, 3 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Krefeld.
- EHLERS, J., STEPHAN, H. J. (1979): Forms at the base of till strata as indicators of ice movement. – Journ. of Glaciology, **22** (87): 345 – 355, 14 Abb.; Cambridge.
- GEOL. LANDESAMT NORDRH.-WESTF. (1987): Erläuterungen zu Blatt C 4306 Recklinghausen. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1: 100 000, Erl., **C 4306** Recklinghausen: 124 S., 9 Abb., 12 Tab.; Krefeld (2. Auflage).
- GUNDLACH, J., SPEETZEN, E. (1990): Untersuchungen zur Petrographie und Genese der drenthestadialen Grundmoräne im Westmünsterland (Westfälische Bucht, NW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **181** (1 – 3): 471 – 499, 13 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- HENNINGSEN, D. (2006): Schwermineral-Untersuchungen in Niedersachsen – Wichtige Ergebnisse. – Ber. Naturhist. Ges. Hannover, **148**: 3 – 9, 1 Abb.; Hannover.
- HENNINGSEN, D., SPEETZEN, E. (1998): Der Schwermineral-Gehalt von Saale-zeitlichen Moränen- und Schmelzwasser-Ablagerungen des Münsterlandes (Nordrhein-Westfalen, NW-Deutschland). – Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover, **38**: 123 – 135, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- HESEMANN, J. (1930 a): Wie sammelt und verwertet man kristalline Geschiebe?. – Sitz.-Ber. geol. L.-Anst., **5**: 188 – 196; Berlin.
- HESEMANN, J. (1930 b): Statistische Geschiebeuntersuchungen. – Z. Geschiebeforsch., **6**: 158 – 162; Leipzig.
- HISS, M., SKUPIN, K., ZANDSTRA, J. G. (1992): Abgrabung Tecklenborg südwestlich von Coesfeld-Flamschen (TK 4008 Gescher, R 25 77 500, H 57 52 300). – Kurzfassung u. Exkursionsführer 59. Tag. Arb.-Gem. nordwestdt. Geologen, **1992**: 109 – 114, 3 Abb.; Essen.
- SALOUSTROS, K., SPEETZEN, E. (1999): Aufbau und Genese der saalezeitlichen Grundmoräne bei Mittel-Gaupel im westlichen Münsterland (Westfalen, NW-Deutschland). – Geol. Paläont. Westf., **52**: 41 – 49, 8 Abb.; Münster.
- 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.).

- SKUPIN, K., STRITZKE, R., ZANDSTRA, J. G. (2006): Eine saalezeitliche Sedimentabfolge im Quellgebiet der Heder bei Salzkotten-Upsprünge (Hellweg/südöstliches Münsterland). – Archiv für Geschiebekunde, 5 (Festschrift Gerd Lüttig): 211 – 228, 10 Abb., 5 Tab.; Hamburg/Greifswald.
- SKUPIN, K., ZANDSTRA, J. G. (in Druckvorbereitung): Die Vergletscherung des Niederrheins zur Saale-Kaltzeit – Untersuchungen zur Petrografie und Leitgeschiebeführung der Moränen am linken Niederrhein und in angrenzenden Gebieten. – Krefeld (Geol. Dienst Nordrh.-Westf.).
- SPEETZEN, E., WEBER, M. (1999): Ein pleistozäner Kalkstein-Schotter bei Holtwick im westlichen Münsterland (Westfalen, NW-Deutschland). – Geol. Paläont. Westf., **52**: 51 – 58, 5 Abb., 1 Tab.; Münster.
- SPEETZEN, E., WIXFORTH, O. (2002): Geschiebeeinregelung und Gefügetypen am Beispiel saalezeitlicher Moränen im Münsterland und im Osnabrücker Land (NW-Deutschland). – Münster. Forsch. Geol. Paläont., **93**: 139 – 157, 12 Abb., 1 Tab.; Münster.
- SPEETZEN, E., ZANDSTRA, J. G. (2009): Elster- und Saale-Vereisung im Weser-Ems-Gebiet und ihre kristallinen Leitgeschiebegesellschaften. – Münster. Forsch. Geol. Paläont., **103**: 115 S., 10 Abb., 18 Tab., 7 Anl.; Münster.
- ZANDSTRA, J. G. (1983): A new subdivision of crystalline Fennoscandian erratic pebble assemblages (Saalian) in the Central Netherlands. – Geol. en Mijnb., **62**: 455 – 469, 6 Abb., 5 Tab.; 's-Gravenhage.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologie und Paläontologie in Westfalen](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s): Skupin Klaus, Speetzen Eckhard, Zandstra Jacob Gosse

Artikel/Article: [Früh-drenthezeitliche Moränen der Saale-Kaltzeit im Bereich der Abgrabung Tecklenborg südwestlich von Coesfeld-Flamschen \(westliches Münsterland\) 68-87](#)